



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



Л. П. ПАЩЕНКО, И. М. ЖАРКОВА

# ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию в области технологии продуктов питания и пищевой инженерии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 260202 «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» направления подготовки дипломированного специалиста 655600 «Производство продуктов питания из растительного сырья»



МОСКВА «КолосС» 2008

УДК 664.6/.7(075.8)  
ББК 36.83я73  
П22

Редакторы: *Н. В. Куркина, Л. Л. Кожина*

Рецензенты: зав. кафедрой технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерского производства доктор техн. наук, проф. *Ю. Ф. Росляков* (Кубанский ГТУ), канд. техн. наук *В. И. Корчагин* (ОАО «Хлебозавод № 2 г. Воронеж)

**Пашенко Л. П., Жаркова И. М.**

П22 Технология хлебобулочных изделий. — М.: КолосС, 2008. — 389 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 978—5—9532—0655—6

Приведена классификация хлебобулочных изделий, их пищевая ценность. Дана характеристика сырья, подготовка его к производству, описаны процессы, протекающие при хранении, их роль в приготовлении теста. Рассмотрены современные способы приготовления теста, в том числе ускоренные, их аппаратурно-технологические схемы. Описаны технологические операции разделки теста, выпечки тестовых заготовок, реализация готовой продукции, ее хранение, черствение и пути его предотвращения. Приведены технологии сухарных и бараночных изделий. Изложены достоинства специальных добавок для улучшения качества продукции, способы предотвращения дефектов и болезней готовой продукции.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 260202 «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий». Учебное пособие может быть полезным для инженерно-технических работников хлебопекарных предприятий и малых производств.

УДК 664.6/.7(075.8)  
ББК 36.83я73

*Оригинал-макет книги является собственностью издательства «КолосС», и его воспроизводство в любом виде, включая электронный, без согласия издателя запрещено.*

ISBN 978—5—9532—0655—6

© Издательство «КолосС», 2006

---

# Часть I

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

●

Здоровье человека и нации в целом в значительной степени определяется рационом питания. Для населения России зернопродукты и хлебобулочные изделия — основные источники энергии и пищевых веществ. Они обеспечивают потребности человека в белках на 25—30 %, в углеводах — на 30—40, в витаминах (прежде всего группы В), минеральных веществах и пищевых волокнах — на 20—25 %.

### Глава I

#### ХЛЕБ — ОСНОВНОЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Особую роль в питании населения России играют хлебобулочные изделия. Эти продукты ежедневно употребляются в пищу, и поэтому их пищевая ценность имеет первостепенное значение. В хлебе соотношение основных пищевых веществ — белков и углеводов — не оптимально, поскольку вместо рекомендуемого соотношения 1 : 4 в нем на 1 часть белка приходится примерно 6 частей углеводов.

В настоящее время разработаны нормы сбалансированного питания населения, в которых предусмотрены оптимальные соотношения и количества отдельных компонентов пищи. Нормы установлены применительно к полу, возрасту и сфере деятельности человека.

Употребление хлебобулочных изделий, богатых белками, углеводами, жирами, витаминами и микроэлементами, позволяет человеку восполнить свои физиологические потребности при сравнительно незначительных материальных затратах.

#### 1.1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ОТРАСЛИ

Глубокие преобразования, произошедшие в экономике России в 90-х годах XX в., отразились на всех отраслях пищевой промышленности, в том числе и на хлебопекарной.

В этот период предприятия выпускали около 18 млн т хлеба в год, в том числе государственные в среднем 12 млн т. Последние входили в состав территориальных производственных объединений хлебопекарной промышленности всех субъектов Российской Федерации. Около 1500 хлебозаводов имели прочные производственно-технические и финансовые связи, сбытовую сеть.

В настоящее время предприятия, которые входили в государственный сектор, стали акционерными обществами. Несмотря на это они не изменили своего профиля и назначения и продолжают обеспечивать население хлебом.

В 2002 г. в России было произведено 8,66 млн т хлебобулочных изделий, из которых 7,02 млн т выработано хлебопекарными предприятиями, находящимися на самостоятельном балансе. Предприятиями малой мощности (пекарнями) выработано 715 тыс. т, или 10,2 % от выработки самостоятельных производств, или 8,8 % от общего объема выработанной продукции по стране. Значительные объемы производства хлебобулочных изделий — 1,37 млн т, или почти 16 %, сосредоточены на крупных промышленных предприятиях и в мини-пекарнях. Индивидуальными предпринимателями произведено 277 тыс. т продукции, что составило 3,2 % к общему объему их производства в стране.

Из вышесказанного следует, что почти 28 % от всей произведенной продукции выработано в пекарнях индивидуальными предпринимателями и на непрофильных производствах.

С учетом современного состояния отрасли произошли изменения в ассортименте, которые привели к переупаковыванию части линий по производству формового и подового хлеба на выработку булочных и сдобных изделий. Вместе с тем изменение ассортимента не всегда способствует решению проблемы здорового питания населения.

Резко снизилось производство хлеба из ржаной хлебопекарной муки, во многих регионах его не вырабатывают вообще. Производство ржаного хлеба заменено выработкой хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки. В целом выработка ржаного хлеба и хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки в 2002 г. составила 36,2 % к общему объему производства хлебобулочных изделий. Причем производство хлеба из ржаной муки постоянно уменьшается. Такое уменьшение объясняется дефицитом ржаной муки.

Следует отметить устойчивый рост выработки хлебобулочных изделий из хлебопекарной пшеничной муки первого и высшего сортов, а из хлебопекарной пшеничной муки второго сорта — постоянное сокращение (в 2002 г. выработано 236 тыс. т, или 2,7 % от общего объема реализованной хлебобулочной продукции), что противоречит традиционным вкусам населения и науке о здоровом питании. Наибольшее распространение получил хлеб из муки

пшеничной первого сорта, пищевая ценность которого ниже, чем изделий из пшеничной муки второго сорта, как по содержанию белка, так и по содержанию витаминов и микроэлементов. Не изменилась ситуация с выпуском диетических хлебобулочных изделий. Их выработка в 2002 г. составила 46 тыс. т, или 0,6 %, и на данный момент не удовлетворяет потребности населения. Удельный вес булочных изделий значительно вырос и составляет около 20 % к общему объему производства, а выработка сдобных изделий со значительным содержанием сахара и жира ежегодно возрастает почти на 10 %, что не одобряется медиками.

Положительной тенденцией в изменении ассортимента является рост производства хлебобулочных изделий пониженной влажности — сухарных и бараночных изделий. В 2002—2003 гг. рынок сухарных изделий увеличился на 30 % в год и их выработка превысила 2,2 % от общего объема производства хлебобулочных изделий.

В 2003 г. произошли серьезные изменения на рынке хлебобулочных изделий. Хлебопекарные предприятия оказались в условиях, при которых положительные тенденции развития замедлились, многие хлебозаводы и пекарни стали убыточными или обанкротились. Причина — рост цен на зерно и муку, а также на другие виды сырья, электроэнергию, газ и др., в результате отпускные цены на хлебобулочную продукцию возросли на 32 %. Все это отрицательно сказалось на объемах производства. Себестоимость производства хлеба увеличилась по всем статьям затрат в среднем в 2 раза.

Такая ситуация привела к существенному снижению рентабельности производства, а в ряде случаев и к ее отрицательному значению, приостановлению работ по техническому обновлению производства и, как следствие, сокращению ассортимента и ухудшению качества изделий. В результате около 200 предприятий из 1500 прекратили свое существование. Но в отрасли имеются и сильные предприятия с крепкой материально-технической базой, сложившимися рынками сбыта, постоянной активной работой по их расширению, грамотным и дальновидным лидером; сохранением профессиональных кадров и постепенным их обновлением за счет молодых специалистов; хорошим деловым контактом с местными органами власти, широким использованием научных разработок ГосНИИ хлебопекарной промышленности, тесным взаимодействием с партнерами в рамках Российского союза пекарей. К таким предприятиям относятся ОАО «Липецкхлебмакаронпром», опытный хлебозавод ГосНИИ хлебопекарной промышленности, АО «Иркутский хлебозавод», ОАО «Булочно-кондитерский комбинат» г. Казань, ГУП «Екатеринбургский хлебокомбинат», АО «Архангельскхлеб», ОАО «Серпуховхлеб», АО «Хлеб» г. Новочер-

касок и ряд других. Эти предприятия вошли в рыночную систему и, применяя взвешенный и точный учет своих возможностей, устойчиво работают и развиваются.

Будущее хлебопекарной отрасли зависит от преемственности поколений, от подготовки и приобретения профессиональных навыков молодым поколением и обеспечения тесного контакта с высокопрофессиональными работниками старшего поколения и учеными отраслевых НИИ и вузов.

## **1.2. РОЛЬ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА**

Хлебобулочные изделия — основные продукты питания, содержащие необходимые для нормальной жизнедеятельности человека пищевые вещества, среди которых белки, углеводы, липиды, витамины, минеральные вещества и пищевые волокна. Эти продукты питания характеризуются высокой энергетической ценностью, легкой переваримостью и хорошей усвояемостью, они приятны на вкус, значительно дешевле большинства других продуктов массового потребления.

В жизни современного человека хлеб играет значительную роль. Доля хлебобулочных изделий в рационе человека зависит от его привычек, а также от экономических и социальных возможностей. В большинстве развитых стран мира уровень потребления хлеба составляет 20—25 % от общей массы потребляемой пищи.

За счет употребления 250—300 г хлебопродуктов (хлеб, крупы, макаронные изделия) дневная потребность человека в пище удовлетворяется на 1/3, в жизненной энергии — на 30—50 %, в витаминах группы В — на 50—60, витамине Е — на 80 %. Содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, РР, Е и фолиевой кислоты в зерне пшеницы, ржи и других культур сбалансировано в соответствии с потребностями человека, 100 г зерна обеспечивают 20—30 % суточной потребности каждого из этих витаминов.

## **1.3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Структура ассортимента и объемы потребляемого хлеба жителями России значительно изменились за последние 10 лет: произошло увеличение доли хлебобулочных изделий из муки высшего сорта. В результате уменьшилось поступление в организм человека витаминов группы В, железа, кальция, β-каротина, фолиевой кислоты и минеральных веществ.

Ассортимент хлебобулочных изделий представлен на рисунке 1.1.

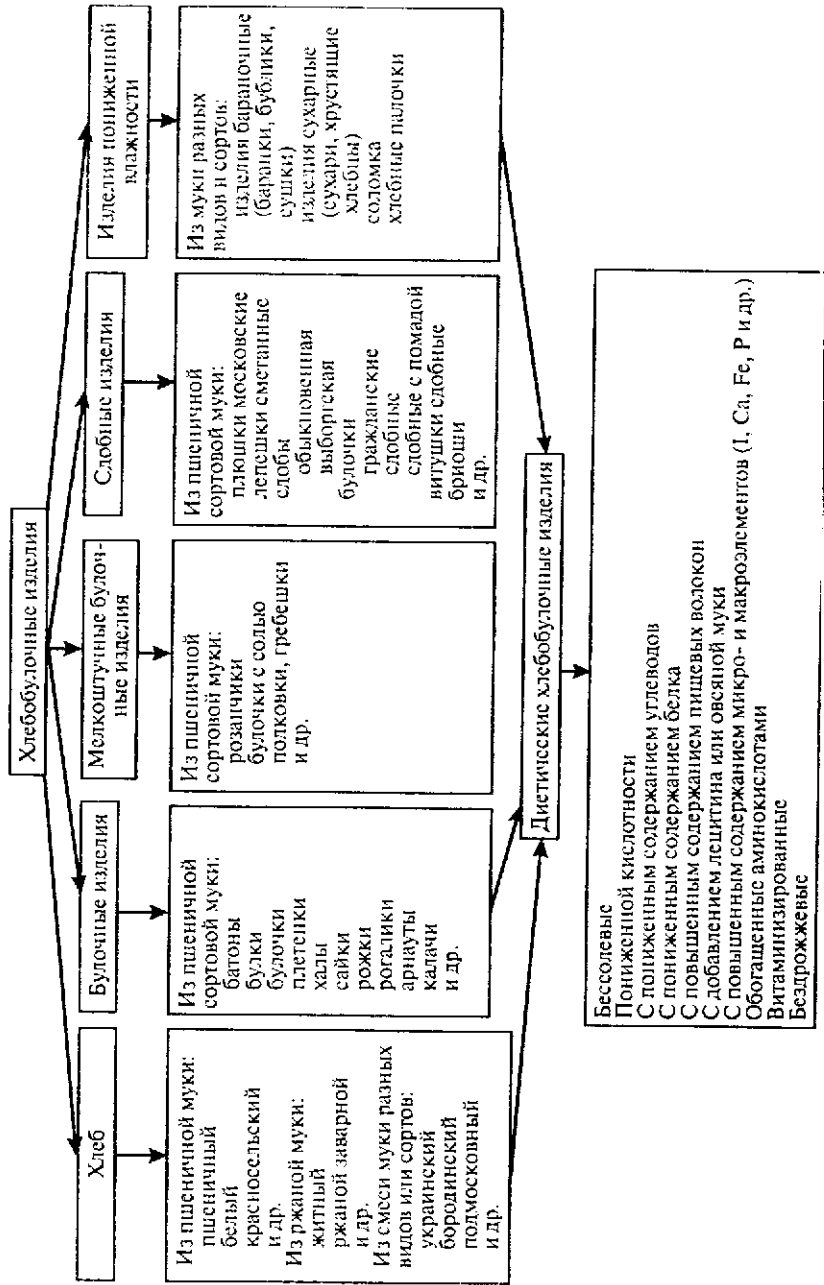


Рис. 1.1. Ассортимент хлебулочных изделий

К *хлебобулочным изделиям* относят изделия, вырабатываемые из сырья, предусмотренного рецептурой: изделия из ржаной муки, из смеси ржаной и пшеничной муки, из пшеничной муки, изготавливаемые в виде хлеба, батонов, булок, булочек, плетенков, калачей и др., выпекаемые в хлебопекарной форме — формовые или выпекаемые на хлебопекарном листе, поду пекарной камеры или люльке — подовые.

Изделия с содержанием по рецептуре сахара и (или) жиров 14 % и более к массе муки относят к группе *сдобных*: хлеб — донецкий, хлеб сдобный из пшеничной муки высшего сорта, хлебцы, булочки и мелкоштучные изделия массой 50—200 г; слойки.

К *хлебобулочным изделиям пониженной влажности* (менее 19 %) относят: бараночные изделия — бублики, баранки, сушки, имеющие форму кольца или овала и круглое сечение; сухари — сдобные из пшеничной сортовой муки и простые из ржаной муки или ржаного хлеба; гренки, хрустящие хлебцы, солонку и хлебные палочки.

Хлебобулочные изделия, относящиеся к *национальным* (лепешки, лаваш), различаются содержанием в рецептуре различных видов дополнительного сырья и (или) характерной формой и (или) способом выпечки.

По данным ГосНИИХП, в составе вырабатываемого предприятиями России ассортимента хлебобулочных изделий *диетические изделия*, предназначенные для спецпитания и профилактики различных заболеваний, составляют только 10—20 %, а в отдельных регионах 1—2 %.

Ассортимент изделий группы «хлеб» расширяется благодаря использованию и сочетанию различных видов муки, при этом соотношение белки : углеводы (усвояемые) колеблется от 1 : 5,8 до 1 : 10,2, массовая доля целлюлозы составляет 0,3—1,0 г/100 г хлеба. Изменение энергетической ценности достигается варьированием в рецептуре доли сахара, жира и патоки. В ассортименте хлебобулочных изделий из пшеничной муки соотношение белки : углеводы изменяется в интервале от 1 : 5,3 до 1 : 6,9. Разница в содержании белка составляет 0,5—0,7 г/100 г хлеба. Обогащение булочных и сдобных изделий молоком цельным, сухим, молочной сывороткой, яйцами, творогом, растительными белками увеличивает массовую долю белка на 6,5—8,3 г/100 г изделия. Такие изделия содержат повышенные количества сахара и жира, в результате чего энергетическая ценность изделий с 63 кДж увеличивается до 84—118 кДж. С повышением сорта пшеничной муки содержание биологически активных веществ снижается. Например, в сдобе доля витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР (мг/100 г продукта) не превышает 0,11; 0,07 и 0,9 соответственно, что удовлетворяет суточную потребность человека в этих необходимых компонентах на 8,4 %, 4,7 и 5,6 %. Массовая доля целлюлозы составля-



ет 0,2 г/100 г продукта. В соотношении белки : углеводы (усвояемые) доля углеводов увеличивается с 6,6 до 9,2 к одной части белка.

#### 1.4. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Под *пищевой ценностью* пищевых продуктов, в частности хлеба, понимают комплекс свойств, обеспечивающих физиологические потребности человека в энергии и основных пищевых веществах.

Для оценки пищевой ценности хлебобучочных изделий, суточной потребности в пищевых веществах и энергии для различных групп населения требуется отдельное согласование между органами здравоохранения, гигиенистами и специалистами отрасли. Это связано с тем, что в Санитарных правилах и нормах и в Методических рекомендациях по определению потребительской корзины населения РФ наблюдается некоторое несоответствие состава «усредненного» хлеба (табл. 1.1).

##### 1.1. Состав и энергетическая ценность хлеба по СанПиН 2.3.2-1078—01

Вид хлеба	Массовая доля, г на 100 г продукта			Энергетическая ценность, ккал/кДж
	белки	жиры	углеводы	
Ржаной	6,0	1,0	40,0	193/807
Пшеничный	8,0	1,0	46,0	225/940
Ржаной*	5,6	1,1	43,2	208/871
Пшеничный*	8,2	1,3	46,9	234/978

\* Методические рекомендации по определению потребительской корзины для основных социально-демографических групп населения в целом по РФ.

Пищевая ценность хлеба зависит от сорта и части зерна, из которой получают муку, а также от способа получения муки и сочетания ее с другими продуктами. Содержание биологически ценных компонентов (белка, витаминов) в различных частях зерна приведено в таблице 1.2.

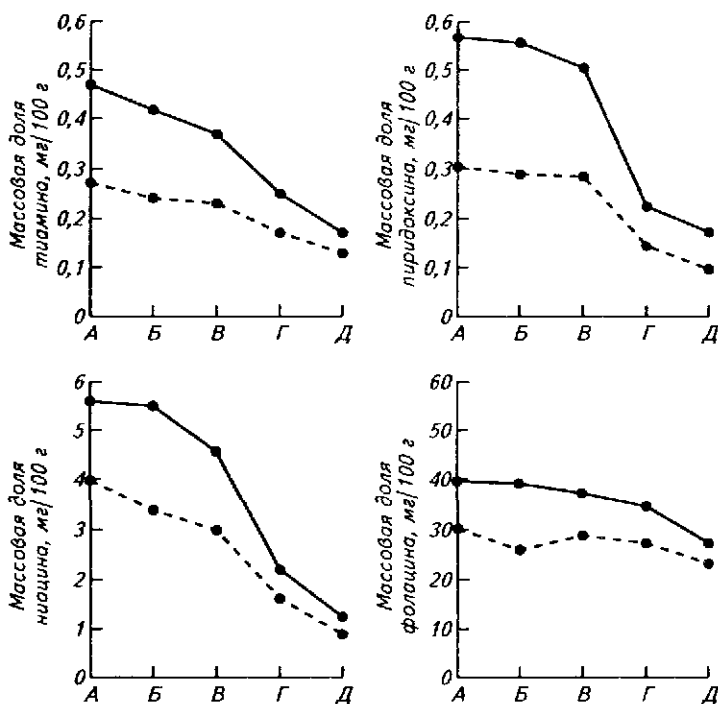
##### 1.2. Биологически ценные компоненты эндосперма и оболочки зерна пшеницы

Компонент	Содержание, %	
	в эндосперме	в оболочке
Белки	70—75	19
Пантотеновая кислота	43	50
Рибофлавин	32	42
Ниацин	12	85
Пиридоксин	6	73
Тиамин	3	33

Переработка зерна пшеницы и ржи в муку сопровождается неизбежными потерями микронутриентов — витаминов, минеральных веществ, удаляемых вместе с оболочкой зерна. Приготовление из муки хлебобулочных и мучных кондитерских изделий увеличивает потерю этих важных биологически активных веществ (рис. 1.2).

Как видно из рис. 1.2, максимальные потери витаминов возникают при помоле зерна пшеницы в муку высшего сорта и составляют для тиамина ( $B_1$ ) 63 %, ниацина (PP) — 78, пиридоксина ( $B_6$ ) — 70, фолиевой кислоты — 33 %.

Изделия из муки высоких выходов богаче витаминами, чем продукция из муки высшего сорта. Так, 100 г хлеба из ржаной муки, смеси ржаной и пшеничной муки, пшеничной муки 2-го сорта обеспечивают организм человека тиамином на 9,3—11 %,



**Рис. 1.2.** Массовая доля витаминов в зерне пшеницы и продуктах его переработки: А — целое зерно; хлеб из целого зерна; Б — мука обойная; хлеб из обойной муки; В — мука 2-го сорта; хлеб из муки второго сорта; Г — мука первого сорта; хлеб из муки первого сорта; Д — мука высшего сорта; хлеб из муки высшего сорта; — — мука; - - - - хлеб

ниацином — до 15 % суточной потребности, а из пшеничной муки высшего сорта — всего на 6—7 %. Массовая доля рибофлавина в 100 г хлеба из любой муки составляет 3,6—5,0 % суточной потребности (табл. 1.3).

1.3. Массовая доля минеральных веществ и витаминов в хлебобулочных изделиях, мг/100 г

Показатели	Рекомендуемая норма потребления, мг/сут	Хлеб			Батоны нарезные из муки первого сорта	Сдоба выборгская с маком из муки высшего сорта
		ржаной простой из ржаной обойной муки (формовой)	столовый из муки ржаной обойной и пшеничной муки второго сорта (половый)	пшеничный из муки второго сорта (подо-вый)		
<i>Макроэлементы:</i>						
натрий	2400	567	391	353	396	275
калий	2000	227	180	208	120	104
кальций	800	21	24	23	22	34
магний	400	57	39	51	25	16,4
фосфор	1200	174	141	131	108	135
<i>Микроэлементы:</i>						
железо	10—12* 18—20	3,6	3,37	3,24	1,86	1,51
медь	1,5—3,0	0,26	0,16	0,3	0,17	0,21
цинк	15	1,4	1,17	1,43	0,74	0,57
<i>Витамины:</i>						
тиамин (В <sub>1</sub> )	1,7—1,8	0,18	0,19	0,23	0,15	0,11
рибофлавин (В <sub>2</sub> )	1,9—2,1	0,11	0,09	0,11	0,08	0,07
ниацин (РР)	18—20	0,67	1,75	3,1	0,51	0,98
пиридоксин (В <sub>6</sub> )	2,0	0,17	0,2	0,29	0,15	0,13
фолатин (В <sub>9</sub> ) (мкг)	0,2	30,0	29,0	25,0	20,0	18,0
витамин Е	10	2,2	2,68	3,3	2,3	2,1

\* В числителе — рекомендуемая норма для мужчин, в знаменателе — для женщин.

Пищевая ценность изделий оценивается по их биологической и энергетической ценности.

Для характеристики качества белка, входящего в состав пищевого продукта и отражающего степень соответствия его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка, служит показатель *биологической ценности*.

Всемирной организацией здравоохранения (ФАО/ВОЗ) введены понятия «идеальный» белок, содержащий все незаменимые аминокислоты в определенном соотношении (мг/1 г белка): изолейцин — 40; лейцин — 70; лизин — 55; метионин + цистин — 35; фенилаланин + тирозин — 60; триптофан — 10; треонин — 40; валин — 50 и *аминокислотный скор* (А).

## Аминокислотный скор (%)

$$A_i = \frac{C_i}{C_{i0}} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где  $A_i$  — скор  $i$ -й аминокислоты, %;  $C_i$  — массовая доля  $i$ -й аминокислоты в исследуемом белке, мг/г белка;  $C_{i0}$  — массовая доля  $i$ -й аминокислоты в «идеальном» белке, мг/г белка.

Из рассчитанных значений аминокислотных скор выбирают  $A_{\min}$  — минимальный скор; далее рассчитывают коэффициент различия аминокислотного сора КРАС (%), который показывает, насколько хорошо сбалансирован состав незаменимых аминокислот в данном белке:

$$\text{КРАС} = \Sigma(A_i - A_{\min})/8. \quad (1.2)$$

Для характеристики степени усвоения белка рассчитывают его биологическую ценность (%):

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (1.3)$$

Чем меньше КРАС, тем выше БЦ и тем лучше усваивается белок организмом.

Например, лимитирующие аминокислоты пшеничной муки первого сорта — лизин и треонин, а чечевичной — метионин + цистин (табл. 1.4).

### 1.4. Скоры некоторых аминокислот пшеничной и чечевичной муки

Аминокислоты	Скор для белка муки, %	
	пшеничной первого сорта	чечевичной
Лизин	45,5*	130
Треонин	75,0*	100
Метионин + цистин	107,7	60,9*

\* Лимитирующие аминокислоты.

Так как в пшеничной муке первого сорта и в чечевичной лимитирующими являются разные аминокислоты, то для повышения биологической ценности белка целесообразно составлять комбинации на их основе.

Расчет показывает, что при введении в рецептуру изделий из пшеничной муки первого сорта чечевичной муки (22 % к массе пшеничной) — хлеб «Бобовое зернышко» (ТУ 9114-003-02068108—00) скор по лимитирующим аминокислотам улучшается:

*Хлеб из пшеничной муки  
первого сорта*

КРАС	44,8 %
БЦ	55,2 %

*Хлеб из пшеничной муки первого сорта  
и чечевичной «Бобовое зернышко»*

КРАС	29,9 %
БЦ	70,1 %

Таким образом, комбинирование белка пшеничной и чечевичной муки позволяет снизить значение КРАС и повысить биологическую ценность на 14,9 %.

Биологическая ценность хлеба зависит от вида, сорта и выхода муки. Чем выше сорт и ниже выход муки, тем ниже содержание в ней белка.

Исходя из концепции сбалансированного питания, в хлебе соотношение основных пищевых веществ — белков и углеводов — не сбалансировано и составляет 1 : (6—7), рекомендуемое соотношение — 1 : 4. Кроме того, в зерне злаков незаменимые аминокислоты, лимитирующие качество белка, — лизин, треонин, триптофан и метионин — составляют дефицит. Аминокислотный скор по лизину у ржаной муки выше, чем у пшеничной. По требованиям нутрициологии (науки о питании) полноценные пищевые белки должны содержать около 36 % незаменимых аминокислот. Для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий необходимо повысить содержание белка путем введения в тесто компонентов с улучшенным составом по наиболее дефицитным аминокислотам — лизину и треонину.

Таким образом, основными задачами повышения биологической ценности хлебобулочных изделий являются:

повышение массовой доли наиболее лимитированных аминокислот в муке — лизина и треонина;

применение белоксодержащих обогатителей, отвечающих требованиям пищевой безопасности.

Для оценки количества энергии (кДж), высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ продуктов питания для обеспечения его физиологических функций, используют такой показатель, как *энергетическая ценность*.

Для расчета энергетической ценности продукта (кДж) пользуются эмпирической формулой

$$\mathcal{E} = (B \cdot 0,96 + Y \cdot 0,96 + \mathcal{J} \cdot 2,2 + K \cdot 0,7 + A \cdot 1,7), \quad (1.4)$$

где B, Y, Ж, K, A — содержание белков, углеводов, жиров, органических кислот и алкоголя в 100 г пищевого продукта соответственно, г; 0,96; 2,2; 0,7; 1,7 — соответственно количество энергии, выделяемой при расщеплении 1 г белков и углеводов, жиров, органических кислот, алкоголя, кДж/г.

Пищевую ценность рассчитывают обычно в г на 100 г продукта.

Для оценки вклада того или иного пищевого вещества в удовлетворение суточной потребности человека рекомендуется

пользоваться «Нормами физиологической потребности в пищевых веществах и энергии».

Суточная потребность в энергии для условного «среднего» взрослого, занятого легким физическим трудом человека (18—29 лет) (ккал/кДж) составляет 2450/586, в том числе: в белках — 73 г, жирах — 83 г, усвояемых углеводах — 365 г, в том числе моно- и дисахаридах — 50—100 г, минеральных веществах (мг): Fe — 14, I — 0,15, Ca — 800, Mg — 400, P — 1200, Zn — 15; витаминах: A (ретиноловый эквивалент) — 900 мкг; тиамине (B<sub>1</sub>) — 1,3 мг; рибофлавине (B<sub>2</sub>) — 1,5 мг; пиридоксине (B<sub>6</sub>) — 1,9; пантотеновой кислоте (B<sub>3</sub>) — 7,5 мг; фолатине (B<sub>9</sub>) — 200 мкг; кобаламине (B<sub>12</sub>) — 3 мкг; аскорбиновой кислоте (C) — 7 мг; D — 2,5 мкг; токофероле (E), токофероловый эквивалент — 9 мг; ниацине (PP), ниациновый эквивалент — 16 мг.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что роль хлебобулочных изделий в удовлетворении потребностей взрослого человека в указанных витаминах весьма существенна. Так, она покрывается в витамине B<sub>1</sub> на 54,3%; B<sub>2</sub> — 18,7%; B<sub>3</sub> — 25,1%; B<sub>6</sub> — 38,8%; B<sub>9</sub> — 37,0%; E — 76,1%; PP — 47,7% и т. д. Степень удовлетворения потребности в витамине B<sub>2</sub> низкая. В связи с этим при обогащении изделий витаминами необходимо учитывать в них долю рибофлавина.

В табл. 1.5 приведен состав основных пищевых веществ для различных групп хлебобулочных изделий.

1.5. Состав хлебобулочных изделий

Продукт	Состав, г/100 г продукта			Соотношение белки : жиры : углеводы (в частях)
	белки	жиры	углеводы	
Хлеб:				
из ржаной муки	4,7—6,5	0,7—1,1	40,0—49,8	1:0,2:(6,2—10,0)
из смеси ржаной и пшеничной муки	5,3—7,3	0,8—1,2	40,3—46,4	1:0,2:(5,8—10,2)
из пшеничной муки	7,6—8,3	0,6—1,3	42,0—52,3	1:0,1:(5,2—6,9)
Булочные и сдобные изделия	6,5—8,3	1,0—12,1	51,4—60,0	1:(0,1—1,5):(6,6—9,2)

На долю углеводов приходится 60—70% пищевого рациона. Из них около 52—66% потребляется с зерновыми продуктами. Углеводы как эссенциальные компоненты не только определяют основной энергетический гомеостаз организма, но необходимы для биосинтеза многих углеводсодержащих полимеров.

Среди полисахаридов (крахмал, декстрины, гликогены) наибольшее значение в питании человека имеет крахмал растительных продуктов. Среднее содержание крахмала во ржи и пшенице составляет 60—75%.

Хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего и первого сортов перегружены легкоусвояемыми углеводами.

Для снижения энергетической ценности таких изделий в их состав вводят структурные полисахариды растительных клеток (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества), лигнин. Наличие пищевых волокон в хлебе важно для больных, страдающих ожирением. Повышенная сорбционная способность волокон снижает содержание в пищеварительном тракте ионов свинца, кадмия и др.

В 100 г ржаного хлеба содержится около 5 % пищевых волокон, а в пшеничном из хлебопекарной муки высшего сорта в 2 раза меньше. В хлебе, приготовленном из смолотого пшеничного зерна без отбора отрубей, содержится свыше 8,5 % пищевых волокон (табл. 1.6). С хлебом человек потребляет не более 10 г пищевых волокон. Повседневный рацион человека должен содержать около 25—40 г пищевых волокон, но не превышать 60 г в день.

1.6. Содержание пищевых волокон

Хлеб	Массовая доля, г/100 г			
	пищевые волокна	нецеллюлозные полисахариды	целлюлоза	лигнин
Пшеничный из муки высшего сорта	2,7	2,0	0,7	Следы
Из ржаной обдирной муки	5,1	3,6	1,3	0,2
Из целносмолотой муки (без отбора отрубей)	8,5	6,0	1,3	0,1

Хлеб из муки высоких выходов почти полностью удовлетворяет потребность организма человека в пищевых волокнах и рекомендуется людям, страдающим сердечно-сосудистыми заболеваниями. Изделия с повышенным содержанием пищевых волокон рекомендуются также при атонии кишечника, ожирении, сахарном диабете, для профилактики этих заболеваний у населения в регионах с неблагоприятными экологическими условиями проживания.

Пищевая ценность хлеба определяется не только его энергетической ценностью, но и составом и усвояемостью минеральных веществ, роль которых в организме трудно переоценить. Они участвуют во всех физиологических и биохимических процессах — в создании живого белка, в построении костной ткани, в ферментативных и обменных процессах. «Пища, не содержащая минеральных солей, ведет к медленной голодной смерти», — писал в прошлом столетии русский гигиенист Ф. Ф. Эрисман\*.

Такие недуги и болезни современного человека, как потеря аппетита, похудание, сердечно-сосудистые, онкологические и другие заболевания, врачи связывают в большей степени с минеральным голоданием.

\* Эрисман Ф. Ф. Краткий учебник по гигиене. — М. — 1912.

В состав минеральных веществ зерна хлебных злаков входят многие элементы, однако с точки зрения пищевой ценности хлеба наибольшее значение имеют кальций, фосфор, магний и железо. Суточная потребность организма в кальции составляет 800—1000 мг; в фосфоре — 1000—1500; в магнии — 300—500; в железе — 15 мг. Следует утичивать, что потребность в них возрастает у женщин в период беременности и кормления детей грудным молоком, у детей и подростков — в период роста организма.

Хорошая усвояемость минеральных веществ, содержащихся в хлебе, зависит прежде всего от соотношения кальция, фосфора и магния. Дело в том, что от 60 до 80 % фосфора в зерне представлено в виде соединений фитиновой кислоты, которая не только не усваивается организмом, но и со многими минеральными веществами (в том числе с кальцием, магнием, железом) образует неусвояемые нерастворимые соединения. Если благоприятное для усвоения организмом соотношение кальция и фосфора в пище составляет от 1 : 1,5 до 1 : 2, то за счет связывания кальция это соотношение снижается у зерна ржи до 1 : 5, а у зерна пшеницы — до 1 : 7,5.

В среднем за счет хлеба суточная потребность в кальции удовлетворяется на 10—20 %, в фосфоре и железе — на 33—38 %. Наблюдается явная недостаточность кальция. Содержание минеральных веществ в хлебе зависит от вида зерна; сорта и выхода муки; технологии приготовления хлеба; применения добавок; качества воды, используемой на замес теста. Минеральная ценность ржаного хлеба выше, чем пшеничного, благодаря большему содержанию и лучшему соотношению в нем таких элементов, как кальций и железо.

Больше минеральных веществ содержится в хлебе из муки, смолотой из зерна без отбора отрубей и из муки высоких выходов. Это связано с тем, что минеральные вещества сконцентрированы в основном в оболочке, алейроновом слое и зародыше зерна. При сортовом помоле эти части зерна удаляют. И все же хлеб из муки любых выходов и сорта нуждается в обогащении кальцием, а хлеб из пшеничной муки высшего сорта — и в обогащении железом. Например, в пшеничном хлебе из муки, смолотой из зерна без отбора отрубей, железа в 5 раз больше, чем в хлебе из муки высшего сорта. Фосфора в хлебе хотя и много, но значительная его часть находится в составе соединений фитиновой кислоты. Часть его высвобождается за счет действия фермента муки фитазы, гидролизующей фитиновую кислоту до фосфорных соединений.

Весьма полезен высокоминерализованный хлеб с добавлением отрубей (хлеб барвихинский и зерновой из пшеничной муки высшего сорта и дробленого пшеничного зерна с частицами размером до 2 мм).

Некоторые диетические сорта хлеба готовят с применением пшеничных отрубей (размер частиц 0,5—1,0 мм), которые содержат витамины группы В, токоферолы, минеральные вещества, в частности усвояемое железо.



Для того чтобы минеральные вещества, а также витамины и белки, содержащиеся в отрубях, лучше усваивались организмом человека, отруби необходимо дополнительно измельчать. Так, например, изделия, полученные из пшеничной муки, содержащей 20—25 % тонкоизмельченных отрубей, содержат в 2,6 раза больше железа, в 2,5 — калия по сравнению с батонами и булками из муки высшего сорта.

Хлеб с зародышем зерна пшеницы полезен не только здоровым людям, но и как диетический продукт рекомендуется больным людям, страдающим атеросклерозом, целлюлитом и различными заболеваниями обмена веществ. Кроме питательных веществ зародыш зерна содержит фермент фитазу, способствующую сохранению минеральных веществ в доступном для организма виде.

Для обогащения хлеба кальцием используют различные добавки: пищевой мел (0,3—0,5 %), глюконат кальция, обоганитель минеральной «Кальциевый» (ГУ 9219-043-23-476484—00).

Наиболее эффективно добавление в тесто сухого обезжиренного молока, в котором кальций находится в наиболее легко усвояемой человеческим организмом форме. Кроме того, в тесто рекомендуется добавлять кислый фосфат кальция и молочную сыворотку.

Сухое обезжиренное молоко входит в рецептуру следующих изделий: в хлеб городской и белорусский, в булочки «Октябренок» и «Колобок» и др. Эффективность применения высокобелковых молочных продуктов заключается не только в улучшении аминокислотного состава изделий, но и в повышении доли кальция и витамина В<sub>2</sub>, при этом соотношение кальций : фосфор смещается в оптимальную для организма человека сторону.

Значительно повышает содержание минеральных веществ, а также белков и витаминов использование в хлебе 10—25 % от массы муки молочной сыворотки взамен части воды. Молочная сыворотка включена в рецептуру хлеба житного из муки ржаной обдирной, булки крестьянкой и булочки с молочной сывороткой, выпекаемых из муки первого сорта, и др.

Обогащение хлебобулочных изделий железом также актуально из-за участившихся случаев железодефицитной анемии, вызванной ухудшением экологической обстановки в стране. Повысить содержание железа в хлебе можно либо соответствующим изменением помола, либо добавлением солей, например 0,005 % от массы муки сульфата железа к муке высшего сорта. Для этих же целей НПО «РосбиотехМоби» (г. Обнинск) предложило добавку «Гемобин» (ТУ 9358-001-10837785—96). Преимущества этой добавки состоят в том, что она получена из крови высших животных и содержит натуральное гемовое железо в той же форме, в которой оно входит в состав миоглобина и гемоглобина. Структура гема у человека и высших животных идентична. Созданная природой натуральная гемовая форма (Fe<sup>2+</sup>) и имеющиеся в организме человека

физиолого-биохимические механизмы усвоения экзогенного и реутилизации эндогенного железа определяют высокую биологическую доступность ( $\text{Fe}^{2+}$ ) «Гемобина» (более 80 %), быстрый и выраженный противоанемический эффект.

Для повышения пищевой ценности хлеба также используют такие ингредиенты, как фосфатидные концентраты, солодовые ферментные препараты и солевые смеси. На хлебопекарных предприятиях при изготовлении хлеба из муки нормального или пониженного качества рекомендуется использовать солевые смеси, например хлорид натрия, обогащенный фторидом натрия и сульфатом железа.

Для профилактики эндемического зоба целесообразно обогащать хлеб иодом, используя химически чистый иодид калия, или богатую иодом морскую капусту, или иодказеин. На основе этих препаратов иода разработаны следующие изделия: хлеб пшеничный с морской капустой, хлеб ржаной с морской капустой, хлеб сло-вещкий, хлеб пшеничный иодированный и др.

Употребление изделий, обогащенных иодом, рекомендуется при заболеваниях щитовидной железы, сердечно-сосудистой системы, а также для профилактики этих заболеваний, особенно в пожилом возрасте.

Учитывая крайне неблагоприятные последствия дефицита микронутриентов для здоровья детей и взрослых, институт РАМН совместно с ЗАО «Валетек-продимпэкс» предложил для хлебопекарной промышленности ряд обогатителей, включающих витамины группы В, фолиевую кислоту,  $\beta$ -каротин, железо, иод: 0,2%-ный  $\beta$ -каротин в растительном масле; соль пищевую иодированную с содержанием иода  $40 \pm 15$  мкг/г; витаминно-минеральные обогатители «Валетек», представляющие смесь витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, фолиевой кислоты, железа и кальция с пшеничной мукой, сахаром или крахмалом и обеспечивающие высокую стабильность витаминов в процессе производства и хранения хлебобулочных изделий. Потребление взрослым человеком 2 г обогатителей «Валетек» на 60—80 % удовлетворяет суточную потребность организма в витаминах группы В и на 40—50 % — в железе.

Вкус хлеба в большой степени зависит от качества воды, используемой при замесе теста, а также от содержания в ней минеральных солей. Известно, что дистиллированная и мягкая артезианская вода содержит мало солей. При обогащении хлеба минеральными веществами необходимо знать исходную жесткость воды, зависящую от содержания солей кальция и магния.

Минерализацию воды осуществляют добавлением чистых реагентов, соленой воды, электрообработкой. Наибольшее распространение получил метод, основанный на дозировании в воду концентрированных растворов солей или минерализующих добавок в виде таблеток. Промышленность выпускает стандартные наборы таких добавок для питьевой воды, включающие, например, карбонат кальция, хлорид и бикарбонат натрия и др. Их

расход составляет 120—150 мг на 1 дм<sup>3</sup> воды. Воду можно не только минерализовать, но придавать ей лечебные свойства, добавляя морскую соленую воду, предварительно очищенную и обеззараженную.

На основе всего вышеизложенного можно сделать вывод, что хлеб для организма человека является основным источником энергии, растительных белков, углеводов, удовлетворяет в некоторой степени потребность в кальции, магнии, железе, в витаминах группы В и РР, пищевых волокнах. Однако качество белка хлебобулочных изделий следует повышать путем включения в их рецептуру дополнительных компонентов, содержащих наиболее дефицитные аминокислоты — лизин и треонин, улучшать соотношение между минеральными веществами — кальцием и фосфором, кальцием и магнием, витаминизировать муку или полуфабрикаты, обогащать их растительными волокнами, содержащимися в продуктах переработки зернового сырья, во фруктовых или овощных порошках и др.

Учитывая роль хлеба в рационе питания населения России, необходимо решать проблемы повышения его пищевой ценности. Основные направления повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий приведены ниже.

1. Комплексная переработка зерна, увеличение выхода муки с целью включения в ее состав алейронового слоя и зародыша зерна; использование отрубей при выработке хлеба из муки высших сортов; совершенствование технологии хлеба из муки, смолотой из зерна без отбора отрубей.

2. Увеличение массовой доли белка путем включения в рецептуру компонентов растительного или животного происхождения с повышенным по сравнению с мукой содержанием белка и наиболее дефицитных аминокислот — лизина и треонина.

3. Использование белков из нетрадиционного зернового, бобового и масличного сырья.

4. Повышение минеральной и витаминной ценности хлебобулочных изделий.

5. Обогащение хлеба растительными волокнами путем введения в рецептуру продуктов переработки традиционного промышленного сельскохозяйственного сырья — пшеничных отрубей, фруктовых или овощных порошков; использование резервов зерна — зародышевых хлопьев, биоактивированного зерна, отрубей, муки, полученной из зерна без отбора отрубей.

6. Применение биогенных продуктов — проростков зерна и ростков зерен — носителей микроэлементов, минеральных веществ, протсинов, ферментов, витаминов и пищевых волокон.

7. Применение ферментных препаратов, регулирующих биотехнологические процессы, модифицирующие нативные белки, углеводы, жиры, клетчатку и т. д.

8. Минерализация воды.

С учетом вышеуказанных мер повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий необходимо разрабатывать новые подходы к решению этой проблемы.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы основные направления государственной политики в области производства хлебобулочных изделий?
2. Какова роль хлеба в питании населения России?
3. Что понимают под пищевой (питательной) ценностью продукта?
4. Как рассчитать биологическую ценность конкретного изделия?
5. Какие витамины и минеральные вещества содержатся в муке и в хлебобулочных изделиях и по каким из них имеется дефицит?
6. Какие белоксодержащие добавки могут повысить долю кальция в хлебобулочных изделиях?
7. Какие хлебобулочные изделия относятся к диетическим и каково их назначение?
8. Какова структура ассортимента хлебобулочных изделий?
9. Как можно повысить пищевую ценность хлебобулочных изделий?
10. Как можно повысить минеральную ценность хлебобулочных изделий?
11. Какие ингредиенты повышают долю пищевых волокон в хлебобулочных изделиях?

## **Глава 2**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Технологический процесс производства хлебобулочных изделий состоит из следующих основных этапов: приема и хранения сырья; подготовки сырья к пуску в производство; приготовления теста; разделки теста; выпечки; хранения выпеченных изделий и отправки их в торговую сеть. Каждый из этих этапов, в свою очередь, складывается из отдельных, последовательно выполняемых производственных операций и процессов.

Технологический процесс обычно представляют технологической схемой, в которой представлены все виды технологических потоков сырья, полуфабрикатов и конечных продуктов, типы и способы соединений машин и аппаратов, а также приведена последовательность технологических процессов.

При формализации технологического процесса можно изобразить его в виде различных схем: технологической, функциональной и структурной.

## 2.1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

Функциональная схема дает представление о функционировании технологического процесса в целом, т. е. о порядке технологических операций и их взаимосвязях, и не содержит подробной информации о характеристиках потоков и отдельных элементов.

Функциональная схема производства хлебобулочных изделий представлена на рис. 2.1.

На рис. 2.2 показана функциональная схема производства пшеничного хлеба опарным способом на жидких дрожжах. Такой вариант функционирования технологического процесса является одним из наиболее сложных в современном хлебопекарном производстве. Наиболее сложный участок производства — приготовление жидких дрожжей, заквасок и опар.

На структурной схеме машины и аппараты технологического процесса представлены блоками или элементами в виде прямоугольников, имеющих входы и выходы. Стрелками указывают направление движения материальных и энергетических потоков. В структурной схеме отражены информационные потоки.

### **Структурная схема линии производства батанообразных изделий.**

Схема (рис. 2.3) состоит из трех участков. На первом участке, предназначенном для приемки, хранения и транспортирования муки и приемки, хранения и подготовки дополнительного сырья, устанавливают оборудование для приемки муки из муковозов, получения сжатого воздуха и подачи его к питателям аэрозольтранспорта, силосы для хранения муки, просеиватели, автовесы, баки для воды, аппараты для получения солевого и сахарного растворов и другое оборудование для подготовки дополнительного сырья.

Производственные силосы для муки устанавливают между складом и основным производством. Этот участок является общим для всего предприятия независимо от вырабатываемой продукции. На втором участке осуществляют основные технологические процессы. Здесь оборудование выбирают в зависимости от ассортимента изделий и степени механизации. Линия для производства батанообразных изделий включает: тестоприготовительный агрегат, состоящий из двух дозировочных станций и двух тестомесильных машин для замеса опары и теста, бункер для брожения опары, нагнетатель теста, тестоделительные и округлительные машины, шкаф предварительной расстойки, тестозакаточную машину, расстойный агрегат с устройствами для укладки и нарезки заготовок и хлебопекарную печь туннельного типа. Третий участок включает в себя хлебохранилище и экспедицию. Существует много вариантов решения механизации работ в экспедициях и хлебохранилищах, но пока все они имеют недостатки, сдерживающие их широкое внедрение. Приведенная схема разработана УкрНИИпродмашем и внедрена на ряде хлебозаводов.

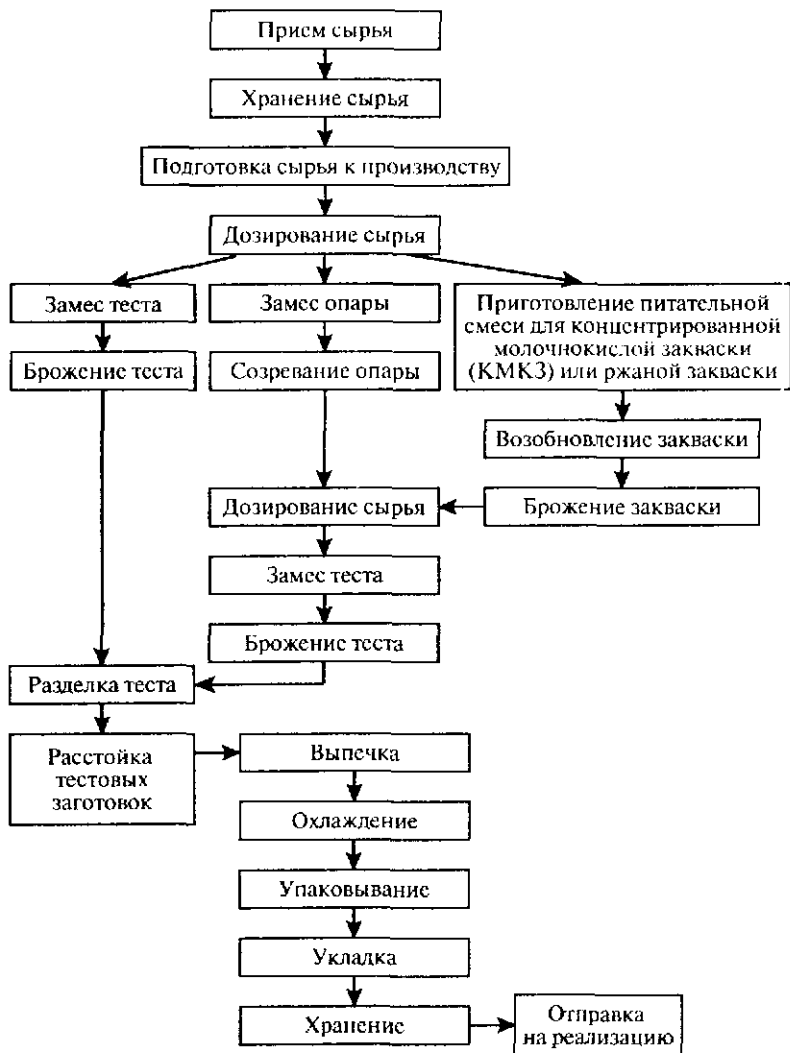


Рис. 2.1. Функциональная схема производства хлебобулочных изделий

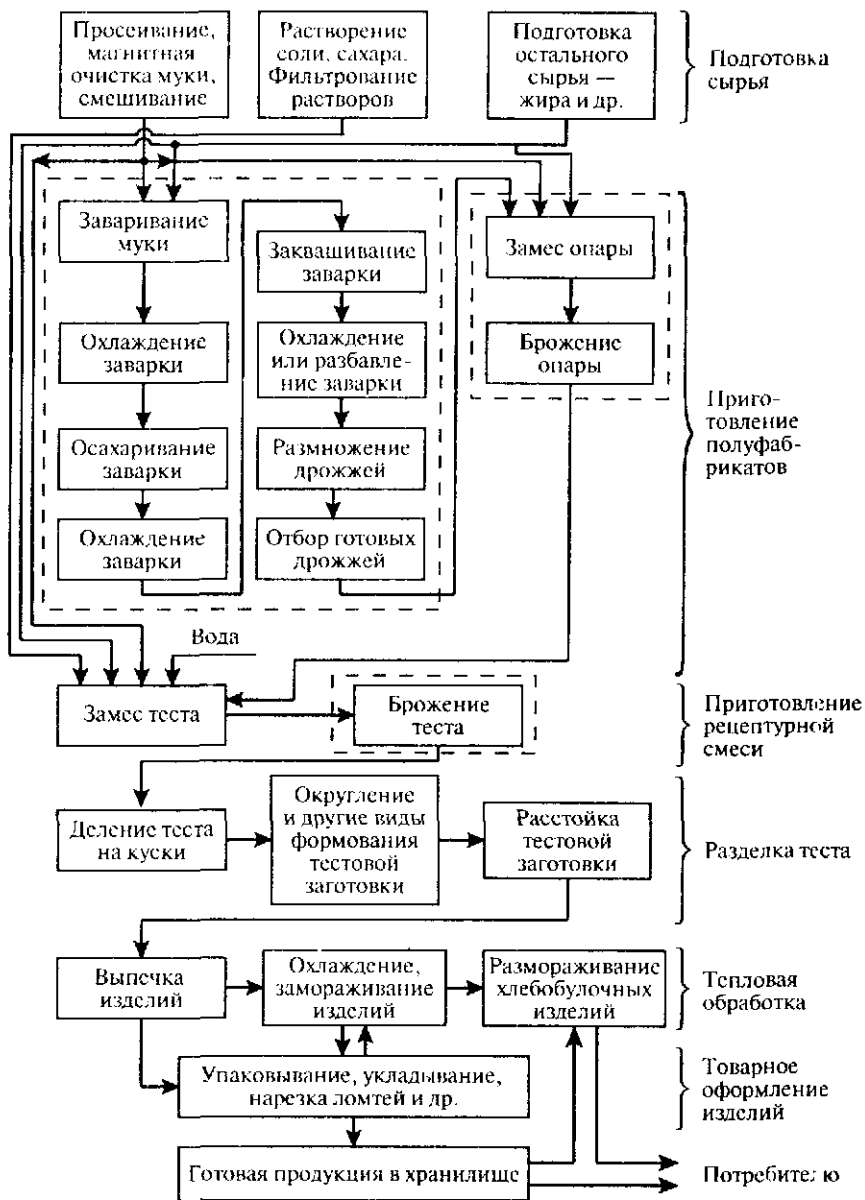
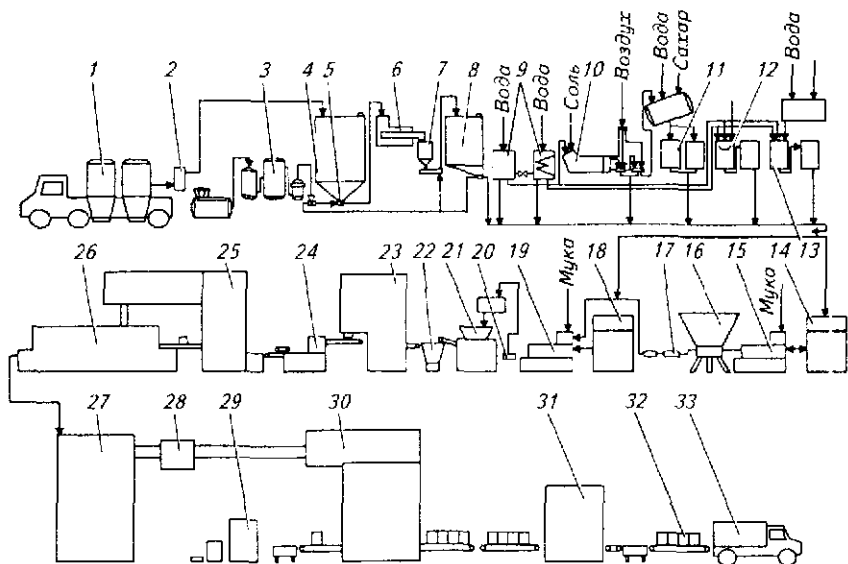
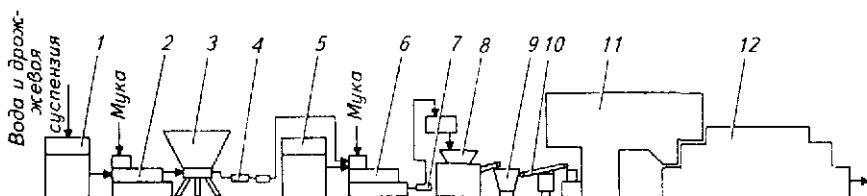


Рис. 2.2. Функциональная схема производства пшеничного хлеба опарным способом на жидких дрожжах:  — полуфабрикаты



**Рис. 2.3.** Структурная схема линии производства батонобразных изделий:

1 — автомуковоз; 2 — приемный шиток; 3 — компрессорная станция; 4 — силос для муки; 5 — питатель муки; 6 — просеиватель; 7 — элеваторы; 8 — производственный силос для муки; 9 — баки для воды; 10 — установка для приготовления солевого раствора; 11 — установка для приготовления сахарного раствора; 12 — установка для приготовления суспензии дрожжей; 13 — установка для подготовки жиров к эмульгированию; 14, 18 — дозировочные станции; 15, 19 — тестомесильные машины для опары и теста соответственно; 16 — бункер для брожения опары; 17, 20 — устройства для подачи опары и теста соответственно; 21 — тестоделительная машина; 22 — тестоокруглительная машина; 23 — шкаф для предварительной расстойки; 24 — тестозакаточная машина; 25 — шкаф для окончательной расстойки; 26 — хлебопекарная печь; 27 — охлаждающий агрегат; 28 — машина для упаковки хлеба; 29 — агрегат для подготовки лотков и контейнеров; 30 — укладочный агрегат; 31 — агрегат для ассортиментного комплектования контейнеров; 32 — устройство для загрузки контейнеров в автохлебовоз; 33 — автохлебовоз



**Рис. 2.4.** Структурная схема участка основного производства линии по изготовлению подового хлеба:

1, 5 — дозировочные станции для жидких компонентов; 2, 6 — тестомесильные машины для опары и теста; 3 — бункер для брожения опары; 4, 7 — устройства для подачи опары и теста соответственно; 8 — тестоделительная машина; 9 — тестоокруглительная машина; 10 — конвейер; 11 — расстойный агрегат; 12 — хлебопекарная печь



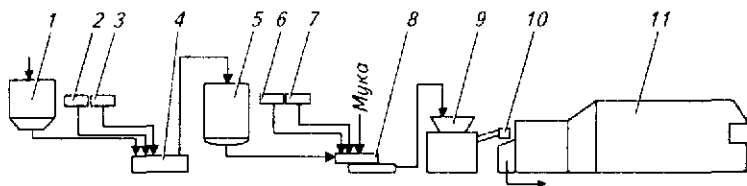


Рис. 2.5. Структурная схема участка основного производства линии изготовления формового хлеба:

1 — дозатор муки; 2 — устройство для подготовки и дозирования воды; 3 — дозатор дрожжей; 4 — заварочная машина; 5 — емкость для брожения полуфабриката; 6, 7 — дозаторы жидких полуфабрикатов (растворов) и солевого раствора соответственно; 8 — тестомесильная машина; 9 — тестоделительная машина; 10 — укладчик теста в формы; 11 — расстойно-печной агрегат

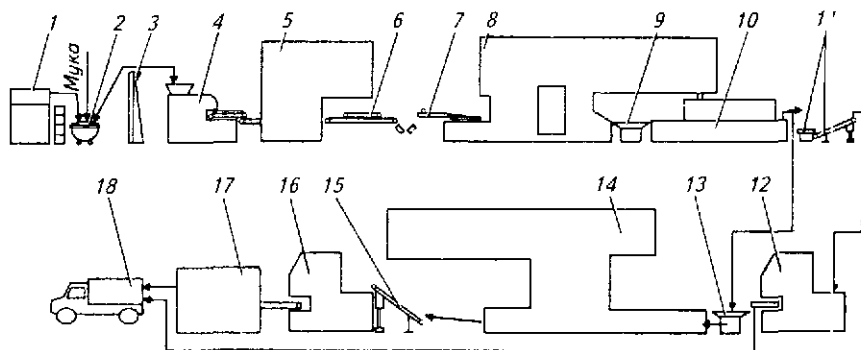


Рис. 2.6. Структурная схема участка основного производства и экспедиции линии по изготовлению мелкштучных изделий:

1 — дозировочная станция; 2 — тестомесильная машина; 3 — лежешодъемопроективатель; 4 — делительно-округлительный автомат; 5 — шкаф предварительной расстойки; 6 — формующая машина; 7 — укладочно-формующая машина; 8 — расстойный агрегат; 9, 13 — пересадчики; 10 — хлебопечная печь; 11 — конвейеры для подачи готовой продукции; 12, 16 — счетно-укладочные машины; 14 — агрегат для охлаждения изделий; 15 — конвейеры; 17 — упаковочный агрегат; 18 — автохлебовоз

### Структурная схема линии производства подового хлеба.

Первый и третий участки этой линии (рис. 2.4) аналогичны участкам, представленным на рис. 2.3. Основное производство отличается от предыдущей схемы устройством для укладки тестовых заготовок в люльки расстойного агрегата, расстойным агрегатом и отсутствием тестозакаточной машины и надрезчика. Печи могут быть как с туннельной, так и с тупиковой пекарной камерой.

### Структурная схема линии производства формового хлеба.

Первый и третий участки на этой схеме (рис. 2.5) аналогичны описанным выше. Основное производство существенно отличается

ся от предыдущих. На этом участке устанавливают оборудование для получения и сбраживания жидких опар, тестомесильные машины и делительно-укладочные агрегаты для деления теста и укладки заготовок в формы расстойно-печного агрегата, состоящего из расстойного агрегата и печи, объединенных общим конвейером.

**Структурная схема линии производства мелкоштучных изделий.**

Первый участок этой линии (рис. 2.6) аналогичен описанному выше. На участке основного производства используют следующее оборудование: машины для периодического приготовления теста, дежеподъемоопрокидыватель, делительно-округлительную машину, шкаф для предварительной расстойки, формующие машины, укладчики и пересадчики, шкаф для окончательной расстойки и туннельную печь.

## 2.2. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Производство пшеничного хлеба складывается из нескольких тесно связанных между собой технологических этапов. Ниже приведена аппаратурно-технологическая схема производства батонобразных изделий из пшеничной муки на большой густой опаре (рис. 2.7)\*.

Особенности приготовления теста на большой густой опаре состоят в следующем. Опару готовят влажностью 42—44 % из 60—70 % общей массы муки, расходуемой на приготовление теста, при этом длительность созревания ее составляет 180—270 мин при температуре 23—27 °С до заданной кислотности (для опары из пшеничной муки высшего сорта — 2,5—3,0 град; первого сорта — 3,0—4,0 град, второго сорта — 4,0—5,0 град). Тесто при замесе подвергают дополнительной механической обработке. Продолжительность брожения его составляет 20—40 мин при начальной температуре теста 28—33 °С до кислотности (град, не более)

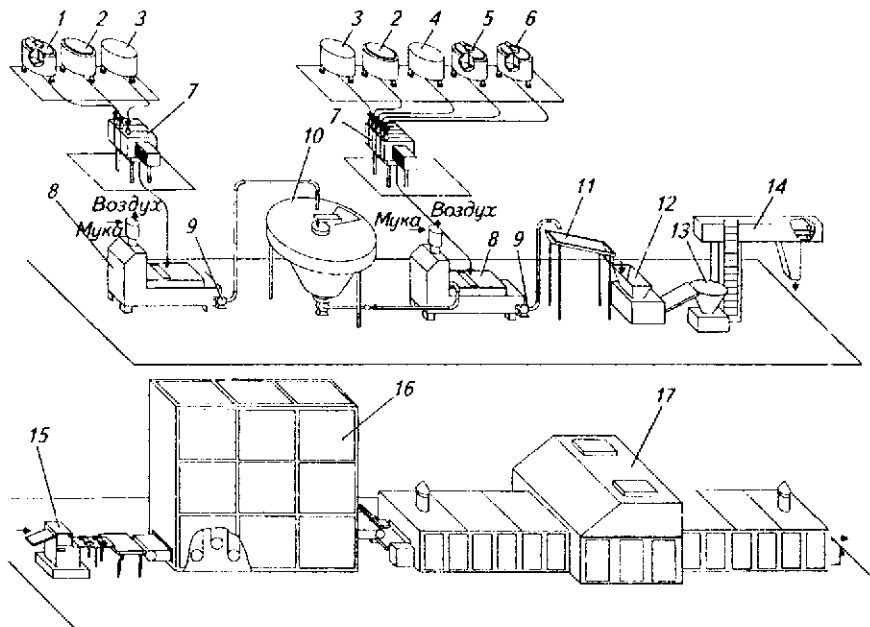
$$K_{\text{кл}} + 0,5,$$

где  $K_{\text{кл}}$  — кислотность хлеба по нормативной документации, град.

При замесе теста в густую опару вносят оставшиеся 40—30 % муки, воду, солевой раствор и другие ингредиенты, предусмотренные по рецептуре. Тесто замешивают в течение 8—12 мин в маши-

---

\*Здесь и по всей книге на аппаратурно-технологических схемах приведены конкретные примеры аппаратурного оформления технологических участков или линий с указанием марок оборудования. Для осуществления технологических процессов может быть использовано также оборудование других марок. Более подробная информация приведена в соответствующих каталогах и справочниках.



**Рис. 2.7.** Аппаратурно-технологическая схема производства батонобразных и идеал из пшеничной муки при непрерывном приготовлении теста на большой устной опаре:

1-6 — напорные баки соответственно для дрожжевой суспензии, горячей и холодной воды, солевого и сахарного растворов, жировой эмульсии; 7 — дозирующие станции Ш2-ХДМ для жидких компонентов; 8 — тестомесильные машины И8-ХТА-12/1; 9 — нагнетатель опары (тесто) И8-ХТА-12/3; 10 — бункер И8-ХТА-12/2 для брожения опары; 11 — емкость И8-ХТА-12/6 для брожения теста; 12 — тестоделительная машина А2-ХТН; 13 — тестоокруглительная машина Т1-ХТН; 14 — шкаф для предварительной расстойки; 15 — тестозакаточная машина И8-ХТЗ; 16 — шкаф окончательной расстойки; 17 — туннельная печь.

не непрерывного действия И8-ХТА-12/1 и после 20—25 мин брожения направляют на разделку. Сочетание интенсивного замеса теста с использованием большой густой опары позволяет вырабатывать изделия высокого качества. В результате этих мероприятий повышается объем хлеба, мякиш становится более эластичным, светлым, с мелкой тонкостенной пористостью.

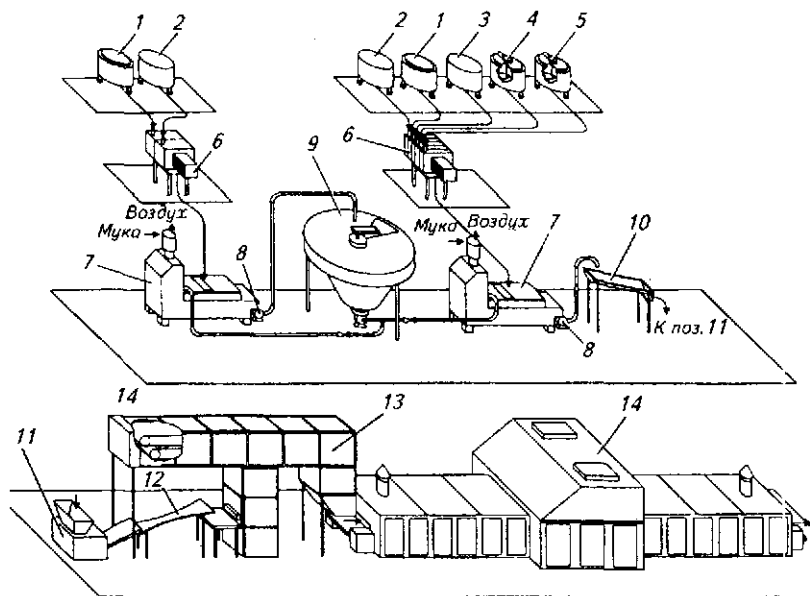
Использование этого способа при приготовлении теста в бункерных агрегатах с одной бродильной емкостью для опары и интенсивным замесом позволяет легко переходить с выработки одного вида изделий на другой.

При брожении объем опары из пшеничной муки первого и высшего сортов влажностью 41—43 % увеличивается в 2,5 раза, при этом объемная масса опары уменьшается с 0,95 до 0,4 кг/дм<sup>3</sup>.

### 2.3. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА РЖАНОГО ХЛЕБА

Аппаратурно-технологическая схема приготовления подового хлеба из ржаной или смеси ржаной и пшеничной муки на большой густой закваске в бункерном агрегате непрерывного действия приведена на рис. 2.8. Сущность способа заключается в том, что закваску готовят влажностью 48—50 % и кислотностью 13—16 град из ржаной обойной муки или из ржаной обдирной муки кислотностью 11—14 град. При этом подъемная сила по «шарику» должна составлять от 18 до 25 мин.

Закваску заменяют в машине непрерывного действия, куда непрерывно подают воду, муку и часть выброженной закваски. Замешанную закваску лопастным нагнетателем подают по трубе проводу и с помощью поворотного лотка загружают сверху в одну из секций бункера для брожения. В момент загрузки последней сек-



**Рис. 2.8.** Аппаратурно-технологическая схема производства подового хлеба из ржаной или смеси ржаной и пшеничной муки на большой густой закваске:

1—5 — напорные баки соответственно для горячей и холодной воды, солевого раствора, дрожевой суспензии и мочки; 6 — дозировочная станция ИП2-ХДМ для жидких компонентов; 7 — тестомесильная машина И8-ХТА-12/1; 8 — нагнетатели И8-ХТА-12/3 для закваски и теста; 9 — бункер И8-ХТА-12/2 для брожения закваски; 10 — емкость И8-ХТА-12/6 для брожения; 11 — тестоделительная машина А2-ХТН; 12 — ленточный округлитель; 13 — шкаф окончательной расстойки; 14 — печь туннельная

ции первая секция разгружается. Период загрузки всех секций бункера равен продолжительности брожения закваски. Выброженную закваску выгружают через отверстие в днище бункера и с помощью лопастного нагнетателя 60 % закваски подают по одному трубопроводу в тестомесильную машину для замеса теста, а 40 % по другому трубопроводу возвращают в тестомесильную машину для воспроизводства самой закваски.

При замесе теста в машину непрерывного действия кроме закваски дозируют воду, муку и другие жидкие компоненты по рецептуре с помощью дозаторов непрерывного действия. Тесто замешивают при начальной температуре 28—30 °С. Замешенное тесто лопастным нагнетателем по трубопроводу подают в емкость для брожения, где оно бродит в течение 30—40 мин. Конечная кислотность теста из ржаной обдирной муки — 9—12 град, обойной — 10—13 град. Выброженное тесто поступает на разделку, затем на формование тестовых заготовок, расстойку и выпечку обычным способом.

### **Контрольные вопросы**

1. Чем различаются функциональные схемы производства изделий из пшеничной муки (на опаре) и из смеси ржаной и пшеничной (на закваске)?
2. Из каких основных участков состоит структурная схема линии производства батанообразных изделий?
3. Чем отличается структурная схема производства подового хлеба от структурной схемы формового хлеба?
4. Из каких основных компонентов состоит аппаратурно-технологическая схема производства пшеничного хлеба?
5. В чем состоят основные отличительные особенности аппаратурно-технологической схемы производства ржаного хлеба?

## Часть II

# СЫРЬЕ ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сырье хлебопекарного производства делят на две большие группы: основное и дополнительное.

*Основным сырьем* для хлебобулочных изделий называют сырье, которое является необходимой составной частью хлебобулочного изделия.

*Дополнительным сырьем* для хлебобулочных изделий называют сырье, которое служит для придания хлебобулочным изделиям специфических органолептических и физико-химических свойств.

### Глава 3

## ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ

При производстве хлеба используют муку, полученную из зерна пшеницы, ржи или их смеси, а также тритикале. В качестве биологического разрыхлителя используют хлебопекарные дрожжи, а для придания вкуса — пищевую соль.

В рецептуру каждого хлебобулочного изделия входят в качестве основного сырья мука, соль, дрожжи и вода. Дополнительное сырье (жиры, сахар, яйца, молочные и другие продукты) включено в рецептуру некоторых видов хлеба, булочных и сдобных изделий.

Качество готовой продукции зависит от многих факторов, в том числе от свойств сырья. Особо важное технологическое значение имеют хлебопекарные свойства муки.

**Пшеница.** Главная продовольственная культура, ценность которой состоит в том, что ее белки способны образовывать клейковину.

В России выращивают озимую и яровую пшеницу, на долю последней приходится 70—75 % всей посевной площади, занятой под пшеницей. Наиболее распространены два вида пшеницы — мягкая и твердая. На долю мягкой пшеницы в России приходится около 90 % всех посевов, поэтому для хлебобулочных изделий используют муку именно этого вида.

В соответствии с ГОСТ 9353—90 по ботаническим и биологическим признакам пшеницу подразделяют на типы: I — мягкая яровая краснозерная; II — твердая яровая; III — мягкая яровая белозерная; IV — мягкая озимая краснозерная; V — мягкая озимая

белозерная; VI — твердая озимая. Типы I—IV по окраске зерна и его стекловидности разделяют на подтипы.

В зависимости от типового состава, цвета, показателей массовой доли и качества клейковины, числа падения, стекловидности, натуре, наличия трудноотделимой примеси, проросших зерен согласно ГОСТ 9353—90 пшеницу разделяют на 5 классов. На продовольственные цели используют мягкую и твердую пшеницу всех классов, кроме 5-го. Кроме указанных показателей в пшенице определяют состояние, запах, цвет, влажность, зараженность вредителями, содержание токсичных элементов, микотоксинов и пестицидов.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52189—03 в пшенице, направляемой на размол после очистки от посторонних примесей, не должно быть (% , более):

зерен ячменя, ржи, а также проросших зерен этих культур и пшеницы (в совокупности)	5,0
в том числе проросших зерен	3,0
куколя	0,1
вредной примеси	0,05
в том числе горчака ползучего и вязаля разноцветного (в совокупности)	0,04

Наличие примеси семян гелиотропа опушенноплодного и триходесмы седой не допускается.

**Рожь.** Вторая (по объемам выращивания) продовольственная культура, мука из которой идет на приготовление хлебобулочных изделий. Ее роль особенно возрастает в районах с ограниченным возделыванием пшеницы. Ржаной хлеб отличается специфическим ароматом и вкусом и гармонично дополняет ассортимент хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

Возделывают в основном озимую рожь. Среднее содержание в ней белка 12 %, и колебания составляют от 10 до 17 %. Однако массовая доля дефицитных для злаковых культур незаменимых аминокислот (лизина и треонина) в ржаной муке в 1,5 раза выше, чем в пшеничной. Из районированных (свыше 50) сортов ржи возделывают в основном 4 сорта: Вятка 2, Саратовская 4, Чулпан и Чишлинская 2.

По ГОСТ 16990—88 качество зерна ржи оценивают по следующим показателям: массовой доле влаги; массовой доле примеси (в том числе испорченного зерна, куколя, минеральной примеси, в том числе гальки), вредной примеси (спорынья, семена вязаля разноцветного, горчака ползучего), зерна с розовой окраской, фузариозных зерен, зерновой примеси; натуре и зараженности вредителями. Зерно ржи подразделяют на 4 класса. Если имеется соответствующее оборудование, то измеряют число падения, по величине которого зерно ржи подразделяют также на 4 класса: 1-й — более 200 с; 2-й — 200—141 с; 3-й — 140—80 с; 4-й — менее 80 с. В районах, где не определяют число падения, в зерновой примеси ука-

зывают наличие примеси проросших зерен. Рожь 4-го класса предназначена для кормовых целей и для переработки на комбикорма.

**Тритикале.** Эта зерновая культура получена в результате скрещивания пшеницы и ржи. По урожайности, массовой доле белка и незаменимых аминокислот в нем, пищевой и кормовой ценности тритикале превосходит родительские формы, а по устойчивости к неблагоприятным условиям и болезням — пшеницу и не уступает ржи.

По натуре зерно тритикале уступает пшенице — 730—754 г/дм<sup>3</sup> против 785—808 г/дм<sup>3</sup>, но превосходит рожь — 550—712 г/дм<sup>3</sup>. Массовая доля белка в зерне тритикале на 1—1,5% выше, чем у пшеницы, и на 3—4% выше, чем у ржи. По сравнению с рожью зерно тритикале не обладает токсичностью: в нем полностью отсутствуют 5-алкилрезорцианолы. Возделывают следующие сорта тритикале: Амфидиплоиды (АД): 206, АД201, АД209, Тальва-100, Разгар и др.

Качество зерна тритикале оценивают по тем же показателям, что и зерно пшеницы.

Зерновая культура тритикале, быстро завоевавшая мир благодаря хорошей урожайности, значительному содержанию белка с высоким аминокислотным скором по лимитирующей аминокислоте (лизину) по сравнению с традиционными зерновыми культурами, устойчивости к заболеваниям, несомненно представляет ценность для хлебопекарной отрасли. Целесообразность ее использования обоснована в научных трудах Л. Я. Ауэрмана, Н. П. Козминой, Р. Д. Поландовой, Р. К. Еркинбаевой и Л. П. Пашенко.

### 3.1. ХЛЕБОПЕКАРНАЯ МУКА

Мука — важнейший продукт переработки зерна. Хлебопекарную муку получают из зерна пшеницы, ржи и тритикале.

*Вид муки* определяется той зерновой культурой, из которой она получена. Возможно производство муки из смеси зерна различных культур, например, из смеси пшеницы и ржи получают пшенично-ржаную муку.

В зависимости от свойств муки и целевого назначения ее делят на *типы*. Так, различают пшеничную муку: хлебопекарную, макаронную и муку общего назначения. Хлебопекарную муку получают в основном из мягких сортов пшеницы. Она характеризуется средним выходом эластичной клейковины, хорошей водопоглотительной и сахарообразующей способностью. Макаронную муку получают помолом твердой или высокостекловидной мягкой пшеницы, причем содержание мягкой пшеницы в твердой допускается не более 15% (ГОСТ 12306—66, ГОСТ 12307—66). Макаронная мука отличается большим выходом сырой клейковины, относи-



тельно малой влагоемкостью. Мука некоторых видов выпускается только одного типа, например, ржаная мука вырабатывается только хлебопекарной.

*Сорт муки* — основной показатель качества муки, который определяется ее выходом, т. е. массой муки, полученной из 100 кг зерна. Чем больше выход муки (%), тем ниже ее сорт.

В России с 1 января 2005 г. введен в действие новый стандарт (ГОСТ Р 52189—03) на пшеничную муку. Этот стандарт распространяется на пшеничную муку, вырабатываемую из мягкой пшеницы или с добавлением к ней 20 % твердой пшеницы и предназначенную для производства хлеба, хлебобулочных, мучных кондитерских и кулинарных изделий. В соответствии с этим стандартом пшеничную муку в зависимости от ее целевого назначения подразделяют на пшеничную хлебопекарную и пшеничную общего назначения. В зависимости от ряда показателей (белизны или массовой доли золы и сырой клейковины, крупности помола) пшеничную хлебопекарную муку подразделяют на сорта: экстра, высший, круничатка, первый, второй и обойная (табл. 3.1).

По аналогичным показателям пшеничную муку общего назначения подразделяют на типы: М 45-23; М 55-23; МК-23; М 75-23; МК 75-23; МК 100-25; М 125-20; М 145-23, где буквой «М» обозначают муку из мягкой пшеницы, буквами «МК» — муку из мягкой пшеницы крупного помола. Первые цифры обозначают наибольшую массовую долю золы в муке (% в пересчете на сухое вещество), умноженную на 100, а вторые — наименьшую массовую долю сырой клейковины в муке (%).

Стандарт вводит показатель «белизна» муки взамен показателя «зольность» для тех предприятий, которые оснащены лабораторными приборами и аппаратурой в соответствии с ГОСТ 26361—84.

Стандарт допускает обогащение пшеничной муки витаминами и (или) минеральными веществами, а также хлебопекарными улучшителями (например, сухой клейковиной). В этом случае к наименованию муки соответственно добавляют: «витаминизированная», «обогащенная минеральными веществами», «обогащенная витаминно-минеральной смесью», «обогащенная сухой клейковиной» и др.

Кроме того, из зерна пшеницы в соответствии с ТУ 9293-003-00929605—02 получают муку «Столичная».

Из зерна ржи в соответствии с ГОСТ 7045—90 вырабатывают ржаную хлебопекарную муку трех сортов: сеяную, обдирную и обойную.

Основные показатели качества ржаной хлебопекарной муки приведены в табл. 3.2.

## 3.1. Показатели качества пшеничной хлебопекарной муки

Сорт	Цвет	Массовая доля		Белизна, усл. ед. прибора РЗ-БПД, не менее	Качество сырой клейковины, усл. ед. прибора ИДК	Крупность помола, %		Число падения ЧП, с. не менее
		зола в пересчете на СВ, %, не более	сырой клейковины, %, не менее			остаток на сите (по ГОСТ 4403-91), не более	остаток на сите из проволочной сетки (по ТУ 14-4-1374-86), не более	
Экстра	Белый или белый с кремовым оттенком	0,45	28,0	—	—	5 из шелковой ткани № 43 или 45/50ПА*	—	185
Высший	То же	0,55	28,0	54,0	Не ниже второй группы	5 из шелковой ткани № 43 или 45/50ПА*	—	185
Крупчатка	Белый или кремовый с желтоватым оттенком	0,60	30,0	—	—	2 из шелковой ткани № 23 или ПЧ-150	Не более 10,0 из шелковой ткани № 35 или 36/40ПА*	185
Первый	Белый с желтоватым оттенком	0,75	30,0	36,0	—	2 из шелковой ткани № 35 или 36/40ПА*	Не менее 80,0 из шелковой ткани № 43 или 45/50ПА*	185
Второй	Белый с желтоватым или сероватым оттенком	1,25	25,0	12,0	—	2 из шелковой ткани № 27 или ПА*—120	Не менее 65,0 из шелковой ткани № 38 или 41/43ПА*	160
Обойная	Белый с желтоватым или сероватым оттенком с заметными частями оболочек зерна	Не менее чем на 0,07 % ниже зольности зерна до очистки, но не более 2,0 %	20,0	—	Не ниже второй группы	—	2 сито № 067 из шелковой ткани № 38 или 41/43ПА*	160

\*ПА — полиамидная ткань.

### 3.2. Показатели качества ржаной хлебопекарной муки

Сорт	Цвет	Массовая доля		Белизна, усл. ед. прибора РЗ-БПД, не менее	Качество сырой клейковины, усл. ед. прибора ИДК	Крупность помола, %	Число падения чп, с, не менее
		доли в пересчете на СВ, % не более	сырой клейковины, % не менее				
Сеяная	Белый с кремовым или сероватым оттенком	0,75	—	50,0	—	остаток на сите из проволоки с сеткой (по ТУ 14.4-1374-86), не более	приход через сито (по ГОСТ 4403-91)
					2 из шелковой ткани № 27 или 27ПА*—120	Не менее 90,0 из шелковой ткани № 38 или ткани № 43ПА*—70	160
Обирная	Серовато-белый или серовато-кремовый с вкраплениями частиц оболочек зерна	1,45	—	6,0	—	2 сито № 045	Не менее 60,0 из шелковой ткани № 38 или 46ПА*—60
Обойная	Серый с частицами оболочек зерна	2,00, но не менее чем на 0,07 % ниже зольности зерна до очистки	—	—	—	2 сито № 067	Не менее 30,0 из шелковой ткани № 38 или 41/43ПА*

\*ПА — подламидная ткань.

### 3.1.1. Пшеничная мука

#### Химический состав пшеничной муки

Мука, как и зерно, в основном состоит из белков и углеводов. Это важнейшие компоненты муки, от которых зависят свойства теста и качество изделий. Химический состав муки обуславливает ее пищевую ценность и хлебопекарные свойства. Химический состав (средний) пшеничной муки зависит от состава исходного зерна и сорта муки (табл. 3.3).

#### 3.3. Химический состав пшеничной муки

Показатель	Содержание (%) в пшеничной муке (по сортам)		
	высший	первый	второй
Вода	14,0	14,0	14,0
Белки	10,3	10,6	11,6
Жиры	1,1	1,3	1,8
Ненасыщенные жирные кислоты	0,2	0,2	0,3
Моно-, дисахариды	1,6	1,8	2,2
Крахмал	68,5	66,7	62,0
Углеводы	70,6	69,0	64,8
Пищевые волокна	3,5	4,4	6,7
Зола	0,5	0,7	1,1

При помоле зерна, особенно сортовом, стремятся максимально удалить оболочки и зародыш, поэтому в муке содержится меньше клетчатки, минеральных веществ, жира и белка и больше крахмала, чем в зерне. Более высокие сорта муки получают из центральной части эндосперма, поэтому в их состав входит больше крахмала и меньше белков, сахаров, жира, минеральных солей, витаминов, которые в основном сосредоточены в его периферийных частях.

К органическим веществам пшеничной муки относятся белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, ферменты, витамины, пигменты и некоторые другие вещества; к неорганическим — минеральные вещества и вода.

Белки играют важную роль в технологии хлеба.

Содержание белков в пшеничной муке может колебаться в широких пределах (от 10 до 26 %) в зависимости от сорта пшеницы и условий ее выращивания. Белковые вещества муки в основном (на 80 %) состоят из проламинов и глютелинов. Остальные белки — это альбумины, глобулины и протеиды. Проламины и глютелины различных злаков имеют специфический состав и свойства.

Проламин пшеницы называется *глюадином*, а глютелин пшеницы — *глютелином*. Соотношение глюадина и глютелина в пшеничной муке примерно одинаковое. Глюадин и глютелин содержатся

только в эндосперме, особенно в его краевых частях, поэтому в сортовой муке их больше, чем в обойной. Ценным специфическим свойством глина и глютеина является их способность образовывать клейковину.

Клейковина образуется при отмывании пшеничного теста в воде. Клейковина содержит 65—70 % влаги и 30—35 % сухих веществ, состоящих главным образом из белков (90 %), а также других веществ муки, поглощенных белками при набухании. От количества и качества клейковины зависят хлебопекарные свойства муки. Мука содержит в среднем 20—35 % сырой клейковины. Качество клейковины характеризуется ее цветом, растяжимостью (способностью растягиваться на определенную длину) и эластичностью (способностью почти полностью восстанавливать свою форму после растягивания). В клейковине содержание минеральных веществ иное, чем в зерне, из которого она отмыта.

При отмывании клейковины некоторые минеральные вещества в ней концентрируются, например фосфор, магний, сера. Особое место занимает калий, который отличается повышенной прочностью связи с неклеяковыми веществами зерна и при отмывании почти весь остается в зерновых остатках. Общая зольность клейковины по сравнению с зерном выше. Содержание железа, цинка и меди в клейковине значительно выше, чем в зерне. Например, в зерне пшеницы железа содержится 0,26 %, в золе клейковины — 1,90 %.

Большие различия в зольности отдельных частей зерна используют для контроля выхода (по сортам) и качества пшеничной муки. По массовой доле золы в пшеничной муке можно судить о количестве периферийных частиц и зародыша, перешедших из зерна.

В составе муки преобладают углеводы. Они принимают участие в брожении теста.

В пшеничной муке содержатся различные углеводы: моносахариды (пентозы, гексозы), дисахариды (сахароза, мальтоза), полисахариды (крахмал, клетчатка, гемицеллюлозы, целлюлоза, слизи). Из простых углеводов наибольшее значение имеют гексозы — глюкоза и фруктоза. Они сбраживаются дрожжами при брожении теста и участвуют в реакции меланоидинообразования при выпечке.

Чем ниже сорт муки, тем выше в ней содержание сахаров. Общее содержание сахаров в пшеничной муке составляет 0,8—1,8 %. Собственные сахара муки легко сбраживаются дрожжами в первые 1,5—2 ч брожения теста, в этом заключается их технологическое значение.

Крахмал — важнейший углевод, содержание которого может достигать 80 % на СВ муки. Чем больше в муке крахмала, тем меньше в ней белков. Технологическое значение крахмала в про-

изводстве хлеба очень велико: в процессе замеса теста значительная часть добавленной воды удерживается на поверхности крахмальных зерен (особенно механически поврежденных). В процессе брожения под действием фермента  $\beta$ -амилазы часть крахмала осахаривается, превращаясь в мальтозу, необходимую для брожения теста. При выпечке хлеба крахмал клейстеризуется, связывая большую часть влаги. В клейстеризованном состоянии крахмал обладает коллоидными свойствами и вместе с клейковиной определяет консистенцию теста-хлеба, обеспечивает формирование структуры хлеба и образование сухого эластичного мякиша. Температура клейстеризации пшеничного крахмала составляет 62—65 °С.

Целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин относятся к пищевым волокнам, оказывающим значительное влияние на пищевую ценность и качество хлеба. Они содержатся главным образом в отрубях, не усваиваются организмом человека и в основном выполняют физиологические функции, выводя из организма тяжелые металлы и снижая энергетическую ценность хлеба.

Содержание этих углеводов также зависит от сорта муки. В обойной муке около 2,3 % клетчатки, а в сортовой — 0,1—0,15 %, содержание гемицеллюлоз соответственно 2,0 и 8,0 %. Клетчатка и гемицеллюлозы вследствие капиллярно-пористой структуры хорошо впитывают влагу и повышают водопоглотительную способность муки, особенно обойной. Слизи, или гумми, — коллоидные полисахариды, образующие при соединении с водой вязкие и клейкие растворы. В пшеничной муке их содержится 0,8—2,0 %, в ржаной — до 2,8 %.

Липиды — жиры и жироподобные вещества играют важную роль в физиологических и биохимических процессах. Пшеничная и ржаная мука в зависимости от сорта содержит 0,8—2,5 % жира. В состав жира входят главным образом ненасыщенные высокомолекулярные жирные кислоты. В липидах содержится большая группа жирорастворимых витаминов (А, D, E, К). При хранении муки жир легко разлагается, что может вызвать порчу муки (прогоркание).

К жироподобным веществам относятся фосфатиды (0,4—0,7 %) и другие соединения. Фосфатиды, в отличие от жиров, кроме глицерина и жирных кислот содержат фосфорную кислоту и азотистое основание.

Ферменты пшеничной муки выполняют функции регуляторов биохимических процессов. Это биологические катализаторы белковой природы, обладающие способностью ускорять течение различных биохимических реакций в полуфабрикатах хлебопекарного производства. Из большого числа ферментов, содержащихся в пшеничной муке, очень важное значение имеют протеолитические ферменты, действующие на белковые вещества, затем амилазы ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, гидролизующие крахмал,  $\alpha$ -глюкозидаза, гидролизующая мальтозу, и 3-глицерол-липаза, катализирующая расщепление липидов).

Витамины входят в состав ферментов активной своей частью. В муке содержатся многие важные витамины: тиамин ( $B_1$ ), рибофлавин ( $B_2$ ), пантотеновая кислота ( $B_3$ ), пиридоксин ( $B_6$ ), токоферол (E), ниацин (PP) и др.

Пигменты — красящие вещества муки. Наибольшее значение имеют каротиноиды, окрашивающие частицы муки в желтый и оранжевый цвет.

Влага в муке имеет большое значение при оценке ее качества, стойкости при хранении и технологического достоинства. Влага, входящая в состав муки, является активным участником всех биохимических и микробиологических процессов. Большое значение имеет критическая влажность муки — 15,0 %. Ниже этого уровня все процессы в муке протекают замедленно, и качество муки сохраняется без изменений. При повышенной влажности значительно усиливаются дыхание микроорганизмов и протекание биохимических процессов, что приводит к потере сухих веществ (СВ), самосогреванию и быстрому ухудшению качества муки.

Между влажностью муки и активностью ферментов существует тесная связь. Вода — обязательный участник ферментативных процессов. С повышением влажности муки активность ферментов возрастает. Форма и виды связи влаги с сухими веществами муки оказывают влияние на процессы, протекающие в ней, на ее сохранность, режимы переработки и пищевую ценность. Различают свободную и связанную влагу.

Под *свободной* понимают влагу, которая отличается невысокой энергией связи с тканями зерна и легко из него удаляется. Наличие свободной влаги обуславливает значительную интенсивность дыхания и биохимических процессов, которые делают муку нестойкой при хранении и приводят к ее быстрой порче и ухудшению хлебопекарных свойств.

Под *связанной* понимают влагу с высокой энергией связи с компонентами муки. Она обуславливает стойкость муки при хранении.

Связанная влага имеет ряд особенностей. По сравнению с капельно-жидкой влагой у нее более низкая температура замерзания (до  $-20^\circ\text{C}$  и ниже), более низкая удельная теплоемкость [0,07 кДж/(кг · К)], пониженная упругость пара; большая теплота испарения, низкая способность растворять твердые вещества.

Влажность, ниже которой биохимические процессы в муке резко ослабляются, а выше которой начинают интенсивно ускоряться, называют *критической*. При этом в муке появляется свободная влага, т. е. вода с пониженной энергией связи, обеспечивающая интенсификацию ферментативных процессов. Для пшеничной, ржаной и тритикалевой муки критическая влажность составляет 15 %.

*Гигроскопическая влага* — это влага, сорбированная мукой из воздуха; *равновесная* — это влага, содержание которой соответству-

ет данному сочетанию относительной влажности и температуры воздуха. Влажность муки\*, соответствующая состоянию равновесия, называют *равновесной*. На величину равновесной влажности оказывает влияние температура: при одной и той же относительной влажности воздуха более высокой температуре соответствует более низкая равновесная влажность муки, и наоборот, при снижении температуры равновесная влажность муки повышается.

Большая часть веществ, входящих в состав муки, способна к ограниченному набуханию в воде. К ним относятся большинство белковых веществ, крахмал, клетчатка, слизи и другие высокомолекулярные углеводы. Не набухают в воде и не растворяются в ней гидрофобные вещества — липиды, жирорастворимые пигменты и витамины, каротиноиды, хлорофилл и др. Часть веществ муки (сахара, свободные аминокислоты, альбумины, фосфаты, большинство левулезанов и др.) растворяется в воде. Белковые вещества, набухая, поглощают до 250 % воды, крахмал — до 35, слизи — до 800 %.

Вещества, способные к набуханию в воде, составляют в пшеничной муке высшего сорта 80 %, ржаной — 72 %.

### *Хлебопекарные свойства пшеничной муки*

Качество хлебобулочных изделий зависит от хлебопекарных свойств муки, пошедшей на их приготовление. Изделия, соответствующие стандартам и удовлетворяющие запросам потребителя, должны иметь соответствующий данному сорту внешний вид, объем и форму, окраску корки, равномерную тонкостенную пористость, эластичный незаминающийся мякиш, приятный вкус и аромат. Такой хлеб получают из муки с хорошими хлебопекарными свойствами, которые в основном обеспечиваются углеводно-амилазным и белково-протеиловым комплексами. Определенное влияние на качество хлеба оказывают цвет, способность к потемнению и крупность помола муки.

Сведения о хлебопекарных свойствах перерабатываемой муки необходимы для организации и коррекции технологического процесса производства хлебобулочных изделий.

Кроме показателей качества, нормируемых ГОСТ Р 52189-03, достоинство муки оценивают по ее хлебопекарным свойствам (рис. 3.1).

**Газообразующая способность муки.** Обусловлена содержанием собственных сахаров в ней и ее сахарообразующей способностью. Под *газообразующей способностью* понимают объем диоксида угле-

---

\*В связи с тем что в учебной технической литературе, нормативной документации в пищевой промышленности для характеристики сырья и готовой продукции использовали как термин «влажность», так и «массовая доля влаги» и до сих пор отсутствуют четкие критерии к употреблению того или иного термина, здесь и далее по всей книге авторы употребляют их в зависимости от контекста.



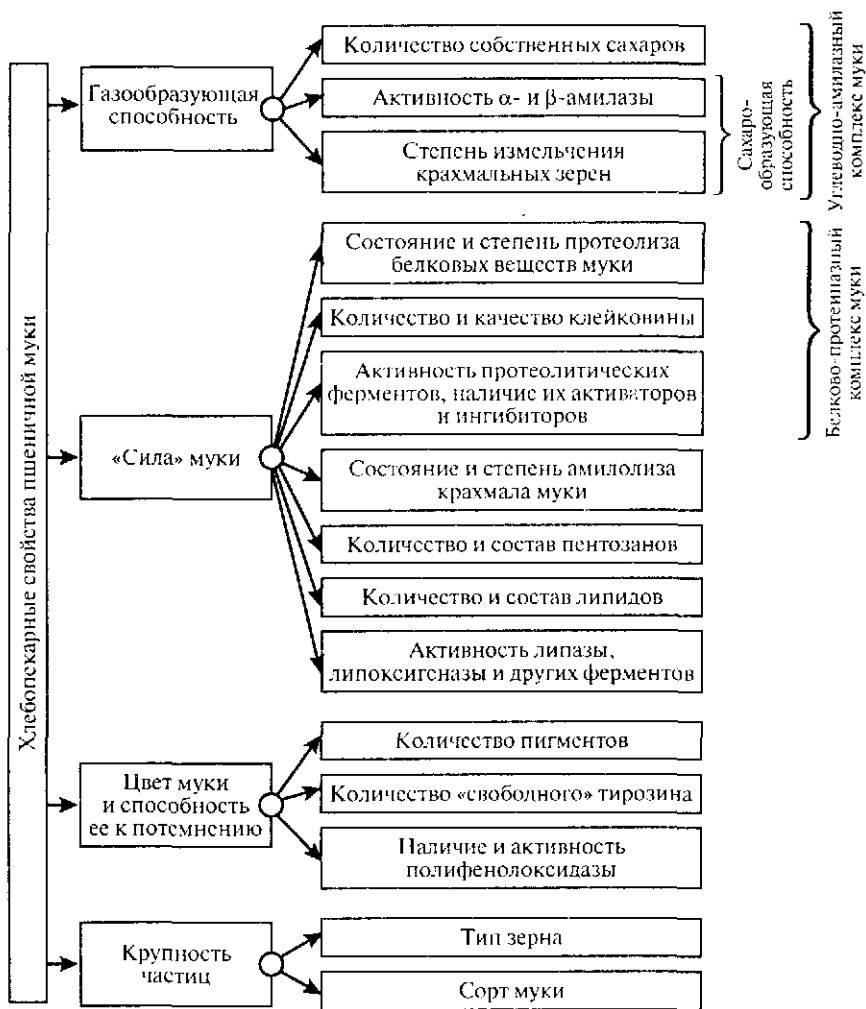


Рис. 3.1. Хлебопекарные свойства пшеничной муки

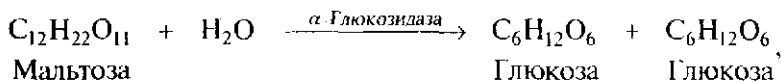
рода, образующегося за 5 ч брожения теста, замешенного из 100 г муки влажностью 14 %, 60 см<sup>3</sup> воды и 10 г хлебопекарных прессованных дрожжей при температуре 30 °С.

Собственные сахара муки представлены (% на СВ): глюкозой — 0,01—0,05; фруктозой — 0,015—0,05; мальтозой — 0,005—0,05; сахарозой — 0,1—0,55; олигосахаридами — раффинозой, мелифино-

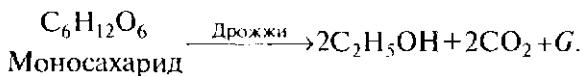
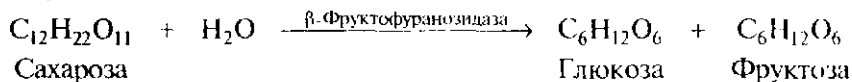
зой и глюкофруктозанами — 0,5—1,1. Общее их содержание в пшеничной муке колеблется в пределах 0,7—1,8 % на СВ.

Сахарообразующая способность характеризуется массой образовавшейся мальтозы из крахмала водно-мучной смеси, приготовленной из 10 г муки и 50 см<sup>3</sup> воды, гидролизуемого амилолитическими ферментами муки в течение 1 ч ее настаивания при 27 °С.

Мальтоза практически обеспечивает углеводное питание дрожжевым клеткам, роль которых заключается в интенсивном сбраживании моносахаров и дисахаров. Дисахара сбраживаются после их предварительного гидролиза ферментами дрожжевой клетки: α-глюкозидаза гидролизует мальтозу на две молекулы глюкозы:



а β-фруктофуранозидаза гидролизует сахарозу на глюкозу и фруктозу:



Полученные в результате гидролиза моносахара сбраживаются дрожжами до этанола и диоксида углерода с выделением теплоты G (кДж).

От содержания сбраживаемых дрожжами сахаров зависит процесс брожения пшеничных хлебопекарных полуфабрикатов при созревании. Минимальное количество сбраживаемых углеводов, необходимое на весь цикл приготовления хлеба, составляет около 6,0 % от массы СВ в муке. Часть этих сахаров сбраживается при брожении теста и в период расстойки, а другая часть (2—3 %) участвует в образовании ароматических веществ и в реакции меланоидинообразования в период выпечки.

Собственные сахара муки обеспечивают жизнедеятельность дрожжевых клеток в первые 60—90 мин брожения при общем цикле приготовления теста (опарный способ) 5—6 ч.

Дефицит сахаров покрывается мальтозой, образующейся при гидролизе крахмала β-амилазой муки. Масса накапливающейся мальтозы зависит от активности β-амилазы и физико-химических свойств зерен крахмала (соотношение амилозы и амилопектина в пшеничном крахмале 25 : 75 практически не изменяется и не сказывается на сахарообразующей способности муки). Процесс гидролиза зависит в основном от размера крахмальных зерен и степени их механического повреждения при размоле зерна. Чем мельче частицы муки, тем больше разрушены зерна крахмала, на которые

действует  $\beta$ -амилаза, и тем больше их атакуемость ферментом. Сахарообразующая способность пшеничной муки, полученной из зерна нормального качества, зависит главным образом от атакующести крахмала  $\beta$ -амилазой.

Крахмал — основной источник образования сахаров ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, состоит из амилозы и амилопектина.

$\beta$ -Амилаза, действуя на амилозу, гидролизует ее до мальтозы (рис. 3.2). Этот процесс начинается с нередуцирующего конца цепочки амилозы до полного превращения ее в мальтозу. Если молекула амилозы содержит четное число глюкозидных остатков, то она расщепляется практически на 100 %, если же содержит нечетное число молекул глюкозы, то остатком служит молекула мальтотриозы.

Амилопектин гидролизуется частично на прямолинейных участках разветвленной цепи с нередуцирующего конца с образованием мальтозы (см. рис. 3.2). В местах ветвления глюкозидные участки связываются  $\alpha$ -1,6-глюкозидными связями, которые  $\beta$ -амилазой не разрываются. Действие фермента прекращается около второго или третьего глюкозидного остатка, примыкающего к  $\alpha$ -1,6-глюкозидной связи. Таким образом, при действии  $\beta$ -амилазы на крахмал образуется мальтоза, некоторое количество глюкозы и накапливается непрогидролизованный  $\beta$ -амилодекстрин, содержащий все без исключения  $\alpha$ -1,6-связи. Амилопектин расщепляется  $\beta$ -амилазой на 50 %. Так как в пшеничном крахмале соотношение амилозы и амилопектина составляет 25 : 75, то эти составляющие крахмала осахариваются  $\beta$ -амилазой на 60 %, а 40 % остаются в виде конечного  $\beta$ -амилодекстрина. У муки, полученной из проросшего зерна, в котором кроме  $\beta$ -амилазы в активном состоянии содержится  $\alpha$ -амилаза (декстриногенный фермент), сахарообразующая способность резко увеличивается.

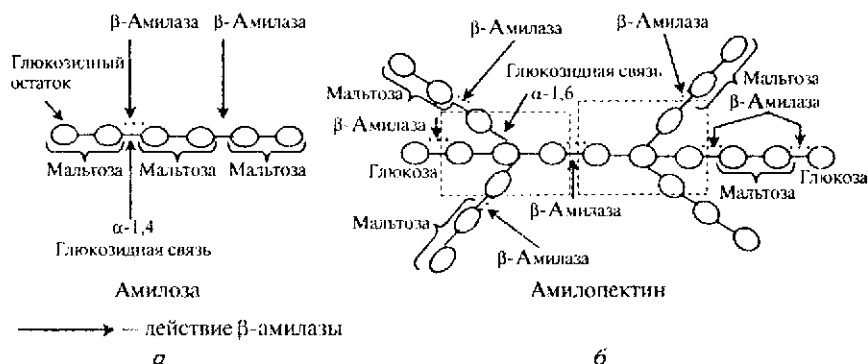


Рис. 3.2. Действие  $\beta$ -амилазы на амилозу (а) и амилопектин (б)

$\beta$ -Амилаза является экзоферментом, расщепляющим  $\alpha$ -1,4-глюкозидные связи в молекуле крахмала (рис. 3.3). Она слабо действует на нативный крахмал. Это свидетельствует о сложном процессе образования комплекса  $\beta$ -амилаза—крахмал и превращения его в продукты реакции. При действии  $\beta$ -амилазы на декстрины массовая доля образовавшейся мальтозы в 335 раз превышает ее количество по сравнению с гидролизом нативного крахмала.

$\alpha$ -Амилаза действует на  $\alpha$ -1,4-связи амилопектина хаотично, беспорядочно, с отщеплением 6—8 глюкозидных остатков, называемых *нормальными  $\alpha$ -декстринами*, и небольшого количества мальтозы и глюкозы. Непрогидролизанный остаток составляет 5,8 % и состоит из конечных декстринов, содержащих в основном  $\alpha$ -1,6-глюкозидные связи. В результате их последующего гидролиза накапливаются мальтоза, мальтотриоза и глюкоза. Расщепление  $\alpha$ -1,4-глюкозидных связей в амилозе носит случайный характер и подчиняется закону статического распределения продуктов реакции. При действии  $\alpha$ -амилазы осуществляется множественная атака на субстрат (рис. 3.4).

Максимальное осахаривание крахмала (до 94,2 %) происходит при одновременном действии  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз в интервале pH 6,0—5,0.

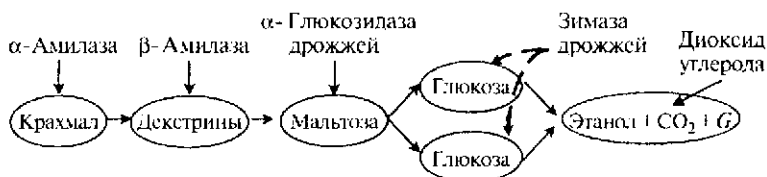


Рис. 3.3. Стадии расщепления крахмала под воздействием ферментов муки и дрожжей

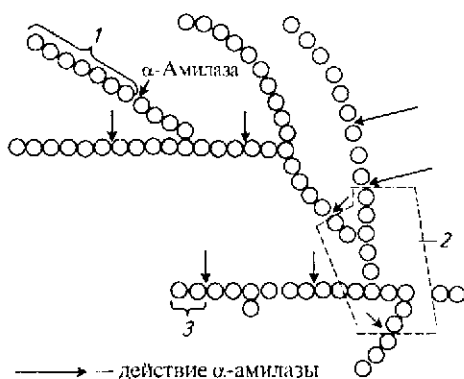


Рис. 3.4. Действие  $\alpha$ -амилазы на амилопектин:

1 — нормальный  $\alpha$ -декстрин; 2 — конечный  $\alpha$ -декстрин; 3 — мальтоза

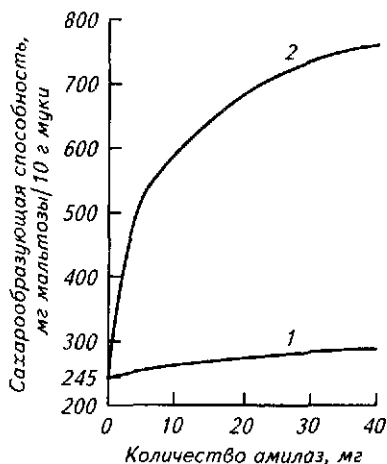


Рис. 3.5. Изменение сахарообразующей способности пшеничной муки в зависимости от внесенных дополнительно β-амилазы (1) и α-амилазы (2)

Если в муку добавить β-амилазу (рис. 3.5, кривая 1), то ее сахарообразующая способность увеличивается незначительно (исходное значение составляло 245 мг мальтозы/10 г муки). Это свидетельствует о том, что в нормальной муке β-амилаза находится в избытке. При добавлении α-амилазы (1 мг препарата/5 г СВ муки) в том же количестве, что и β-амилазы, в несколько раз увеличивается сахарообразующая способность муки, возрастающая пропорционально дозе ферментного препарата (рис. 3.5, кривая 2). Это объясняется тем, что α-амилаза гидролизует крахмал на низкомолекулярные декстрины, что существенно увеличивает число точек для действия β-амилазы и превращения декстринов в мальтозу. Мука из проросшего зерна имеет резко повышенную сахарообразующую способность за счет активной α-амилазы.

В нормальной пшеничной муке в результате связывания α-амилазы с белками и дубильными веществами происходит блокирование ее активности.

Поэтому сахарообразующая способность нормальной пшеничной муки обусловлена атакуемостью ее крахмала β-амилазой, а муки из проросшего зерна — предопределена содержанием и активностью α-амилазы.

α- и β-Амилазы существенно различаются по своему отношению к рН среды; α-амилаза более чувствительна к снижению активной кислотности (рис. 3.6).

В процессе брожения теста, приготовленного из муки, полученной из проросшего зерна, в нем накапливаются декстрины, придающие мякишу хлеба липкость, недостаточную эластичность, заминаемость, низкую пористость и неприятный вкус. Поскольку α-амилаза чувствительна к повышению кислотности и резко понижает при этом свою активность, тесто из муки, полученной из проросшего зерна, замешивают на жидких дрожжах или на заквас-

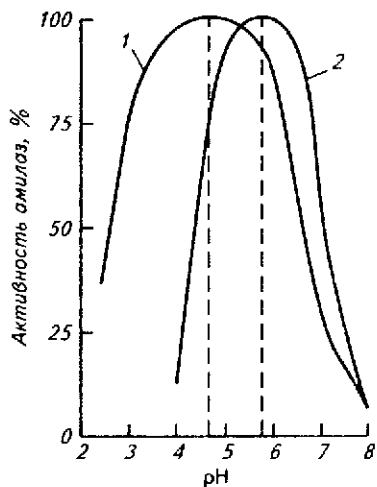


Рис. 3.6. Влияние pH на активность β-амилазы (1) и α-амилазы (2) проросшего зерна

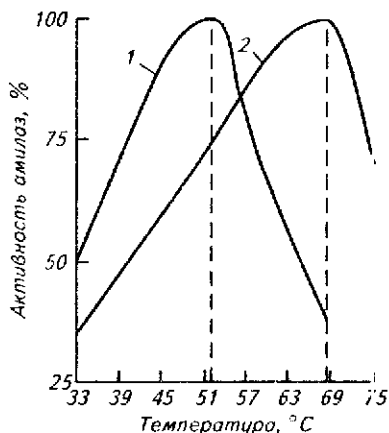
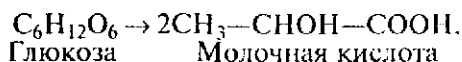


Рис. 3.7. Влияние температуры на активность β-амилазы (1) и α-амилазы (2) проросшего зерна

ке. Такой прием обеспечивает снижение pH полуфабриката в начале брожения и накопление в тесте повышенного количества молочной кислоты. Метаболизм молочнокислых гомоферментативных бактерий сопровождается сбраживанием глюкозы:



Молочная кислота ингибирует α-амилазу, и доля декстринов в полуфабрикате резко снижается.

α- и β-Амилазы различаются по термостабильности и температурному оптимуму действия. α-Амилаза более устойчива к повышенным температурам. Ее температурный оптимум (рис. 3.7) выше, чем у β-амилазы, и она инактивируется при более высокой температуре.

В тесте из пшеничной муки первого сорта, приготовленном на хлебопекарных прессованных дрожжах (pH 5,9), β-амилаза наиболее активна при 62–64 °С, а α-амилаза — при 70–74 °С. Полная инактивация β-амилазы происходит при 82–84 °С, а α-амилаза сохраняет некоторую активность даже при 97–98 °С. Мякиш хлеба, выпеченный из этого теста, содержал α-амилазу, которая имела некоторую активность.

При активной кислотности теста pH 4,3 и температуре 71 °С α-амилаза полностью инактивируется.

Для пшеничной муки первого и высшего сортов норма газообразующей способности за 5 ч брожения теста составляет 1300–

1600 см<sup>3</sup> СО<sub>2</sub>. При газообразующей способности, равной 1300 см<sup>3</sup> СО<sub>2</sub> и ниже, мука обладает низкой газообразующей способностью; при объеме СО<sub>2</sub> более 1600 см<sup>3</sup> — высокой. При низкой газообразующей способности муки изделие будет иметь бледноокрашенную корку, плотный непропеченный мякиш, низкую пористость, слабый аромат и пресный вкус; при высокой — яркоокрашенную корку; заминающийся, липкий мякиш, солодовый вкус и запах.

От газообразующей способности муки зависят процесс брожения дрожжевого пшеничного теста, окраска корки, вкус и аромат изделий и их пористость.

При низкой газообразующей способности пшеничной муки высшего и первого сортов изделия, в рецептуру которых не входит сахар, в период расстойки и выпечки будут иметь пониженный объем, бледноокрашенную корку, плохо разрыхленный мякиш с невыраженным ароматом, так как сахара муки будут сброжены в первые часы брожения теста.

В пшеничной муке второго сорта и обойной газообразующая способность всегда достаточная, так как амилотический ферментный комплекс в такой муке представлен как α-, так и β-амилазами.

Переработка муки с отклонениями от нормальных хлебопекарных свойств требует коррекции технологического цикла.

Хлеб из хлебопекарной пшеничной муки будет иметь цвет корки от светло-желтого до коричневого, если массовая доля сахаров в тесте к моменту выпечки составляет 2—3 % на СВ.

Для определения газообразующей способности муки используют различные приборы, которые измеряют объем выделившегося диоксида углерода в кубических сантиметрах или давление, создаваемое этим газом.

**«Сила» муки.** Под «силой» пшеничной муки понимают способность ее образовывать тесто с определенными реологическими свойствами: упругостью, эластичностью, пластичностью, вязкостью и степенью разжижения.

По «силе» муку делят на сильную, среднюю и слабую.

«Сильная» мука при замесе теста поглощает воды больше расчетного количества и дает тесто нормальной консистенции. Такое тесто имеет хорошую газодерживающую способность, оно легко обрабатывается на машинах, «сухое» на ощупь, способно удерживать СО<sub>2</sub> и сохранять форму в процессе расстойки и в первый период выпечки.

Очень «сильная» мука дает малый объем изделий, поэтому ее перерабатывают в смеси со «слабой».

«Слабая» мука обладает низкой водопоглощательной способностью, поэтому количество воды, необходимое на замес теста, которое получено расчетным путем, необходимо уменьшить. В процессе замеса и брожения тесто из такой муки имеет низкие показатели, оно разжижается, мажется, дает продукцию небольшого объема, сильно расплывчатую. Газодерживающая и формоудерживающая

способность теста из такой муки недостаточная, мякиш хлеба плохо разрыхлен, неэластичен, имеет неравномерную пористость.

«Сила» муки зависит от исходного состояния белков и степени их протеолиза в процессе созревания зерна и муки. «Сила» муки обусловлена в основном состоянием ее белково-протеинального комплекса.

В белково-протеинальный комплекс муки входят белковые вещества, протеолитические ферменты, активаторы и ингибиторы протеолиза.

Белковые вещества муки (глиадин и глютеин), нерастворимые в воде и солевых растворах, в присутствии воды при замесе и брожении теста (отлежке) способны интенсивно набухать, образуя связную, упругую, пластичную, способную к растяжению массу — клейковину.

Одним из главных факторов, характеризующих «силу» пшеничной муки, являются свойства клейковины. Для получения хлеба высокого качества клейковина должна быть эластичной, упругой, со средней растяжимостью (I и II классов). Чрезмерно упругая, неэластичная (сильная) клейковина приобретает оптимальные свойства только после длительной отлежки. Легко растяжимая клейковина при отлежке быстро расплывается, превращаясь в липкую массу. Хлеб из муки со слабой клейковиной характеризуется низкой пористостью, небольшим объемом, а подовый — расплывчатой формой.

Массовая доля и качество клейковины зависят от сортовых особенностей зерна, условий его произрастания, режима сушки и кондиционирования, продолжительности и условий хранения.

Масса сырой клейковины в муке разных партий колеблется в широких пределах: от 15 до 55 %. Кроме того, масса сырой клейковины зависит от степени гидратации клейковинных белков: глиадина и глютеина.

Гидрофильность (способность связывать воду) клейковины достигает максимума при 30 °С. Содержание воды в сырой клейковине колеблется от 150 до 250 % к массе сухих веществ. В отмытой из пшеничного теста клейковине содержится 65—70 % воды. Сухое вещество клейковины на 75—90 % состоит из белка, остальное количество (10—25 %) — из углеводов, липидов, минеральных веществ, ферментов и витаминов. В химическое соединение с клейковинными белками вступают сахара и липиды, остальные вещества лишь адсорбируются ими.

Гидрофильность клейковинных белков зависит от плотности и прочности «упаковки» их третичной и четвертичной структуры, обусловленной наличием водородных, ковалентных и иных связей, нативным соотношением SH-групп и дисульфидных —S—S—связей. При преимущественном наличии —S—S—связей структура клейковинных белков плотнее и прочнее, поэтому доля поглощенной и связанной воды внутри структуры меньше, а сила клейковины больше.



Белки зерна пшеницы и клейковины пшеничной муки способны адсорбировать некоторые ферменты —  $\beta$ -амилазу, протеиназу, полифенолоксидазу (*o*-дифенолоксидазу), каталазу и поэтому могут обладать каталитической активностью.

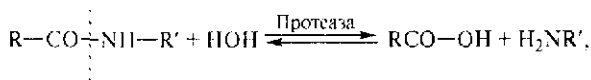
Клейковинные белки сосредоточены в эндосперме зерна пшеницы, поэтому в пшеничной сортовой муке их доля значительно выше, чем в муке высоких выходов (обойной и второго сорта).

Влагосмкость и гидрофильность белков зависит от наличия гидрофильных групп, расположенных на поверхности белковой глобулы и притягивающих к себе дипольные молекулы воды. К таким группам относят пептидную связь  $-\text{CO}-\text{NH}-$  (связывает одну молекулу воды), аминную группу  $-\text{NH}_2$  (связывает одну молекулу воды), карбоксильную группу  $-\text{COOH}$  (связывает четыре молекулы воды) и т. д.

Молекулы воды вблизи поверхности белковой молекулы строго ориентированы, а по мере удаления от нее их расположение становится все более беспорядочным. Водная оболочка вокруг белковой молекулы препятствует осаждению белка, повышает устойчивость белковых растворов.

Гидрофильные свойства белков имеют большое значение при выработке хлебобулочных изделий и являются одним из важных признаков, характеризующих «силу» муки.

Протеолитические ферменты (протеазы) — ферменты, катализирующие реакции гидролиза белка и полипептидов по пептидной связи  $-\text{CO}-\text{NH}-$ , при этом конечным продуктом гидролиза являются аминокислоты:



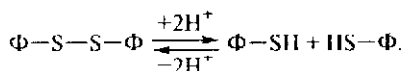
где R и R' — остатки аминокислот, ди- или полипептидов.

Протеазы разделяют на пептидазы и протейназы. Первые из них катализируют гидролитическое расщепление полипептидов и дипептидов, вторые могут осуществлять гидролиз пептидных связей в белках и в пептидах.

*Протеиназы* зерна и муки принадлежат к ферментам типа папаиназ. Оптимум их действия находится в зоне pH 4,0—5,5 и температуры 45 °С. В зависимости от условий среды эти параметры могут меняться. В муке, смолотой из нормального зерна, протеиназы обладают очень слабой активностью. При прорастании зерна активность протеиназы резко возрастает, увеличиваясь за 8 сут в 40 раз, что обусловлено превращением зимогена — неактивной формы фермента под влиянием активатора глутатиона, содержащегося в зародыше, в активный фермент и индуцированием ферментов. Протеолитические ферменты проросшего пшеничного зерна содержат протеиназу с оптимумом действия в зоне

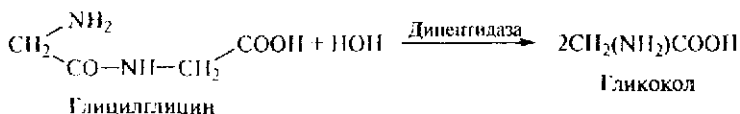


имеется равновесная система, состоящая из восстановленного и окисленного фермента (Ф), которая способна к смещению в сторону преобладания дисульфидных связей при окислительном воздействии (окисленный фермент), и наоборот, при воздействии веществ, обладающих восстановительными свойствами, происходит присоединение иона водорода и смещение равновесия в сторону SH-групп.



Гидролитически активной формой является именно восстановленная форма. Следовательно, окисление протеиназ приводит к снижению или полному ингибированию их гидролитической активности.

Дипептидаза катализирует гидролитическое расщепление дипептидов на свободные аминокислоты:



Протеолитические ферменты всегда содержатся в зерне пшеницы и пшеничной муке, однако протеолиз в тесте из муки разных партий протекает различно. Податливость белков воздействию ферментов зависит от вида и сорта пшеницы, климатических условий ее произрастания, режимов сушки и кондиционирования зерна, продолжительности и условий его хранения и др. Каждый из этих факторов влияет на структуру белковой макромолекулы и на ее атакуемость.

К ингибиторам протеолитических ферментов пшеничной муки относятся соединения окислительного действия, и прежде всего кислород (в том числе кислород воздуха). Особенно заметно его окислительное воздействие на белково-протеиназный комплекс при аэрации муки. Действие протеиназ ингибируют аскорбиновая кислота, бромат калия ( $\text{KBrO}_3$ ), иодат калия ( $\text{KIO}_3$ ), пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), кислород ( $\text{O}_2$ ), пероксид кальция ( $\text{CaO}_2$ ), азодикар-

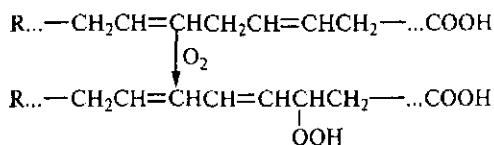
бонамид ( $\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}=\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$ ), персульфат аммония  $\{(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8\}$  и др. К естественным ингибиторам протеолиза белковых веществ, обладающим большой окислительной активностью, кроме кислорода воздуха относятся пероксиды и гидропероксиды, которые образуются под действием фермента липоксигеназы муки на ненасыщенные жирные кислоты муки.

При действии окислителей на SH-группы последние окисляются с образованием дисульфидных  $-\text{S}-\text{S}-$ связей, которые упрочняют

внутримолекулярную структуру белка, делают ее более упругой и жесткой. Чем больше полярных связей, в частности дисульфидных, между витками и складками белковой глобулы, тем плотнее структура белка и тем выше «сила» пшеничной муки. Дисульфидные связи могут соединять между собой отдельные пептидные цепи подобно тому, как они соединяют две полипептидные цепочки в молекуле окисленного глутатиона. Разрыв —S—S—связей при наличии восстановителей ослабляет структуру глобулы белка, делает ее более рыхлой, подвижной, и активаторы и ингибиторы протеолиза действуют на составляющие белково-протеиназного комплекса, меняя нативное соотношение групп —SH и —S—S—связей в белковых веществах и протеиназах. К естественным активаторам протеолиза относится трипептид глутатион, содержащийся в муке, дрожжах и тесте.

На «силу» пшеничной муки оказывают влияние также другие компоненты муки и отдельные факторы.

В зерне пшеницы и муке кроме указанных ферментов содержится цистинредуктаза и глутатионредуктаза, которые являются дисульфидредуктазами. Их наличие в муке также оказывает влияние на число —SH-групп в белках, а следовательно, и на их ферментативную атакуемость, структуру, физические свойства. Фермент липоксигеназа содержится в зерне и муке. Фермент катализирует окисление кислородом воздуха некоторых высокомолекулярных жирных кислот — линолевой, линоленовой, арахидоновой и образуемых ими сложных эфиров. В результате возникают гидропероксиды этих кислот:

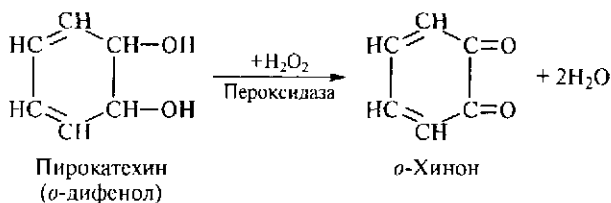


Определенная роль в придании белкам «сильной» пшеницы компактной и прочной структуры и специфических реологических свойств принадлежит ферментам каталазе, пероксидазе и аскорбиноксидазе.

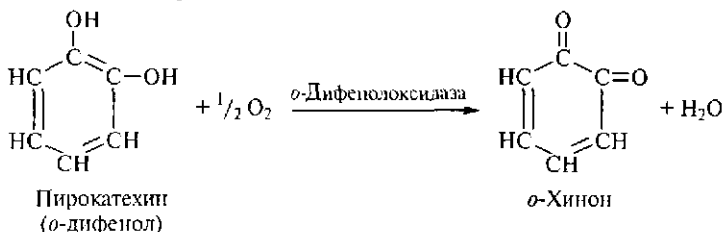
Будучи сильными окислителями, они окисляют новые молекулы жирных кислот, а также каротиноиды, ксантофиллы, хлорофилл, аскорбиновую кислоту, аминокислоты. При окислении SH-групп аминокислот белка последний укрепляется, что сказывается на свойствах клейковины.

Каталаза катализирует реакции, в которых участвует пероксид водорода, распадающийся на воду и молекулярный кислород, ингибируется фторидами и относится к гидропероксидазам. Выступает в качестве регулятора процессов окисления. Фермент локализуется во внешних частях зерна пшеницы.

Пероксидаза катализирует окисление с помощью пероксида водорода или органических пероксидов. Вместе с  $H_2O_2$  образует комплексное соединение, способное действовать как акцептор водорода, окисляя фенолы, амины, аскорбиновую кислоту и другие гетероциклические соединения.

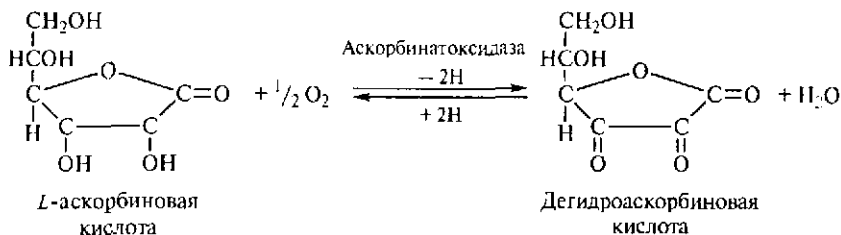


Примером реакции, катализируемой *o*-дифенолоксидазой, служит окисление пирокатехина в хинон:



Система *o*-дифенолоксидазы (*o*-дифенол :  $O_2$ -оксидоредуктаза), полифенолов и соответствующих хинонов окисляет аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую, которая является окислителем SH-групп.

При действии фермента аскорбинатоксидазы на *L*-аскорбиновую кислоту образуется ее окисленная форма — дегидроаскорбиновая кислота:



При pH 6,0 происходит разрушение дегидроаскорбиновой кислоты, а при pH 4,6 — необратимо утрачивается активность фермента аскорбиноксидазы.

На структуру белковых веществ муки оказывают влияние и гликопротеиды — соединения белка с восстанавливающими сахарами. За счет образования в третичной и четвертичной структурах белка дополнительных связей-мостиков гликопротеиды упрочняют глобулу белкового вещества.

Липопротеиды — соединения липидов с белками также играют определенную роль в упрочении клейковины.

Крахмал,  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы. Наличие крахмала в муке, его состояние и свойства, наличие и активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз оказывают определенное влияние на «силу» пшеничной муки. Чем больше в зерне и муке крахмала, тем меньше белковых веществ и тем «слабее» мука. Чем мельче зерна крахмала, тем больше их удельная поверхность и масса воды, которая будет ими адсорбционно связываться при образовании теста нормальной консистенции.

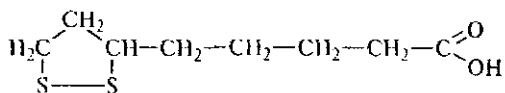
Значительное влияние на «силу» пшеничной муки оказывает степень измельчения крахмальных зерен. Чрезмерно измельченные зерна крахмала быстрее гидролизуются, поэтому тесто разжижается сильнее. При использовании проросшего зерна протеолитические ферменты способствуют высвобождению связанной с белками  $\alpha$ -амилазы. В результате ее действия на крахмал накапливаются продукты гидролиза — декстрины, вызывающие разжижение теста: высокомолекулярные — амилодекстрины, окрашивающиеся раствором иода в фиолетово-синий цвет, среднемолекулярные — эритродекстрины, окрашивающиеся иодом в красно-бурый цвет, низкомолекулярные — ахродекстрины, не окрашивающиеся иодом; мальтодекстрины не дают реакции с иодом.

Водорастворимые пентозаны (слизи). *Пентозаны* — высокомолекулярные полисахариды, которые состоят из ксилозы и арабинозы. Содержание пентозанов в пшеничной муке зависит от ее выхода при помоле. Чем больше выход муки, тем выше в ней содержание пентозанов. Около 24 % пентозанов пшеничной муки являются водорастворимыми. Они влияют на физические свойства теста: его структурные изменения при созревании и в период расстойки, так как значительно повышают вязкость теста.

Нерастворимые в воде пентозаны способны к интенсивному набуханию в воде, связывая свободную влагу. Слизи снижают атакуемость крахмала амилазами муки и скорость его клейстеризации.

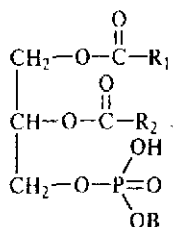
Липиды. Для жирнокислотного состава липидов зерна пшеницы и пшеничной муки характерно наличие полиненасыщенных жирных кислот, представленных в основном линолевой кислотой и небольшим количеством линоленовой. Их доля от общего содержания жирных кислот в пшеничной хлебопекарной муке высшего сорта составляет 67,1 %, в обойной — 61,7 %.

В пшеничной муке содержится липоевая (тиоктовая) кислота, представляющая собой циклический дисульфид, имеющий следующее строение:

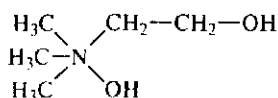


Липоевая (тиоктовая) кислота также оказывает влияние на «силу» пшеничной муки.

Определенная роль в стабилизации свойств белка отводится фосфатидам. Фосфатида, так же как и жиры, являются глицеридами, т. е. сложными эфирами глицерина и жирных кислот. От жиров они отличаются тем, что содержат фосфорную кислоту и связанное с ней азотистое основание. Ниже приведена общая формула фосфатидов:



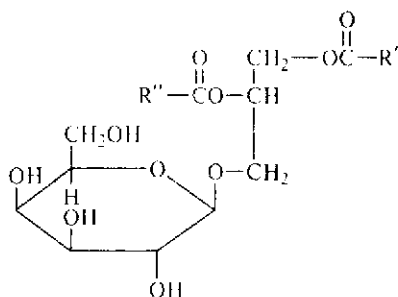
где  $\text{OCR}_1$  и  $\text{OCR}_2$  — остатки жирных кислот — линолевой, линолсеновой, пальмитиновой, стеариновой и т. д.; В — остаток азотистого основания; холин — производное гидрата оксида аммония  $\text{NH}_4\text{OH}$ , в котором три водородных атома замещены метильными группами  $\text{---CH}_3$ , а четвертый — остатком этанола:



Основную часть фосфатидов зерна и муки составляет лизитин — вещество, состоящее из остатков глицерина, жирных кислот, фосфорной кислоты и холина — фосфатидилхолина. Значительно меньшую часть фосфатидов зерна составляют другие фосфолипиды — фосфатидная кислота, фосфатидилсерин, фосфатидилинозит, лизофосфатидилхолин и др.

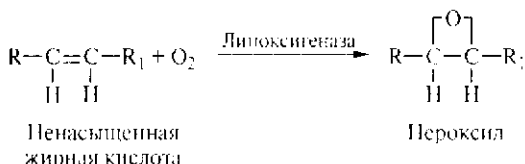
При замесе теста происходит связывание фосфолипидов путем образования липопротеиновых комплексов или соединений с белками муки, особенно с их глютелиновой фракцией. Этим объясняются специфические структурно-механические свойства, присущие клейковине пшеничной муки.

Определенное влияние на «силу» пшеничной муки могут оказывать гликолипиды, в частности галактозилдиацилглицерол



Последние гидрофильными связями соединяются с глиадиновой фракцией клейковины, а гидрофобными — с глютелиновой фракцией. Образующийся комплекс глиадин—гликолипид—глютелин обуславливает газоудерживающую способность в тесте.

Липаза, линоксигеназа и другие ферменты. Преобладание линолевой и линоленовой кислот и их влияние на «силу» муки связаны с наличием ферментов липазы и липоксигеназы. Липаза вызывает гидролиз части триглицеридов с образованием глицерина и свободных жирных кислот, в том числе и полиненасыщенных. Липоксигеназа (липолат : O<sub>2</sub>-оксидоредуктаза) катализирует окисление cis-форм ненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой) молекулярным кислородом воздуха, превращая их в пероксиды.



Гидропероксиды образуются из промежуточных свободных радикалов, полученных в результате дегидрирования водородного атома от α-метиленовой группы и миграции двойных связей. Наряду с гидропероксидами в процессе окисления липоксигеназой образуются высшие оксикислоты, оксикислоты с эпокси группой и триоксикислоты, которые являются активными окислителями. При этом липоксигеназа действует на двойные связи как свободных ненасыщенных жирных кислот, так и связанных, когда они входят в состав триглицеридов — жиров. Активность липоксигеназы максимальна при температуре 30—40 °С и pH 5,0—5,5.

Образующиеся при действии липоксигеназы на ненасыщенные жирные кислоты муки пероксиды окисляют SH-группы протеоли-



тических ферментов, трипептида глутатиона и остатков аминокислоты цистеина в полипептидных цепочках белковых глобул. В результате упрочняются и уплотняются третичная и четвертичная структуры белка и снижается его атакующесть протеиназами. Окисление SH-групп этих ферментов и активатора протеолиза глутатиона муки также снижает интенсивность протеолиза.

Пероксиды окисляют и другие компоненты муки — углеводы и витамины и ряд аминокислот (аланин, гликол и лейцин). Такое действие вызвано превращением пероксидов в пероксид-радикалы — весьма реакционноспособные реагенты. Особенно интенсивно переход пероксидов в пероксид-радикалы протекает в присутствии ионов металлов.

Интенсивность действия липоксигеназы зависит от наличия в реакционной среде активаторов — полипептидов, поверхностно-активных веществ, нейтральных солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) и ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

В результате действия продуктов окисления жира белок упрочняется, его структура делается более жесткой и атакующесть протеиназой снижается, поэтому в процессе созревания пшеничная мука становится более «сильной», способной образовывать тесто с лучшими физическими свойствами.

Активность липоксигеназы пшеничной муки — один из показателей ее хлебопекарных свойств, так как физические свойства теста и объемный выход хлеба четко коррелируют с активностью липоксигеназы.

Пшеничная мука с высокими хлебопекарными свойствами содержит более активную липоксигеназу, чем со средними.

«Сила» муки влияет на газодерживающую способность теста и в комплексе с газообразующей способностью определяет объем хлеба, величину и структуру пористости мякиша. Хлеб из очень «сильной» муки имеет пониженный объем из-за резко повышенного сопротивления клейковинного каркаса теста растяжению под давлением увеличивающихся в объеме пузырьков  $\text{CO}_2$ . Ход технологического процесса регулируют путем усиленной механической обработки теста, повышения температуры процесса, введением больших количеств воды или добавлением ферментных препаратов, обеспечивающих регулируемый протеолиз клейковинных белков в тесте, смешиванием «сильной» муки со «слабой» или средней.

При выработке полового хлеба важным свойством теста является его формоудерживающая способность, обуславливающая степень его расплываемости при расстойке, а в готовом изделии — отношение высоты к диаметру ( $H: D$ ).

При производстве хлеба из «слабой» муки рекомендуется смешивать ее с мукой со средней или «сильной» клейковиной, применять улучшители, оказывающие окислительный эффект, снижать температуру хлебопекарных полуфабрикатов на  $2-4^\circ\text{C}$  и их влажность на  $1-2\%$ , повышать температуру в первый период выпечки.

Для определения «силы» пшеничной муки предусматривают определение массы и качества клейковины, реологических свойств теста из исследуемой муки, набухаемости муки в растворе органических кислот, делают пробные выпечки и т. д. «Силу» зерна пшеницы и пшеничной муки в соответствии с ГОСТ 27839—88 оценивают в производственных условиях по массовой доле и качеству клейковины, по международным стандартам (ИСО 5531, ИСО 6645 и ИСО 5531—4) — по содержанию сырой (ГОСТ 28796—90 и ИСО 5531—78) и сухой (ГОСТ 28797—90 и ИСО 6645—81) клейковины и по определению реологических свойств теста на альвеографе «Chopin» (ИСО 5530—4 и ГОСТ Р 51425—99), на валориграфе или фаринографе «Brabender», по изменению упругой деформации клейковины на приборах ИДК (ИДК-1, ИДК-2). Классификация клейковины пшеничной муки, свойства которой в соответствии с ГОСТ 27839—88 определяют на ИДК, приведена в табл. 3.4.

**3.4. Классификация клейковины в зависимости от показаний прибора ИДК (по ГОСТ 27839—88)**

Группа качества	Характеристика клейковины	Показания прибора ИДК, усл. единицы			
		Хлебопекарная мука сорта		Макаронная мука высшего и первого сортов из пшеницы	
		обойная, первого, высшего	второго	твердой	мягкой
1	Хорошая	От 55 до 75	От 55 до 75	От 50 до 80	От 50 до 75
2	Удовлетворительная:				
	крепкая	От 35 до 50	От 40 до 50	—	—
	слабая	От 80 до 100	От 80 до 100	От 85 до 105	От 80 до 100
3	Неудовлетворительная:				
	крепкая	От 0 до 30	От 0 до 35	—	—
	слабая	От 105 и более	От 105 и более	От 110 и более	От 105 и более

Для характеристики «силы» пшеничной муки может быть использован седиментационный метод, учитывающий увеличение объема частиц муки, набухающих в водных растворах молочной, уксусной или других органических кислот. Чем больше в зерне или муке белка и клейковины и чем лучше клейковина по своим структурно-механическим свойствам, тем больше объем частиц муки. Метод может быть использован только для муки с зольностью не выше 0,6 %, т. е. он неприменим для муки второго сорта и обойной.

Существуют и другие способы определения «силы» пшеничной муки, изложенные в специальных руководствах.

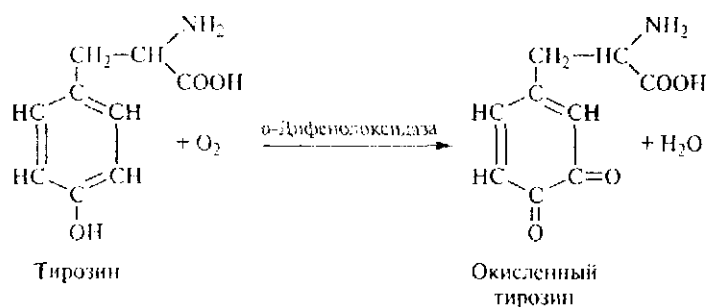
**Цвет муки и способность ее к потемнению.** Цвет сортовой пшеничной муки определяет цвет мякиша готового изделия и зависит

от соотношения в ней частиц эндосперма, оболочек зерна, а также цветности самого эндосперма. В оболочечных частицах зерна содержится зеленый пигмент — хлорофилл, желтые пигменты — каротин и ксантофилл.

В некоторых случаях светлая мука дает хлеб с темным мякишем, что обусловлено повышенной активностью фермента муки — полифенолоксидазы и достаточным содержанием свободной моноаминомонокарбоновой аминокислоты — тирозина ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -гидроксифенилпропионовая кислота).

*o*-Дифенолоксидаза относится к классу оксидоредуктаз, действующих на *o*-дифенолы, а также на полифенолы, дубильные вещества, монофенолы (в частности, на тирозин) и для которых активатором водорода служит молекулярный кислород.

*o*-Дифенолоксидаза окисляет монофенолы (тирозин) по следующему уравнению:



Дальнейшее окисление хинонов и полимеризация продуктов окисления приводят к образованию темноокрашенных веществ — меланинов.

**Меланины** — фенольные полимеры, строение которых до конца не выяснено. Так как меланины окрашены в черный или коричнево-черный цвет, возникает потемнение мякиша готового хлеба. При оценке хлебопекарных свойств пшеничной муки определяют не только ее цвет, но и способность ее к потемнению в процессе переработки. Повышенная способность к потемнению отмечена у муки, смолотой из проросшего, поврежденного клопом-черепашкой зерна.

Цвет муки определяют органолептически по «сухой» и «мокрой» пробе путем сравнения с эталоном муки исследуемого сорта (ГОСТ 27558—87) или по показателю белизны на фотоэлектроколориметре РЗ-БПЛ и др., основанных на измерении отражательной способности муки (ГОСТ 26361—84 и ИУС 11—90).

**Крупность частиц.** Одним из определяющих хлебопекарных свойств муки, от которого зависит пищевая ценность готового изделия, его выход и показатели качества, определяемые свойствами

теста, интенсивностью протекания в нем биохимических и коллоидных процессов, является *крупность частиц*.

В муке пшеничной высшего и первого сортов более 50 % частиц имеют размеры менее 45 мкм, а остальные — от 45 до 190 мкм; в муке второго сорта и обойной — около 67 % частиц имеют размеры более 200 мкм, 15 % — около 60 мкм, остальные менее 60 мкм.

Размеры частиц муки зависят от стекловидности зерна пшеницы: у муки из мягких сортов пшеницы частицы несколько меньше, чем у муки из твердых сортов. При размоле зерен твердых сортов пшеницы число повреждаемых крахмальных зерен выше, чем при размоле мягких. Поэтому сахарообразующая способность муки из твердых сортов пшеницы выше, несмотря на несколько больший средний размер частиц этой муки. Чем выше степень измельчения, тем больше поврежденных зерен крахмала, тем больше поверхность контакта для действия ферментов на компоненты муки, тем интенсивнее протекают биохимические процессы (сахаро- и газообразование), повышается число реактиводоступных сульфгидрильных SH-групп белковых веществ, увеличивается водопоглощительная способность муки. Активность ферментов муки практически не изменяется.

Недостаточное или чрезмерное измельчение муки ухудшает ее хлебопекарные свойства, так как хлеб из такой муки имеет недостаточный объем, грубую толстостенную пористость; у хлеба из муки с чрезмерно крупными частицами верхняя корка бледно окрашена, а из муки с чрезмерно измельченными частицами — интенсивно окрашена, мякиш часто темноокрашенный, подовый хлеб расплывчатый.

Крупность частиц определяют в соответствии с ГОСТ 27560—87 на лабораторном рассеве с частотой колебаний  $3,00—3,33 \text{ с}^{-1}$  и комплектом сит из шелковой или синтетической ткани по ГОСТ 4403—91 и из проволочных сеток № 45 и № 067.

### **3.1.2. Ржаная мука**

#### *Химический состав ржаной муки*

Белки ржаной муки по составу и свойствам отличаются от белков пшеницы. Ржаная мука содержит больше белков, растворимых в воде (около 30 %) и растворах солей (альбумины и глобулины), и несколько меньше (50—52 %) проламинов глютелинов. В условиях обычного тестоведения белки ржаной муки не образуют клейковину, поэтому ржаное тесто лишено упругости и эластичности, свойственных пшеничному. Пищевая ценность белков ржи выше (они содержат больше незаменимых аминокислот), однако технологические свойства белков ржаной муки значительно ниже свойств белков пшеничной муки.

Ржаной крахмал легче подвергается гидролизу и клейстеризации. Температура клейстеризации ржаного крахмала 52—55 °С.

В ржаной муке общее содержание сахаров составляет 4,0—6,5 %, а коллоидных полисахаридов (слизей) — до 4,0 %. Слизи, способные к сильному набуханию, повышают водопоглотительную способность муки и укрепляют консистенцию теста, образуя вязкие растворы.

В образовании вязких свойств ржаного теста большую роль играют такие процессы, как набухание крахмала и гидратация слизей.

Кроме того, к хлебопекарным свойствам ржаной муки относятся высокая активность амилалитических ферментов, расщепляющих крахмал, и более низкая температура клейстеризации ржаного крахмала по сравнению с пшеничным. Амилалитический комплекс ржаной муки состоит из двух ферментов: β-амилазы (сахарогенамилазы) и α-амилазы (декстриногенамилазы), которые существенно отличаются между собой по характеру действия на крахмал.

Химический состав ржаной муки различных сортов представлен в табл. 3.5.

3.5. Химический состав ржаной муки

Состав	Мука		
	сеяная	обдирная	обойная
Вода, %	14,0	14,0	14,0
Белок, %	6,9	8,9	10,7
Жиры, %	1,1	1,7	1,6
Ненасыщенные жирные кислоты, %	0,2	0,2	0,2
Моно-, дисахариды, %	3,9	5,1	5,6
Крахмал, %	63,6	59,3	54,1
Углеводы, %	76,9	73	70,3
Пищевые волокна, %	0,5	1,2	1,8
Зола, %	0,6	1,2	1,6
Минеральные вещества, мг%:			
натрий	12	17	19
калий	100	149	294
кальций	15	29	42
магний	27	54	68
фосфор	113	175	236
железо	2,8	3,1	4,0
сера	52,0	78,0	78,0
Витамины, мг%:			
тиамин (В <sub>1</sub> )	0,17	0,35	0,42
рибофлавин (В <sub>2</sub> )	0,04	0,13	0,15
никотиновая кислота (В <sub>3</sub> )	1,00	1,18	1,35
пиридоксин (В <sub>6</sub> )	0,10	0,16	0,19
токоферолы (Е)	1,1	1,9	2,2
фолиевая кислота (В <sub>9</sub> )	0,035	0,062	0,087

По сравнению с пшеницей зерно ржи содержит эндосперма на 5—6 % меньше. А так как сортовую муку получают из эндосперма, то из зерна ржи ее получается несколько меньше, чем из пшеницы.

Качество как ржаного, так и пшеничного хлеба определяется его органолептическими (вкус, аромат, цвет и состояние корки, удельный объем, влажность, форма, разрыхленность, пористость, расплываемость подового хлеба) и физико-химическими (пористость, влажность, удельный объем) показателями. Но значение отдельных показателей в оценке качества ржаного и пшеничного хлеба различно, например, при оценке качества ржаного хлеба наибольшее значение имеют структурно-механические свойства мякиша — степень его липкости, заминаемость, влажность или сухость на ощупь.

Наиболее важные для пшеничного хлеба показатели (объем формового хлеба и структура его пористости) для изделий из ржаной муки разных партий подвержены значительно меньшим колебаниям и поэтому при оценке качества ржаной муки не являются основными. Основные хлебопекарные свойства ржаной муки приведены на рис. 3.8.

Цвет муки важен при оценке качества хлеба из сеяной и обдирной муки.

Ржаной хлеб, особенно из обдирной и обдирной муки, по сравнению с пшеничным имеет меньший объем и пористость, более темпоокрашенные мякиш и корку и более липкий мякиш. Эти отличия обусловлены некоторыми особенностями углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов ржаной муки.

**Углеводно-амилазный комплекс.** Ржаная мука по сравнению с пшеничной содержит больше собственных сахаров и водорастворимых коллоидных полисахаридов — полифруктозидов, при гидролизе которых образуется фруктоза.

Температура клейстеризации ржаного крахмала на 5—12°C ниже, чем пшеничного, он начинает клейстеризоваться при 52—55°C. Его атакуемость амилотических ферментами выше за счет того, что в ржаной муке кроме  $\beta$ -амилазы присутствует весьма активная  $\alpha$ -амилаза, так как погодные условия культивирования и уборки ржи всегда способствуют прорастанию ее зерен. При прорастании зерна ржи значительно активируются ее ферменты — протеиназы и особенно  $\alpha$ -амилаза. Наличие  $\alpha$ -амилазы с высокой активностью в основном является причиной ухудшения хлебопекарных свойств ржаной муки: тесто быстро и сильно разжижается при созревании; хлеб имеет интенсивно окрашенную корку, липкий, заминающийся мякиш. Подовый хлеб имеет расплывчатый мякиш, возможны его выплывы. Это свидетельствует об увеличении автолитической активности муки. Кроме того, более низкая температура клейстеризации крахмала повышает его атакуемость в ржаном тесте, особенно в первый период выпечки, когда  $\beta$ -амилаза еще не инактивирована, а  $\alpha$ -амилаза находится в оптимальной зоне действия. После инактивации  $\beta$ -амилазы  $\alpha$ -амилаза приобретает каталитические свойства. Несмотря на повышенную кис-



\* Показатель качества, характерный для сеяной муки.

\*\* Показатель качества, характерный для обойной муки.

Рис. 3.8. Хлебопекарные свойства ржаной муки

лотность теста, в нем накапливается значительная часть непрогидролизированных декстринов. Этим объясняются липкость мякиша ржаного хлеба, снижение его пористости и ухудшение вкуса. Значительный эффект по снижению активности действия  $\alpha$ -амилазы достигается при применении заквасок повышенной кислотности, например концентрированных молочнокислых.

В крахмале ржаной муки найдены некоторые высокомолекулярные жирные кислоты — пальмитиновая, стеариновая и другие, содержание которых достигает 0,6 %. Эти кислоты вместе с крахмалом образуют комплексы.

Сахаро- и газообразующая способность ржаной муки всегда достаточна, поэтому хлебопекарные свойства муки от нее практически не зависят.

Действие амилаз на крахмал ржаной муки может привести к тому, что значительная его часть в процессе брожения и выпечки будет гидролизвана. В результате крахмал тестовой заготовки не сможет связать всю влагу, а наличие свободной влаги сделает мякиш хлеба влажным на ощупь.

К углеводно-амилазному комплексу ржаной муки относятся водорастворимые пентозаны — слизи, способные образовывать прочные студни. При одинаковом общем содержании пентозанов водорастворимых пентозанов в ржаной муке в 2 раза больше, чем в пшеничной. Слизки влияют на консистенцию ржаного теста, уменьшая его разжижение при брожении за счет повышения вязкости.

Слизки ржаной муки отличаются от слизей пшеничной также по степени их полимеризации и молекулярной массе. В ржаной муке степень полимеризации слизей в 4,5 раза выше, а их молекулярная масса больше в 2 раза. В слизях ржи доля разветвленной арабиноксилановой фракции значительно выше, чем неразветвленной глюкозановой фракции. Слизки ржаного зерна почти на 90 % представлены пентозанами, состоящими из ксилозы, арабинозы и незначительного количества галактозы. Следствием этого является более высокая вязкость их водных растворов, чем растворов слизей пшеницы той же концентрации. Высокомолекулярные компоненты слизей дезагрегируются специфическими ферментами, активность которых существенно возрастает при прорастании зерен ржи. Наличие в ржаных водорастворимых пентозанах разветвленной арабиноксилановой фракции, высокая степень их полимеризации способствуют образованию комплексов слизей с белковыми веществами и крахмалом ржаного теста.

Все это позволяет полагать, что технологическая роль слизей обусловлена их содержанием, степенью полимеризации и ферментативной деструкцией под действием полисахараз. Слизки существенно влияют на структурно-механические свойства ржаного теста, на его газоудерживающую способность, на степень ферментативного гидролиза крахмала и белковых веществ, на амилолиз



крахмала в первый период выпечки теста, на объем хлеба, характер пористости мякиша и его структурно-механические свойства, скорость черствения.

О хлебопекарных достоинствах ржаной муки судят по ее автолитической активности (определенное действие ферментов ржаной муки на ее соответствующие компоненты), так как от их активности и атакваемости ими субстратов зависит интенсивность биотехнологических процессов при приготовлении теста и выпечке хлеба.

**Белково-протеиназный комплекс.** Белковые вещества ржаной муки имеют некоторое сходство с белковыми веществами пшеничной муки.

Из ржаного теста, так же как и из пшеничного, можно выделить проламиновою и глютелиновую фракции. Аминокислотный состав ржаной муки близок к пшеничной. В ржаной муке отмечено более высокое содержание лизина и треонина (дефицитных в пшеничной муке).

Первой отличительной особенностью белковых веществ ржи является способность к очень быстрому и интенсивному набуханию, при этом значительная их часть набухает неограниченно и пептизируется, переходя в вязкий коллоидный раствор.

Наличие пептизированной части белковых веществ образует вязкую жидкую фазу, в которой диспергированы зерна крахмала, частицы ограниченно набухшего белка, отруби, слизи и другие водорастворимые компоненты ржаной муки. Следовательно, структурно-механические свойства ржаного теста зависят от степени пептизации белковых веществ и образования коллоидного раствора. От способности белков пептизироваться и степени их пептизации зависит качество готового хлеба: чрезмерная или недостаточная пептизация белков приводит к получению хлеба нестандартного качества.

Второй отличительной особенностью белковых веществ является отсутствие упруго-пластичного пространственного, губчатого, структурного каркаса теста, несмотря на наличие глиадина и глютелина. Отмыть клейковину из ржаной муки с помощью обычных методов невозможно из-за образования комплексов белков ржи со слизями, поэтому прибегают к специальным методам, например, при использовании для предварительного фракционирования белков муки смеси бензола с хлороформом с получением «промежуточного» белка ржи, из которого далее с помощью воды или 2%-го раствора хлорида натрия замешивают тесто и только после этого отмывают клейковину.

Слизи ржаной муки, неограниченно набухшие в воде при замесе теста, обволакивают конгломераты белка и препятствуют образованию клейковины. В связи с этим ржаное тесто характеризуется высокой вязкостью и резко пониженной величиной упругой деформации. Отмечены отличия и в свойствах клейковинных белков

пшеницы и ржи. Спирторастворимые белки (глиадины) пшеницы и ржи различаются по своим физическим свойствам — растворимости, удельному вращению растворов и по химической структуре, а именно по расположению аминокислотных остатков в полипептидных цепях, образующих молекулу белка.

На хлебопекарные свойства ржаной муки определенное влияние оказывают и белковые вещества. Высокое содержание последних отрицательно сказывается на показателях качества готового продукта: пониженный объем, недостаточно развитая и толстостенная пористость.

Белковые вещества ржаной муки легко гидролизуются протеиназой, которая активируется восстановителями, содержащими SH-группы, и инактивируется веществами окислительного действия. Протеиназа ржаной муки максимально активна в зоне действия pH 4,0—5,0. Ферментативная дезагрегация белков ржаного теста увеличивает степень их пептизации и переход в состояние коллоидного раствора. Под действием протеиназы из белкового субстрата высвобождаются амилазы, адсорбционно связанные с ними, поэтому атакуемость крахмала увеличивается, что отрицательно сказывается на реологических свойствах теста и качестве хлеба.

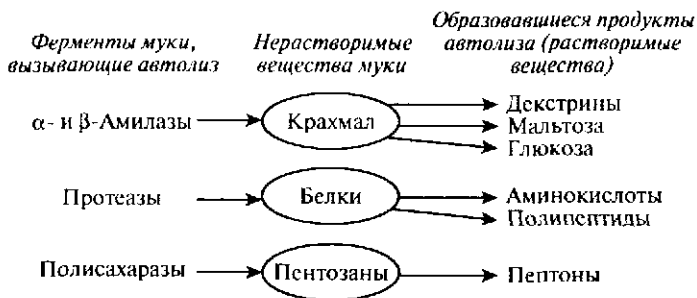
Хлебопекарные свойства ржаной муки оценивают по автолитической активности, т. е. способности муки к образованию водорастворимых веществ в результате действия ферментов при прогревании водно-мучной смеси (ГОСТ 27495—87) или числу падения (ГОСТ 30498—97 и ИСО 3093—82).

Водорастворимые вещества, образовавшиеся под действием ферментов при прогревании водно-мучной суспензии, состоят из декстринов различной молекулярной массы (амилодекстрин, эритродекстрин, ахродекстрин и мальтодекстрин), продуктов гидролиза белка и других сложных веществ муки.

Автолитическая активность ржаной обойной муки считается нормальной, если образуется до 55 % водорастворимых веществ (для ржаной обдирной муки — 50 %). Высокая автолитическая активность муки свидетельствует о ее низких хлебопекарных свойствах. Автолитические процессы протекают под действием различных ферментов, основными из которых являются  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, протеазы и полисахаразы (рис. 3.9).

Метод определения автолитической активности ржаной муки по числу падения основан на изменении вязкости водно-мучной суспензии при прогревании ее на кипящей бане в течение 60 с. Для нормальной ржаной обойной муки число падения должно быть не менее 105 с, ржаной обдирной — не менее 155 с.

Хлебопекарные свойства ржаной муки определяют с помощью амилографа — ротационного вискозиметра, графически фиксирующего на ленту самопишущего прибора изменения вязкости водно-мучной суспензии (рис. 3.10). Кривая на участке *a* характери-

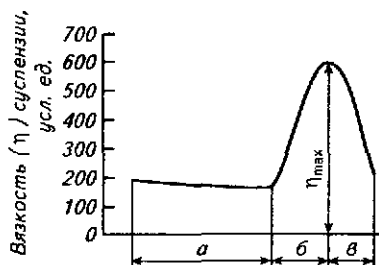


**Рис. 3.9.** Схема автолитических процессов в водно-мучном субстрате под действием собственных ферментов муки

зует изменение вязкости суспензии в период ее прогрева с 25 °С до начала процесса клейстеризации крахмала ржаной муки (52—55 °С). Повышение температуры интенсифицирует действие гидролаз муки и, следовательно, повышает дезагрегацию нерастворимых компонентов муки. В результате вязкость суспензии снижается, но сопровождающие гидролиз процессы набухания и пептизации белковых веществ, слизей, декстринов увеличивают ее вязкость. В этих конкурентных процессах преобладают факторы, снижающие вязкость водно-мучной суспензии. Кривая на участке *б* (см. рис. 3.10) характеризует процесс с момента начала клейстеризации крахмала муки до достижения максимума вязкости суспензии, вызванного процессом его клейстеризации — интенсивным набуханием крахмальных зерен и постепенным разрушением их структуры. Эти изменения превращают водно-мучную суспензию в густую и вязкую массу. Кривая *в* (см. рис. 3.10) характеризует снижение вязкости суспензии в результате действия ферментов.

Об автолитической активности судят по значению  $\eta_{\max}$ : чем оно выше, тем лучше хлебопекарные свойства ржаной муки.

**Цвет муки и способность ее к потемнению.** Хлеб из ржаной муки имеет темный мякиш, особенно при использовании ржаной обой-



**Рис. 3.10.** Амилограмма ржаной муки

ной муки. Это вызвано тем, что она содержит периферические частицы зерна ржи, в которых локализируются фермент *o*-дифенолоксидаса и аминокислота тирозин.

Хлеб из сеяной ржаной муки имеет сравнительно светлый мякиш, поэтому этот показатель нормируется. Цвет сеяной ржаной муки определяют так же, как и пшеничной.

**Крупность частиц.** Размеры частиц ржаной муки, так же как и пшеничной, — важный показатель ее хлебопекарного достоинства. Особое внимание уделяют крупности частиц ржаной обойной муки. Обычный или укрупненный помол зерна ржи приводит к снижению выхода, ухудшению пористости, уменьшению объема и ухудшению усвояемости хлеба. Более мелкий помол обойной муки повышает усвояемость белков, минеральных веществ, витаминов, следовательно, он оправдан.

Крупность частиц определяют по той же методике, что и для пшеничной муки. Согласно ГОСТ 7045—90 для ржаной сеяной муки остаток на сите (% , не более) составляет 27/2; проход через сито — 38/90, не менее; для обдирной — 045/2 и 38/60, не менее, для обойной — 067/2 и 38/30, не менее, соответственно.

### **3.1.3. Тритикалевая мука**

Мука, полученная из зерна тритикале, по хлебопекарным свойствам отличается от родительских форм (ржаной и пшеничной муки), поэтому этот фактор необходимо учитывать при разработке способов приготовления хлебобулочных изделий из этой муки.

Сочетание в растении тритикале филогенетического потенциала пшеницы по продуктивности с высокими адаптивными свойствами ржи и ее устойчивостью к болезням открывает широкие возможности для этой культуры. В зерне тритикале может накапливаться до 18,2 % белка, в котором массовая доля лизина выше, чем в пшенице.

Однако посевные площади под тритикале в России в отличие, например, от Польши и других западных стран невелики. К основным причинам этого явления можно отнести еще недостаточную изученность и распространение тритикале, отсутствие практического интереса к этой культуре работников хлебопекарной отрасли промышленности. Несмотря на это ученые России продолжают исследовать продукты переработки зерна тритикале.

Р. К. Еркинбаевой с сотрудниками разработаны и утверждены в установленном порядке ТУ 8-11-145—94 на «Муку хлебопекарную из зерна тритикале» высшего сорта и цельносомлотую.

На муку из зерна тритикале Тальва 100 разработаны и утверждены ТУ 9293-003-02068108—01 «Мука хлебопекарная «Донская». Показатели качества этой муки приведены ниже.

Массовая доля, %, не более:	
влаги	15,0
зола (в пересчете на СВ)	1,3
Крупность помола, %:	
<i>при значении числа падения в зерне более 140 с:</i>	
проход через сито из шелковой ткани № 38	80
по ГОСТ 4403—91, не менее	
или через сито из полиамидной ткани № 41/43 ПА,	80
не менее	
остаток на сите из шелковой ткани № 27 по ГОСТ 4403—91,	2
не более	
или на сите из полиамидной ткани № 27 ПА—120, не более	2
<i>при значении числа падения в зерне менее 140 с:</i>	
проход через сито из шелковой ткани № 38 по ГОСТ 4403—91,	50
не менее	
или через сито из полиамидной ткани № 41/43 ПА, не менее	50
остаток на сите из шелковой ткани № 27 по ГОСТ 4403—91,	2
не более	
или на сите из полиамидной ткани № 27 ПА—120, не более	2
Содержание металломагнитной примеси, мг на 1 кг муки:	3,0
размером отдельных частиц в наибольшем линейном	
измерении не более 0,3 мм и (или) массой не более 0,4 мг,	
не более	
размером и массой отдельных частиц более указанных	Не допускается
выше значений	
Зараженность и загрязненность вредителями	Не допускаются

В состав липидов тритикалевой муки входят масляная, каприловая, каприновая, лауриновая, тридециловая, миристиновая, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты, содержание которых составляет, % от суммы жирных кислот, соответственно: 4,98; 3,83; 3,45; 3,00; 7,3; 37,21; 7,14; 4,24; 6,16; 20,68 и 0,76. Жирнокислотный состав липидов тритикалевой, ржаной и пшеничной муки приведен в табл. 3.6.

3.6. Сравнительная характеристика состава липидов муки

Мука	Содержание кислот, % от суммы жирных кислот муки			Соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот
	полиненасыщенные	насыщенные	мононенасыщенные	
Тритикалевая	27,6	71,15	6,16	0,47
Пшеничная первого сорта	76,8	20,9	13,8	4,33
Ржано-пшеничная	71,3	19,2	14,5	4,47
Ржаная обдирная	63,8	17,3	16,8	4,66

Как видно из табл. 3.6, по количеству насыщенных жирных кислот тритикалевая мука (71,15 %) превосходит пшеничную (20,9 %), ржаную (17,3 %) и смесь ржаной и пшеничной муки (19,2 %), а по соотношению ненасыщенных и насыщенных жир-

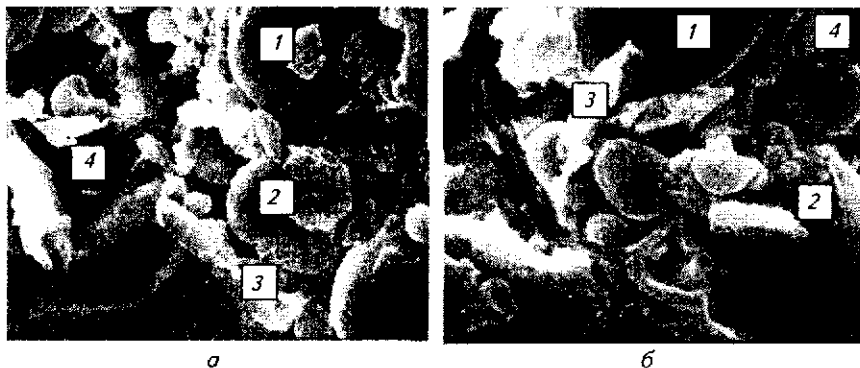


Рис. 3.11. Микроструктура тритикалевой муки и смеси ржаной и пшеничной муки ( $\times 2500$ ):

*a* — тритикалевая мука; *б* — смесь ржаной и пшеничной муки в соотношении 60 : 40; 1 — зерно крахмала; 2 — зерно крахмала с прикрепленным белком; 3 — частицы белковой матрицы; 4 — воздушная полость.

ных кислот уступает им (0,47 % против 4,33; 4,66 и 4,47 соответственно), что несколько снижает пищевую ценность липидов тритикалевой муки, но увеличивает срок ее хранения.

Микроструктура частиц тритикалевой муки близка к микроструктуре частиц смеси ржаной и пшеничной в соотношении 60 : 40 (рис. 3.11).

Микроструктура тритикалевой муки представлена углеводно-белковыми ассоциатами: крупными (крахмальные зерна овальной формы размером  $30 \times 25$  мкм), средними (крахмальные зерна овальной формы размером  $20 \times 15$  мкм) и мелкими (крахмальные зерна овальной формы размером 15—10 мкм и круглой — диаметр 10—12 мкм). Клетки эндосперма зерна заполнены массивной белковой матрицей, закрепляющей зерна крахмала, которая в ходе измельчения злака частично разрушается, освобождая зерна крахмала. На поверхности крахмальных зерен остается некоторое количество белка, который прикреплен настолько прочно, что обычным способом размола удален быть не может (см. рис. 3.11). Это, в свою очередь, приводит к образованию углеводно-белковых ассоциатов. Толщина слоя прикрепленного белка составляет не более 3 мкм.

### 3.2. ВОДА

Вода играет уникальную роль в жизни человека. Это реакционно активное соединение, ионы которого  $H^+$  и  $OH^-$  соединены водородными связями. Длина связей составляет 0,096 нм, угол между ними равен примерно  $105^\circ$  (рис. 3.12).

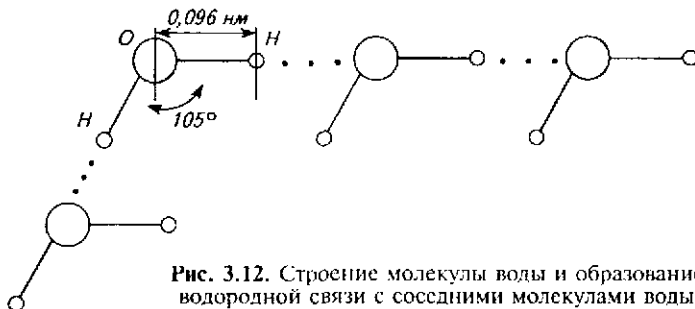
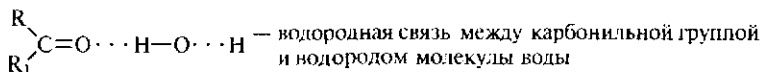
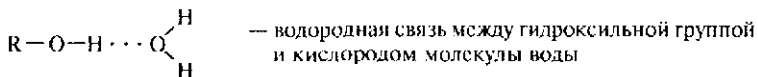


Рис. 3.12. Строение молекулы воды и образование водородной связи с соседними молекулами воды

Склонность к образованию водородных связей — характерная особенность молекул воды.

Энергия водородной связи невелика — около 20 кДж/моль; связи во времени неустойчивы, молекулы постоянно расходятся и образуют новые комбинации.

Водородные связи, играющие важную роль в биохимических системах хлебопекарных полуфабрикатов и характерные для воды, приведены ниже:



Ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  оказывают значительное влияние на компоненты муки, углеводы, белковые вещества, пентозаны, минеральные соли, витамины, ферментные системы и др.

Вода используется в качестве растворителя пищевой поваренной соли, сахара, для приготовления дрожжевой суспензии, биологических разрыхлителей хлебопекарных полуфабрикатов (жидких дрожжей, жидких и густых заквасок, дрожжевых заквасок и т. д.) и теста.

В результате гидратации компонентов муки за счет возникновения координационной связи образуются ионные соединения. В воде растворяются молекулы кислорода, диоксида углерода, спирты, альдегиды, кетоны, сахара и др. Растворение происходит за счет образования водородных мостиков с гидроксильными группами сахаров и спиртов, карбонильными группами альдегидов и кетонов. Водородные связи образуются между водородной и гидроксильной ( $-\text{OH}$ ), карбоксильной ( $-\text{COOH}$ ), карбонильной ( $-\text{CO}$ ), амидной ( $-\text{NH}_2$ ), имидной ( $-\text{NH}$ ) и сульфгидрильной ( $-\text{SH}$ ) группами. Вещества, содержащие только неполярные гидрофобные группы, в воде не растворяются.

При приготовлении теста вода играет важную роль, так как от ее массовой доли, состояния, активности, химического состава зависит интенсивность физико-химических, биохимических, микробиологических и коллоидных процессов, влажность хлебопекарных полуфабрикатов и их консистенция, влажность готового хлеба и его пищевая ценность.

Качество воды, используемой на хлебопекарном предприятии, должно удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51232—98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и контролю качества» и отвечать санитарным правилам и нормам (СанПиН 2.1.4.1074—01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»). В соответствии с этими документами вода должна быть бесцветной, прозрачной, без постороннего запаха и вкуса. Если в воде присутствуют примеси аммиака, сероводорода и азотистой кислоты, значительная окисляемость воды свидетельствует о ее загрязнении химическими веществами. В питьевой воде не должны содержаться болезнетворные микроорганизмы. О безопасности воды в эпидемиологическом отношении судят по общему числу микроорганизмов (ГОСТ 18963—79) и числу бактерий группы кишечных палочек (ГОСТ 18963—79).

Содержание токсичных веществ (мышьяка, молибдена, свинца, нитратов, селена, стронция, аммония, бериллия, полиакриламида, фтора) в питьевой воде регламентируется предельно допустимыми концентрациями (мг/дм<sup>3</sup>, не более): алюминий остаточный (Al) — 0,5 (ГОСТ 18165—89); бериллий (Be) —  $2 \cdot 10^{-4}$  (ГОСТ 18294—89); молибден (Mo) — 0,25 (ГОСТ 18308—72); мышьяк (As) — 0,55 (ГОСТ 4152—89); нитраты (NO<sub>3</sub>) — 45 (ГОСТ 18826—73); полиакриламид остаточный — 2 (ГОСТ 19355—85); свинец (Pb) — 0,03 (ГОСТ 18293—72); селен (Se) — 0,01 (ГОСТ 19413—89); стронций (Sr) — 7,0 (ГОСТ 23950—88); фтор (F) — для климатических районов: I и II — 1,5; III — 1,2; IV — 0,7. Массовые концентрации химических веществ, влияющих на органолептические свойства воды, не должны превышать нормативов, указанных в табл. 3.7.

### 3.7. Основные показатели качества воды

Показатели	Предельно допустимый уровень	Метод испытания
Водородный показатель, pH	6,0—9,0	Измеряется на pH-метре любой модели со стеклянным электродом с погрешностью измерений, не превышающей 0,1 pH
Жесткость общая, моль/м <sup>3</sup> , не более	7,0	По ГОСТ 4151
Массовая концентрация, мг/дм <sup>3</sup> , не более:		
железа (Fe суммарно)	0,3	По ГОСТ 4011



Показатели	Предельно допустимый уровень	Метод испытания
марганца (Mn суммарно)	0,1	По ГОСТ 4974
меди ( $\text{Cu}^{2+}$ суммарно)	1,0	По ГОСТ 4388
полифосфатов остаточных (по $\text{PO}_4^{3-}$ )	3,5	По ГОСТ 18309
сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	500	По ГОСТ 4389
хлоридов ( $\text{Cl}^-$ )	350	По ГОСТ 4245
цинка ( $\text{Zn}^{2+}$ )	5,0	По ГОСТ 18293
сухого остатка	1000	По ГОСТ 18164

Примечания: 1. Для водопроводов, подающих воду без специальной обработки, по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, допускаются: массовая концентрация сухого остатка до  $1500 \text{ мг/дм}^3$ ; железа до  $1 \text{ мг/дм}^3$ ; марганца до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ ; общая жесткость до  $10 \text{ моль/м}^3$ .

2. Сумма массовых концентраций хлоридов и сульфатов, выраженных в долях предельно допустимых концентраций каждого из этих веществ в отдельности, не должна быть более 1.

Большое технологическое значение для производства хлебобулочных изделий имеет жесткость воды, обусловленная содержанием в ней солей кальция и магния. Жесткость воды выражается в миллиграмм-эквивалентах  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  на  $1 \text{ дм}^3$  воды ( $1 \text{ мг} \cdot \text{экв. жесткости}$  соответствует содержанию в  $1 \text{ дм}^3$  воды  $20 \text{ мг Ca}^{2+}$  или  $12,16 \text{ мг Mg}^{2+}$ ). Общая жесткость воды должна быть не более  $7 \text{ моль/дм}^3$ . По величине общей жесткости ( $\text{моль/дм}^3$ ) вода характеризуется как: очень мягкая — до 1,5; мягкая — 1,5—3,0; умеренно жесткая — 3,0—6,0; жесткая — 6,0—9,0 и очень жесткая — более 9.

Жесткость воды оказывает влияние на биотехнологические характеристики полуфабрикатов, качество готовых изделий и должна регулироваться в зависимости от хлебопекарных достоинств перерабатываемой муки. Изменять содержание солей в воде можно ионообменным, известково-соловым или обратноосмотическим методами. Метод обратного осмоса для деминерализации воды является перспективной технологией, которую с успехом применяют на хлебозаводах. Для обессоливания воды используют мембранные аппараты с плоскокамерными или трубчатыми (рулонными) фильтрующими элементами и с мембранными элементами в виде полых волокон.

В настоящее время на хлебопекарных предприятиях используют три типа мембран в зависимости от их селективности: ацетатцеллюлозные, полиамидные, или тонкопленчатые, и полисульфоновые. Тип мембран выбирают в соответствии с составом исходной воды и требованиями, предъявляемыми к качеству очищенной воды.

Технологическая схема обработки воды включает стадии предварительной очистки, обратноосмотического разделения и коррекции состава воды.

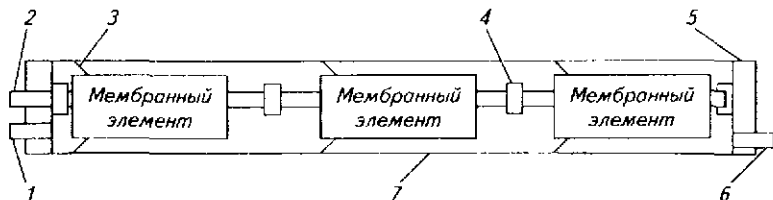


Рис. 3.13. Мембранный модуль системы обратного осмоса:

1, 2 — входные патрубки для питающей воды и фильтрата; 3 — солевые прокладки; 4 — соединительная трубка магистральной линии фильтрата; 5 — концевая пластина корпуса давления; 6 — выходной патрубок концентрата; 7 — корпус

Основной частью системы обратного осмоса является мембранный модуль (рис. 3.13).

Достоинства обратноосмотических установок по сравнению с деминерализаторами — отсутствие образования агрессивных отходов и простота обслуживания. Производительность оборудования от 0,05 до 100 м<sup>3</sup>/ч.

Автоматизированные комплексы подготовки воды для производства пищевых продуктов (рис. 3.14) осуществляют: механическую очистку, умягчение и обеззараживание воды; удаление железа, марганца и сероводорода; коррекцию pH; регулируемое обессоливание; измерение и контроль параметров воды; дозирование и др.

Для обеззараживания воды применяют также различные химические реагенты. Использование диоксида хлора (ClO<sub>2</sub>) по сравнению с хлором имеет явные преимущества: не образуются тригалометаны (ТГМ), неудаляемые органические галогены и хлорфенолы, не происходит реакций с NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и соединениями азота. Кроме того, ClO<sub>2</sub> проявляет сильное дезинфицирующее действие в широком диапазоне pH, долго сохраняющее бактерицидный

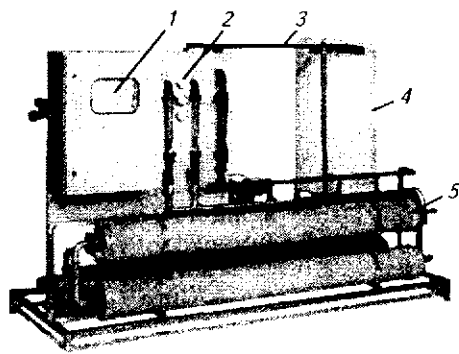


Рис. 3.14. Автоматизированный комплекс подготовки воды при производстве пищевых продуктов:

1 — пульт управления; 2 — КИП; 3 — водопровод; 4 — система предварительной подготовки воды; 5 — корпуса с мембранно-осмотическими модулями

эффект в водораспределительных системах. При отсутствии запаха, вкуса и цвета диоксид хлора эффективно воздействует на споры микроорганизмов, вирусы и водоросли; окисляет органические соединения  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$ . Окислительная способность  $\text{ClO}_2$  практически не зависит pH и наличия в воде ионов  $\text{NH}_4^+$ .

Для полного удаления остаточного хлора воду дехлорируют, пропуская ее через фильтр с активным углем:  $\text{C} + 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{HCl}$ .

Аналогичное хлору бактерицидное воздействие оказывает озон. Преимущество озонирования воды состоит в том, что под действием озона одновременно с обеззараживанием удаляются привкусы и запахи и происходит обесцветивание воды, при этом натуральные свойства воды не изменяются, так как избыток озона через несколько минут превращается в кислород. Как обеззараживающий агент озон действует быстрее хлора в 15—20 раз.

Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами (УФ-лучами) с длиной волны 100—400 нм является безреагентным физическим методом. Бактерицидные свойства УФ-лучей проявляются при длине волны 200—295 нм, преимущественно при 245 нм. Обеззараживают, как правило, очищенную, прозрачную воду, так как взвешенные вещества и коллоидные примеси рассеивают свет и препятствуют проникновению УФ-лучей в толщу воды. УФ-лучи эффективно действуют в отношении бактерий, спор и вирусов, не изменяя физико-химические и органолептические свойства воды.

Постоянный контроль качества воды осуществляется учреждениями и организациями, в ведении которых находятся централизованные системы питьевого водоснабжения. Государственный контроль за качеством воды осуществляют органы санитарно-эпидемиологической службы. Контроль качества питьевой воды осуществляют по ГОСТ Р 51232—98, отбор проб для анализа питьевой воды и определение ее вкуса, запаха, цветности и мутности — по ГОСТ 24481—80 и ГОСТ 3351—74. Методы определения обобщенных показателей качества питьевой воды, ее органолептических свойств, содержания некоторых органических веществ, вредных химических веществ, поступающих и образующихся в процессе обработки воды, и радиационной безопасности воды приведены в ГОСТ Р 51232—98.

Воду используют также для теплотехнических целей — производства пара, необходимого для увлажнения воздушной среды в расстойных шкафах и печах.

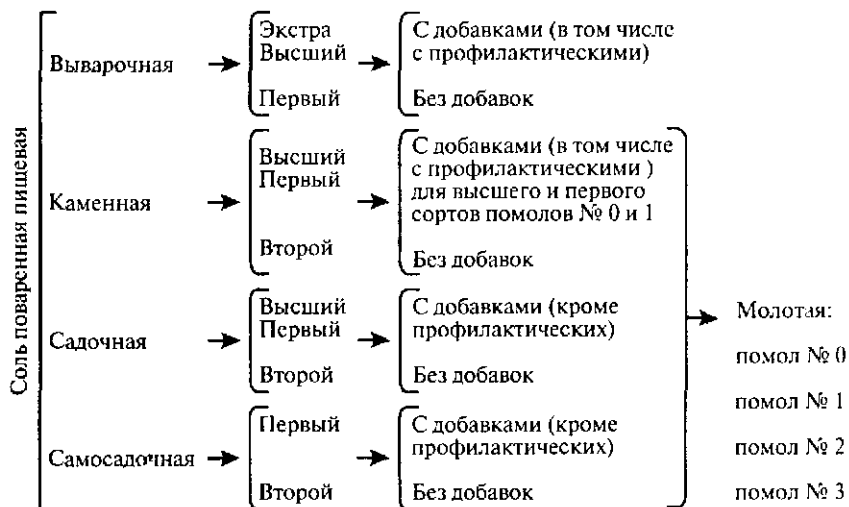
Для технологических и хозяйственных нужд хлебозаводы используют обычно воду из городского питьевого водопровода. Для бесперебойного снабжения водой и создания постоянного напора во внутренней водопроводной сети устанавливают специальные баки с холодной и горячей водой. Запас холодной воды должен обеспечить бесперебойную работу предприятия в течение 8 ч, запас горячей воды — 5—6 ч.

### 3.3. СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ ПИЩЕВАЯ

Пищевую поваренную соль добывают из природных месторождений. По способу производства и обработки соль подразделяют на каменную молотую, самосадочную, садочную, добываемую со дна соленых озер, и выварочную мелкокристаллическую, получаемую путем вываривания естественных рассолов.

В хлебопекарном производстве применяют пищевую поваренную соль, которая в соответствии с ГОСТ 13830 делится на четыре сорта: экстра, высший, первый и второй.

Классификация пищевой поваренной соли в соответствии со стандартом приведена ниже.



Соль сортов экстра и высшего должна быть белого цвета, а для соли первого и второго сортов допускаются такие оттенки цвета, как сероватый, желтоватый и розоватый в зависимости от происхождения и способа производства соли. Соль должна быть без посторонних механических примесей, заметных на глаз, и без постороннего запаха, обладать соленым вкусом без постороннего прикуса.

Физико-химические показатели качества различных сортов пищевой поваренной соли приведены в табл. 3.8.

### 3.8. Физико-химические показатели качества пищевой поваренной соли

Показатели	Нормы для сортов			
	экстра	высший	первый	второй
Массовая доля, % в пересчете на СВ: NaCl, не менее	99,7	98,4	97,7	97,0
нерастворимых в воде веществ, не более	0,03	0,16	0,45	0,85
Массовая доля влаги, %, не более, для соли:				
выварочной	0,1	0,70	0,70	--
каменной	—	0,35	0,35	0,35
самосадочной и садочной	—	3,20	4,00	5,00

По крупности молотая пищевая поваренная соль должна соответствовать требованиям, приведенным ниже.

<i>Крупность</i>	<i>Содержание</i>
Сорт экстра:	
до 0,8 мм включительно, %, не менее	75,0
свыше 0,8 до 1,2 мм включительно, %, не более	25,0
Высший и первый сорта:	
<i>помол № 0</i>	
до 0,8 мм включительно, %, не менее	70,0
свыше 1,2 мм включительно, %, не более	10,0
<i>помол № 1</i>	
до 1,2 мм включительно, %, не менее	85,0
свыше 2,5 мм включительно, %, не более	3,0
<i>помол № 2</i>	
до 2,5 мм включительно, %, не менее	90,0
свыше 4,0 мм включительно, %, не более	5,0
<i>помол № 3</i>	
до 4,0 мм включительно, %, не менее	85,0
свыше 4,0 мм включительно, %, не более	15,0

Для районов страны, где в питьевой воде содержится недостаточно иода, в целях профилактики заболеваний эндемическим зобом выпускают соль с добавкой иода (йодированная соль). В качестве добавки используют иодид калия и иодат калия. Массовая доля иода в такой соли составляет  $(40 \pm 15)$  мкг/г, что соответствует  $(40 \pm 15) 10^{-4}$  %.

Поваренную соль доставляют на хлебозавод в мешках, насыпью в самосвалах или в вагонах. На предприятиях соль хранят в специальных хранилищах — растворителях или в закромах, ящиках с крышками. На производство соль поступает в виде профильтрованного раствора.

### 3.4. ДРОЖЖИ ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ

В производстве хлебобулочных изделий применяют в основном хлебопекарные дрожжи (прессованные, сушеные, дрожжевое молоко), представляющие собой биомассу дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae*, содержащих биологически активные вещества и обладающих ферментативной активностью. Они обеспечивают спиртовое брожение пшеничных и ржаных полуфабрикатов и их разрыхление. Дрожжевые клетки состоят из простых соединений: кетокилот, пуриновых и пиримидиновых оснований, пентоз, гексоз, фосфопирувата, малата, ацетата и некоторых других. Эти соединения по строению и химическому составу отличаются от ингредиентов среды, в которой проявляется аэробная (при размножении) и анаэробная (при брожении) жизнедеятельность дрожжевых клеток. Прессованные дрожжи содержат около 75 % воды. Часть воды находится внутри клеток в цитоплазме дрожжей, другая часть — в межклеточных пространствах. Сухие вещества дрожжей (25 %) представлены (%): белком — 37—50; углеводами — 34—45; липидами — 1,5—2,5; минеральными веществами — 6—10. В белковый комплекс дрожжей входят альбумины, глобулины, нуклеотиды, фосфопротеиды, трипептид глутатион. В дрожжах глутатион находится в восстановленной или окисленной форме, и его доля в них может достигать 1 % на СВ. Сульфгидрильная группа —SH глутатиона активирует протеазы дрожжей и муки.

Углеводы входят в состав протоплазмы и оболочек дрожжевых клеток и представлены гликогеном, маннаном и глюканом (полисахариды). Гликоген в дрожжах содержится в виде водорастворимой и кислоторастворимой фракций. Маннан — опорный полисахарид клетки, состоящий в основном из маннозы, составляет 30 % от общей массы углеводов. Глюкан — полиглюкозид, входящий в состав дрожжевой стенки, ответствен за ее форму.

Дрожжи содержат дисахарид трегалозу (массовая доля ее может достигать 18 % на СВ), используемую, как и гликоген, в качестве энергетического материала.

Липиды дрожжей представлены пальмитиновой и стеариновой, лауриновой и олеиновой кислотами, они входят в состав протоплазмы клеток в качестве структурного материала и запасного вещества для получения энергии. В дрожжах содержатся липоиды, фосфатиды и эргостерин, из которого под действием ультрафиолетовых лучей образуется витамин D.

Минеральные вещества дрожжей представлены в основном калием, магнием, железом, кальцием, натрием, серой и многими другими микроэлементами. Основная массовая доля всей золы приходится на  $P_2O_5$ , а на  $K_2O$  — около 1/3.

Обязательной составной частью протоплазмы дрожжевых клеток являются ферменты, осуществляющие разнообразные биохимические процессы.

мические превращения. Ферментный комплекс дрожжей чрезвычайно разнообразен. В него входят протеазы, дегидрогеназы,  $\beta$ -фруктофуранозидаза, зимаза, фосфатазы и многие другие ферменты. Но дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* не индуцируют амилолитические и декстринолитические ферменты, фермент  $\alpha$ -галактозидазу, поэтому они не усваивают трисахариды и более сложные по строению олигосахариды. Они мало или вовсе не образуют внеклеточную протеиназу и пептидазу. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* плохо размножаются в условиях повышенного содержания спирта и не защищены антибиотическими свойствами против кислотообразующих бактерий. Эти микроорганизмы способны вовлекать простые ингредиенты системы в процесс метаболизма, при этом транспорт веществ из внешней среды обеспечивает клеточная стенка дрожжевой клетки, цитоплазматическая мембрана, пиноцитоз, эндоплазматический ретикулум.

Обмен веществ в дрожжевых клетках с участием экзо- и эндоферментов осуществляется с помощью их каталитического центра. Аллостерический центр (один или несколько) располагается обособленно от каталитического центра в белковой части фермента и участвует в регуляции ферментативной активности. Часть ферментов представлена сложными белками, содержащими кроме апофермента (белковой части) кофермент. Простетическая группа (кофермент) определяет природу катализируемых реакций и влияет на их скорость.

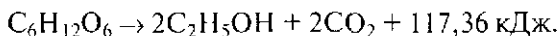
Экзоферменты выделяются клеткой для гидролиза сложных веществ среды на простые, которые затем проникают через пористую клеточную стенку дрожжей внутрь. Эндоферменты не выделяются в среду и действуют только внутри клетки.

В хлебопечении одним из факторов, влияющих на ход технологического процесса и качество продукции, является исходная биологическая активность дрожжей и способность их адаптироваться к жизнедеятельности в полуфабрикатах. В мучных средах процесс формирования новой клетки продолжается 2,5—3,0 ч. Одна клетка может почкаться 16—20 раз. Интенсивность размножения дрожжей зависит от состава и концентрации питательных веществ во внешней среде, окружающей клетку, от температуры, рН и степени аэрации.

Для питания дрожжевых клеток необходимы: азотистые вещества в виде аминокислот; продукты гидролиза белка; аммонийные соли, кроме нитратов и нитритов, отравляющих клетку; минеральные соли, содержащие фосфор, калий, магний, железо; витамины — В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, биотин, пантотеновая и фолиевая кислоты. При отсутствии витаминов группы В и ниацина брожение идет на 25 % менее интенсивно. Добавление в сбраживаемую смесь аспарагина значительно повышает объем выделяемого при метаболизме дрожжей диоксида углерода.

Дрожжи сбраживают моносахара — гексозы; дисахара — сахарозу и мальтозу после предварительного их гидролиза  $\beta$ -фруктофуранозидазой и  $\alpha$ -глюкозидазой соответственно, трисахарид раффинозу ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ). После ферментативного гидролиза под действием собственной  $\beta$ -фруктофуранозидазы от раффинозы отщепляется моносахарид фруктоза и остается дисахарид мелибиоза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

Реакция сбраживания моносахаридов:



Дрожжевые клетки сохраняют активность при высоких концентрациях сахара (до 60 %), 10—14 % этанола, но они очень чувствительны к наличию спирта в среде с высоким содержанием сахара, особенно при повышенных температурах.

Кроме стандартных дрожжей в технологии хлеба применяют высокоактивные, осмотолерантные, полусухие замороженные дрожжи для опарного способа приготовления теста, дрожжи, устойчивые к пропионату кальция, для готовых смесей, для пиццы.

### 3.4.1. Прессованные дрожжи

При производстве хлебобулочных изделий на хлебозаводах и в пекарнях для разрыхления полуфабрикатов применяют прессованные дрожжи из разных штаммов и рас *Saccharomyces cerevisiae*, вырабатываемые дрожжевыми (основное производство) и спиртовыми (побочное производство) заводами. Качество прессованных хлебопекарных дрожжей в соответствии с ГОСТ 171—81 оценивают по органолептическим (цвет, вкус, запах и консистенция) и физико-химическим (массовая доля влаги, подъемная сила, кислотность и стойкость при хранении) показателям.

Они должны быть светлого цвета с желтоватым или сероватым оттенком, без плесневого налета, различных полос и темных пятен, с запахом, слегка напоминающим фруктовый, и иметь плотную консистенцию.

По ГОСТ 171—81 не предусматривается контроль таких показателей, как мальтазная активность, содержание глутатиона, диких дрожжей несакхаромицетов.

В 1 г хлебопекарных прессованных дрожжей содержится около 15 млрд дрожжевых клеток.

Штаммы и расы *Saccharomyces cerevisiae* должны иметь высокую генеративную активность, достаточную активность зимазного и мальтазного комплексов, быть устойчивыми при хранении и в присутствии соли.

Значение дрожжей в сложном комплексе биохимических процессов, происходящих в опаре или тесте, не ограничивается толь-



ко продуцированием диоксида углерода. Определенную роль играют образующийся этанол и промежуточные продукты брожения.

Энергетический эффект анаэробного потребления углеводов дрожжевой клеткой невелик, поэтому для получения необходимого количества энергии дрожжи должны сбраживать значительное количество сахара. В оптимальных условиях (температура 30 °С, pH 4,5—5,0 и сбалансированный состав питательной смеси) 1 г прессованных дрожжей сбраживает 1 г сахара за 1 ч.

Кинетика сбраживания глюкозы следует теории Михаэлиса—Ментона в пределах концентраций: для глюкозы — от 0,2 до 5,0 %, для фруктозы — от 0,4 до 6,0 %. Константа Михаэлиса (для глюкозы  $K_m = 0,01067$  и для фруктозы  $K_m = 0,0255$ ) свидетельствует о преимущественном сбраживании глюкозы. Так как скорость гидролиза сахарозы ферментом дрожжевой клетки  $\beta$ -фруктофуранозидазой превышает скорость сбраживания продуктов гидролиза, сбраживание сахарозы аналогично сбраживанию глюкозы и фруктозы.

В прессованных хлебопекарных дрожжах кроме культурных рас содержатся кислотообразующие бактерии и дикие дрожжи (несахаромилеты — *Candida tenuis*, *C. curvata*, *C. humicola*, *C. solanii*, *C. guilliermondii*, *C. utilis* и *Torulopsis dattila*). Они бедны зимазным комплексом и плохо сбраживают сахар. Только дрожжи *C. robusta* в количестве 10 % от биомассы хлебопекарных дрожжей способствуют улучшению их стойкости при хранении.

### 3.4.2. Сушеные дрожжи

Сушеные дрожжи по ГОСТ 28483—90 и ТУ 10-033-04585—90 готовят из доброкачественных прессованных дрожжей. Желательно, чтобы дрожжи, предназначенные для сушки, содержали меньше посторонней микрофлоры, обладали термо- и осмоустойчивостью, имели пониженное (на 2 %) содержание влаги и низкое содержание глутатиона.

Сушеные дрожжи вырабатывают высшего и первого сортов в виде гранул или порошка светло-желтого или светло-коричневого цвета. Их расход на приготовление полуфабрикатов зависит от подъемной силы, но он в 3—4 раза меньше, чем прессованных.

В настоящее время созданы прогрессивные технологии получения сушеных дрожжей, сохраняющих высокую ферментативную активность в течение длительного времени. К ним относятся активные сушеные дрожжи и инстантные быстродействующие.

Для получения активных сушеных дрожжей культивируют специальные расы, применяя специальные режимы выращивания, обеспечивающие сохранение бродильной активности дрожжевых клеток при длительном хранении.

В хлебопекарных прессованных дрожжах, предназначенных для сушки, содержится 32—34 % сухих веществ, что на 7—9 % больше, чем в биомассе, идущей на прессование, а также на 11—12 % больше собственных углеводов (трегалозы и гликогена).

Высокое содержание трегалозы в сушеных дрожжах способствует сохранению их биологической активности. Массовая доля гликогена — резервного полисахарида — находится в пределах от 8 до 30 % СВ. При дефиците питательных веществ дрожжи используют внутриклеточный гликоген в качестве источника энергии и углерода. Вне клетки наиболее интенсивно происходит расщепление гликогена под действием амилолитических ферментов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы) с образованием глюкозы, мальтозы и остаточного высокомолекулярного  $\beta$ -амилодекстрина.

Происходящие при высушивании необратимые биохимические изменения в дрожжевых клетках прессованных дрожжей отрицательно сказываются на их сбраживающей способности, ходе технологического процесса и качестве изделий.

Для получения сушеных дрожжей влажностью 6—8 % со стабильной активностью в течение года в высушиваемую биомассу вводят антиоксиданты, поверхностно-активные вещества или эмульгаторы — сорбаты, моно- и диэфиры лимонной кислоты, а также эфиры полиглицерола для защиты дрожжевых клеток от повреждений при испарении свободной внутриклеточной влаги.

При сушке в дрожжевых клетках накапливается глутатион. При их гидратации глутатион переходит в водную фазу, а затем и в тесто. Снизить содержание глутатиона в полуфабрикатах можно при введении окислителей или инстантных сушеных дрожжей, не требующих предварительного замачивания и проявляющих точно такую же активность, как прессованные дрожжи, при их расходе, в 3—6 раз меньше.

В России инстантные дрожжи вырабатывают на Сарапульском и Волгоградском дрожжевых заводах под названием «Экспресс».

Сушеные дрожжи импортного производства должны иметь гигиенический сертификат Российской Федерации.

### **3.4.3. Дрожжевое молоко**

Дрожжевое молоко (ТУ 10-0334585-3—90) — это водная суспензия дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae*, полученная в результате размножения их в культуральной среде, сгущения на сепараторах и предназначенная для использования в хлебопекарном производстве.

Качество дрожжевого молока оценивают по органолептическим (вкус, запах, цвет, консистенция) и физико-химическим показателям. Концентрация дрожжевых клеток в 1 дм<sup>3</sup> дрожжевого

молока в пересчете на прессованные дрожжи влажностью 75 % должна быть не менее 0,45 кг. Активность дрожжей в дрожжевом молоке выше, что позволяет снизить их расход при производстве хлебобулочных изделий. Применение этого биологического разрыхлителя исключает такие операции, как распаковка дрожжей и разведение их в воде.

Физико-химические показатели качества дрожжей приведены в табл. 3.9.

**3.9. Физико-химические показатели качества дрожжей**

Показатели	Дрожжи			
	прессованные	сушеные сортов		дрожжевое молоко
		высшего	первого	
Массовая доля влаги, %, не более	75,0	8,0	10,0	В 1 дм <sup>3</sup> должно содержаться 0,45 кг прессованных дрожжей
Подъемная сила (подъем теста до 70 мм), мин, не более	70,0	70,0	90,0*	75,0
Кислотность 100 г дрожжей в пересчете на уксусную кислоту, мг, не более	120,0	—	—	120,0**
Гарантийный срок хранения дрожжей, не менее	12 сут	12 мес	5 мес	3 сут***

\* Допускается ухудшение подъемной силы на 5 % ежемесячно при хранении дрожжей в сухом помещении при температуре не выше 15 °С по сравнению с исходной подъемной силой дрожжей в день их выработки.

\*\* Через 72 ч хранения при температуре до 10 °С — не более 360 мг.

\*\*\* В летнее время не менее 48 ч (2 сут) при неблагоприятных климатических условиях.

Подъемная сила дрожжевого молока характеризует активность зимазного комплекса ферментов, вызывающих спиртовое брожение.

#### **3.4.4. Хлебопекарные дрожжи спиртовых заводов**

При производстве спирта накапливаются остаточные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* рас В и Я, из которых вырабатывают прессованные дрожжи. В таких дрожжах практически отсутствуют дикие формы дрожжей рода *Candida*, но гнилостных бактерий больше в 1,5 раза, что снижает их стойкость при хранении. Число молочно-кислых бактерий в 2,7 раза ниже, чем в обычных, поэтому при созревании хлебопекарных полуфабрикатов для накопления молочной кислоты необходимо вводить подкислители — молочную сыворотку, концентрированные молочнокислые закваски и др.

Дрожжи, выпускаемые спиртовыми заводами, имеют нормальную зимазную активность и достаточную активность  $\alpha$ -глюкозидазы. Это необходимо учитывать в технологии хлебобулочных изделий.

Показатели качества для этих дрожжей такие же, как и для дрожжей, выпускаемых дрожжевыми заводами (см. табл. 3.9).

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие виды, типы и сорта муки применяют в технологии хлеба?
2. Каковы различия химического состава пшеничной и ржаной муки?
3. Какова роль воды в муке?
4. Представьте граф-структуру хлебопекарных свойств пшеничной муки.
5. Какие факторы обуславливают газообразующую способность муки?
6. Какие факторы обуславливают «силу» муки? Перечислите ингибиторы г пролеитических ферментов.
7. От каких факторов зависит цвет муки и способность ее к потемнению?
8. Каковы основные отличия в белково-протеиновых комплексах пшеничной и ржаной муки?
9. Охарактеризуйте углеводно-амилазный комплекс пшеничной и ржаной муки. Каковы их различия, как они влияют на показатели качества готового продукта?
10. Какие требования предъявляют к воде, применяемой в технологии хлеба? Какие современные методы очистки воды вы знаете?
11. Какие требования предъявляют к качеству и помолу соли, применяемой в технологии хлеба?
12. Охарактеризуйте прессованные, сушеные дрожжи, дрожжевое молоко и хлебопекарные дрожжи спиртовых заводов.
13. Какие дрожжи могут быть использованы для производства различных групп хлебобулочных изделий?

## Глава 4

### ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ

При производстве хлебобулочных изделий в качестве дополнительного используют следующее сырье: сахар и сахаросодержащие продукты; жиросодержащие продукты; молоко и продукты его переработки; яйца и яичные продукты; солод; орехи, изюм, пряности; плодово-ягодное и овощное сырье; подсластители, сахарозаменители и др.

#### 4.1. САХАР И САХАРОСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ

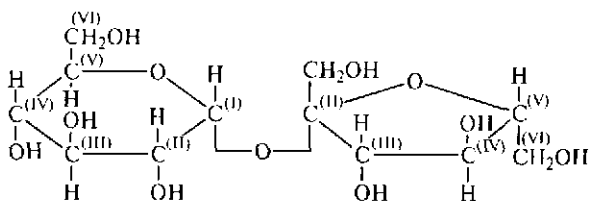
**Сахар-песок.** В хлебопекарном производстве из сахаросодержащих продуктов применяют сахар-песок, сахарную пудру, жидкий сахар, различные виды патоки, натуральный и искусственный мед.

Сахар-песок входит в некоторые рецептуры хлеба, во все булочные и сдобные изделия, улучшает вкусовые качества готового

продукта и повышает его энергетическую ценность. Сахар-песок получают из сахарной свеклы или из сахара-сырца, а также из сахарного тростника, поступающего в Россию из стран с тропическим климатом.

Сахар-песок, поступающий на хлебозаводы, должен отвечать требованиям ГОСТ 2194: массовая доля сахарозы в пересчете на СВ — 99,75 %, не менее; редуцирующих веществ — 0,05 %, не более; влаги — 0,14 %, не более; золы в пересчете на СВ — 0,03 %, не более; цветность — 0,80 усл. ед., не более.

Так как сахар-песок представлен практически только сахарозой, то его свойства определяются в основном свойствами сахарозы. У сахарозы водород и кислород содержатся в том же соотношении, что и в воде. Молекула сахарозы ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) — это дисахарид, состоящий из двух остатков моносахаридов, соединенных за счет гликозидного гидроксила одного моносахарида *D*-глюкозы ( $\alpha$ -пиранозная форма) и одной из гидроксильных групп другого моносахарида *D*-фруктозы ( $\beta$ -фуранозная форма). Структурная формула сахарозы ( $\alpha$ -*D*-глюкопиранозил- $\beta$ -*D*-фруктофуранозид):



При нагревании с кислотами или под действием  $\beta$ -фруктофуранозидазы сахароза гидролизуется на глюкозу и фруктозу. Она хорошо растворяется в воде с поглощением теплоты: при 30 °С — 10,5 Дж/моль, при 57 °С — 32,9 Дж/моль. Благодаря присутствию асимметрических атомов углерода сахароза является оптически активным веществом, поэтому ее можно определить поляриметрическим методом.

Используя способность сахарозы преломлять световые лучи (а показатель преломления зависит от концентрации раствора), определяют концентрацию ее растворов.

От концентрации растворов сахарозы и давления зависит температура их кипения.

В этаноле (этиловом спирте) сахароза не растворяется, а в водно-спиртовых смесях растворяется, причем степень ее растворимости увеличивается с увеличением доли воды в них. Сахароза относится к нередуцирующим сахарам и не восстанавливает фелингову жидкость (медно-щелочной раствор). Она обладает слабой гигроскопичностью, поэтому при относительной влажности 80—85 % и ниже не поглощает влагу из воздуха.

В отличие от хлорида натрия (пищевая поваренная соль) растворимость сахарозы зависит от температуры. Под растворимостью сахарозы понимается количество сахара (кг), растворившегося в 1 кг воды при данной температуре. В хлебопекарном производстве в основном применяют сахарные растворы 50%-ной концентрации. Для приготовления хлебобулочных изделий сахар-песок растворяют в воде температурой 65 °С.

**Жидкий сахар.** Жидкий сахар — сахарный сироп с содержанием сахарозы не менее 64—67 % СВ. Согласно ОСТ 18-170—85 и ТУ 911-001-00335315—94 жидкий сахар должен быть прозрачным, сладким на вкус, без посторонних вкусов и запахов, по цвету сахар высшей категории (обесцвеченный адсорбентами) — светло-желтым с содержанием сахарозы не менее 99,80 % и сахар первой категории (очищенный с помощью фильтрующих порошков) — с содержанием сахарозы 99,55 %.

Кроме того, все операции, производимые с жидким сахаром, должны строго соответствовать Рекомендациям по приему, хранению и переработке жидкого сахара на хлебопекарных предприятиях.

**Сахарная пудра.** Сахарная пудра применяется для приготовления печенья и отделки поверхности сдобных изделий после выпечки. Сахарную пудру получают дроблением сахара-песка на специальных дробилках. При просеивании сахарная пудра должна проходить через сито с отверстиями диаметром 0,1 мм. Содержания влаги и сахарозы в сахарной пудре должны быть такими же, как и в сахаре-песке.

**Патока.** При выработке некоторых сортов хлебобулочных изделий патоку используют в качестве рецептурного компонента. Ее получают путем кислотного или ферментативного гидролиза кукурузного, картофельного крахмала или другого крахмалсодержащего сырья.

В хлебопекарной промышленности при выработке определенных сортов изделий используют следующие виды патоки: крахмальную (ГОСТ Р 52060—03), рафинадную (ОСТ 18-233—75) и мальтозную (ОСТ 10-168—90). На хлебозаводы патока поступает в железнодорожных или автомобильных цистернах, откуда насосом перекачивается в резервуары-хранилища, где хранится при температуре 8—12 °С в условиях, предохраняющих резервуары от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Для обеспечения постоянной температуры хранения патоки резервуары располагают в специальном помещении, оборудованном установкой с автоматическим регулятором температуры.

Для снижения вязкости патоку при внутривозовском транспортировании подогревают до 45 °С. Перед использованием ее пропускают через сито с ячейками не более 3 мм.

Крахмальная патока (ГОСТ Р 52060—03) — это продукт неполного гидролиза крахмала (пшеничного, кукурузного, ячменного, ржаного, картофельного, тапиокового и др.), который про-

текаст под действием кислот и (или) амилолитических ферментных препаратов с последующим фильтрованием гидролизата, обесцвечиванием его активным углем и увариванием до определенной массовой доли сухих веществ. Патока представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость, вязкую по консистенции и сладкую на вкус.

В крахмальной патоке основную массу составляют декстрины, мальтоза и глюкоза, которые находятся в соотношении 3 : 1 : 1. Декстрины — это гидролизованный крахмал, глюкозидные цепи последнего представлены числом глюкозидных остатков, которых в декстринах больше, чем в мальтозе. Кроме углеводов в патоке содержатся красящие азотистые (не более 0,3 %) и минеральные вещества (не более 0,55 % в пересчете на СВ). В зависимости от применяемой для гидролиза кислоты продукт может содержать некоторые доли NaCl, CaO, SO<sub>3</sub>, FeO, CaSO<sub>4</sub>. Кроме того, в золе патоки присутствуют P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, катионы Mg, Mn и др.

В патоке содержится не менее 78 % СВ, в состав которых входят редуцирующие сахара (глюкоза, мальтоза) и декстрины, незначительное количество красящих, азотистых и минеральных веществ.

В соответствии с ГОСТ Р 52060—03 крахмальную патоку в зависимости от способа производства и углеводного состава подразделяют на следующие виды:

- низкоосахаренная;
- карамельная кислотная;
- карамельная ферментативная;
- мальтозная, в составе которой преобладает мальтоза;
- высокоосахаренная.

Показатели качества крахмальной патоки приведены в табл. 4.1.

4.1. Показатели качества крахмальной патоки

Показатели	Виды патоки				
	низкоосахаренная	карамельная кислотная	карамельная ферментативная	мальтозная	высокоосахаренная
Внешний вид	Густая вязкая жидкость				
Вкус и запах	Свойственный патоке, без посторонних привкуса и запаха				
Прозрачность	Прозрачная. Допускается опалесценция		Прозрачная		
Цвет (визуальная оценка)	От бесцветного до бледно-желтого разных оттенков				
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0
Массовая доля редуцирующих веществ в пересчете на СВ (глюкозный эквивалент), %	26—35	36—44	36—44	38 и более	45 и более

Показатели	Виды патоки				
	низкоосахаренная	карамельная кислотная	карамельная ферментативная	мальтозная	высокоосахаренная
Массовая доля общей золы в пересчете на СВ, %, не более	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Водородный показатель, рН	4,0—6,0	4,0—6,0	4,0—6,0	4,0—6,0	4,0—6,0
Кислотность (см <sup>3</sup> , не более) — объем раствора гидроксида натрия концентрации 0,1 моль/дм <sup>3</sup> (0,1 н.), пошедшего на нейтрализацию кислот и кислых солей в 100 г СВ патоки:					
из картофельного и других видов клубнeвого крахмала	27	27		Не нормируется	
из кукурузного и других видов зернового крахмала	15	15		Не нормируется	
Содержание диоксида серы (SO <sub>2</sub> ), мг/кг, не более	40	40	40	40	40
Температура карамельной пробы, °С	155	145	140	Не нормируется	
Наличие видимых посторонних механических примесей			Не допускается		

Поскольку низкоосахаренную, карамельную (кислотную, ферментативную) патоки применяют в основном в кондитерской промышленности, эти виды патоки в данном разделе не рассматриваются. В состав высокоосахаренной патоки входит 45 % и более редукующих веществ, в том числе до 40...50 % глюкозы. Эта патока обладает более сладким вкусом, меньшей вязкостью и большей гигроскопичностью, чем карамельная патока. Массовая доля декстринов в ней не превышает 8 %. Использование этой патоки в производстве хлебобулочных изделий способствует удлинению срока хранения за счет повышения влагоудерживающей способности и замедления процесса черствения.

Мальтозная патока (ОСТ 10-168—90). Продукт, получаемый при осахаривании крахмалсодержащего сырья ферментными препаратами, последующем фильтровании полученных сиропов и уваривании до заданной плотности. Готовый продукт обладает сладким вкусом с оттенком солодового с легким солодовым запахом, имеет коричневый цвет. Массовая доля СВ в мальтозной патоке должна быть не менее 78 %, она на 65 % состоит из мальтозы, при этом плотность ее должна быть не ниже 1,42 г/см<sup>3</sup>.

При выработке формового хлеба из пшеничной муки первого и второго сортов с внесением в тесто до 7 % мальтозной патоки к массе муки повышается его объемный выход, улучшаются струк-



турно-механические свойства мякиша, пористость, вкус, цвет корки, увеличивается продолжительность сохранения хлеба в свежем виде. Улучшение качества хлеба обусловлено содержанием в патоке как сбраживаемых углеводов, так и низкомолекулярных азотистых веществ, образующихся при гидролизе белков протеазами солода (в крахмальной патоке азотистые вещества отсутствуют).

**Рафинадная патока (ОСТ 18-233—75).** Представляет собой густую текучую массу темно-вишневого цвета сладкого вкуса с привкусом карамели и горьковато-солодовым привкусом. Рафинадная патока относится к отходам сахарорафинадного производства. В ней должно быть не менее 73 % СВ, не менее 53 % сахарозы и не более 20 % нес сахаров (% к массе продукта).

**Сахаропаточные полуфабрикаты.** Для улучшения качества и сохранения свежести изделий из пшеничной муки целесообразно применять полученные распылительной сушкой порошкообразные сахаропаточные полуфабрикаты (ПСПП) с содержанием влаги до 6 % и общих сахаров 65 %, дисперсностью частиц до 30 мкм. Степень воздействия полуфабрикатов на готовый продукт зависит от их количества, способа внесения в тесто и содержания патоки. В табл. 4.2 приведены физико-химические свойства ПСПП.

**4.2. Физико-химические свойства порошкообразных сахарных полуфабрикатов**

Порошкообразный полуфабрикат	Сахаропаточный сироп с массовой долей, %		Структура полуфабриката	Массовая доля в готовом продукте, %	
	патоки	влаги		влаги	редуцирующих веществ
Сахарная пудра	—	—	Кристаллическая	0,24	—
Паточный	100,0	40,0	Аморфная	3,75	41,2
ПСПП	11,1	25,8	Аморфно-кристаллическая	2,24	5,6
»	34,5	54,0	»	2,12	13,7
»	34,4	25,8	»	1,77	13,7
»	58,8	40,0	Аморфная	1,43	22,5
»	16,9	60,0	Аморфно-кристаллическая	2,02	7,1
»	30,0	20,0	»	1,75	12,4
»	20,0	42,0	»	1,71	8,2
»	12,0	30,0	»	1,90	5,8
Сахарный	—	45,0	»	0,80	—
Паточный	100,0	22,0	Аморфная	3,0	41,2
ПСПП	10,0	30,0	Аморфно-кристаллическая	2,1	4,5
»	40,0	30,0	Аморфная	1,5	17,6

Пищевые порошкообразные полуфабрикаты делят на сахарные и обогащенные сахарные. К сахарным относят: сахаропаточные, сахарофруктовые, сахаропаточные фруктовые, сахаропаточно-молочные, сахаропаточно-крахмальные, сахаропаточно-белковые, сахарошоколадно-молочные.

К обогащенным сахарным полуфабрикатам относят сахаропаточный с какао-порошком и сахаропаточный с ПАВ.

**Меласса.** Меласса относится к отходам сахарного производства и представляет собой сироп с характерным карамельным привкусом.

Состав мелассы (% к массе): сухих веществ — 76—84; сахарозы — 46—70; общего азота — 1,5—1,8; бетаина — 4,0—7,0; редуцирующих веществ — 1,0—2,5; раффинозы — 0,8—1,2; молочной кислоты — 4,0—6,0; золы — 1,0—10,0; органических солей — 2,9—9,0. В состав мелассы входят также различные аминокислоты и микроэлементы.

Меласса обладает антиокислительным действием. Ее водопоглотительная способность (ВПС) превышает ВПС сахарозы и инвертного сиропа. Применение мелассы способствует повышению выхода теста и хлеба, сохранению свежести изделий. При добавлении мелассы исчезает привкус отрубей в хлебе из цельномолотого зерна.

По данным Института хлебопекарной промышленности США, порошкообразную тростниковую мелассу эффективно использовать в смеси с частично клейстеризованным сухим крахмалом в соотношении 6 : 4.

Свеклосахаренную мелассу рекомендовано применять в производстве ржаного хлеба при приготовлении жидких заквасок. Меласса способствует улучшению подъемной силы, увеличению кислотности закваски, повышению качества хлеба.

**Мед.** В производстве некоторых сортов хлебобулочных изделий и пряников используют натуральный и искусственный мед, смесь инвертного сиропа и меда, медовые порошки, способствующие увеличению выхода теста, приданию специфического медового вкуса и запаха, улучшению структуры мякиша, замедлению черствения продукции.

Мед натуральный (ГОСТ 19792) — это продукт переработки медоносными пчелами нектара или пады, представляющий собой сиропобразную жидкость или закристаллизованную массу различной консистенции. Мед, применяемый в хлебопекарном производстве, может быть цветочный, падевый или смешанный. Содержание в меде влаги должно быть не более 21 % (в меде, предназначенном для промышленной переработки, до 25 %), редуцирующих веществ — не менее 82 %, сахарозы — не более 6 %, наличие механических примесей и признаков брожения не допускается.

Мед хранят в чистых сухих складах, изолированно от пылящих (мука) или имеющих специфический запах продуктов. Помещение должно быть защищено от проникновения мух, пчел, ос, му-

равьев и т. п. Мед с содержанием влаги менее 21 % хранят при температуре не выше 20 °С, а с содержанием влаги более 21 % — при температуре не выше 10 °С. Мед хранят в бочках и флягах, установленных в два-три яруса наливными отверстиями кверху.

Мед искусственный изготавливают путем гидролиза сахарного раствора пищевыми кислотами. В полученный сироп вводят ароматические вещества, как правило, медовую эссенцию. Иногда добавляют некоторое количество натурального меда.

## 4.2. ЖИРОСОДЕРЖАЩИЕ ПРОДУКТЫ

Жиры (липиды) подразделяют на нейтральные и жироподобные вещества (фосфолипиды, стерины). Нейтральные жиры состоят из глицерина и жирных кислот. Жиры обладают высокой энергетической ценностью: 1 г жира при окислении в организме дает 37,7 кДж. Они содержат витамины А, D, E, незаменимые жирные кислоты и лецитин.

Пищевая ценность жиров определяется их жирнокислотным составом и температурой плавления, наличием незаменимых пищевых веществ. В жидких жирах (растительных маслах) при температуре  $18 \pm 2$  °С преобладают ненасыщенные жирные кислоты, в твердых (животных) жирах — насыщенные жирные кислоты.

**Молочный жир.** Молочные жиры являются источниками витаминов А, D и провитамина А — каротина; растительные масла — витамина E. Обязательное требование, предъявляемое к полноценному жиру, — его свежесть.

В производстве хлебобулочных, в том числе сдобных, изделий применяют жиры животного происхождения — масло и пасту масляную из коровьего молока (ГОСТ Р 52253—04). В зависимости от технологии изготовления различают масло сливочное и топленое. Сливочное масло получают из пастеризованных сливок жирностью 38—42 % при периодическом способе их сбивания и из высокожирных сливок жирностью 83 % при поточном производстве. Процесс сбивания сопровождается разрушением белково-лецитиновой защитной оболочки жировых шариков, что обеспечивает их слипание в конгломераты.

При производстве периодическим способом сливочное масло после сбивания промывают водой и отжимают, при поточном способе промывание и отжатие не предусмотрено, поэтому содержание влаги в нем больше.

Вологодское масло готовят из сладких сливок, пастеризованных при температуре 92—95 °С, что придает маслу особый вкус и аромат.

Топленое масло получают при температуре 75—80 °С. В зависимости от показателей качества различают масло высшего и первого сорта. Характеристика различных видов масла из коровьего молока приведена в табл. 4.3.

### 4.3. Характеристика масла и пасты масляной из коровьего молока (ГОСТ Р 52253—04)

Вид коровьего масла	Показатели качества	
	жира, %, не менее	влаги, %, не более
Сладко- и кисломолочное:		
несоленое	80,0—85,0 включ.	18,5—14,0 включ.
соленое	80,0—85,0 включ.	17,5—13,0 включ.
Сладко- и кисломолочное пониженной жирности:		
несоленое	50,0—79,0 включ.	46,0—19,5 включ.
соленое	50,0—79,0 включ.	45,0—18,5 включ.
Масляная паста:		
несоленая	39,0—49,0 включ.	56,0—47,0 включ.
соленая	39,0—49,0 включ.	55,0—46,0 включ.

**Маргарин** (ГОСТ Р 52178—03). Маргарин — жировой продукт, структура которого представляет собой высокодисперсную эмульсию смешанного типа «вода в жире» или «жир в воде», приготовленную искусственно, в рецептуру которой входят рафинированный жир или масло и вода (молоко) с добавлением эмульгаторов, соли, сахара, пигментов, ароматизаторов и других компонентов. Жировой основой служит в основном гидрожир (65—75 % к общей массе жировой фракции), к которому добавляют натуральные растительные или животные масла.

Молоко предварительно полностью или частично заквашивают с целью придания готовому продукту вкуса и аромата, присущего коровьему маслу. Рецептура маргаринов, их физико-химические свойства, усвояемость близки к составу и свойствам сливочного масла. Маргарины по энергетической ценности соответствуют, а по температуре плавления и переваримости близки к сливочному маслу. Линолевой кислоты и витамина Е в маргаринах значительно больше, чем в сливочном масле, а холестерин обнаруживается в виде следов.

Различают маргарины твердые, мягкие и жидкие. Для хлебопекарного производства предназначены маргарины марок МТ (твердый), ММ (мягкий) и МЖП (жидкий) (табл. 4.4).

#### 4.4. Физико-химические показатели маргаринов (ГОСТ Р 52178—03)

Показатель	Марка		
	МТ	ММ	МЖП
Массовая доля, %:			
жира	39,0—84,0	39,0—82,0	60,0—95,0
влаги, не более		61,0	40,0
соли		0—1,5	
Температура плавления жира, выделенного из маргарина, °С	27—38	25—36	17—38
Кислотность маргарина, °Т, не более		2,5	

В рецептурах хлебобулочных изделий за основу принят маргарин с массовой долей жира не менее 82 %. При использовании маргаринов, у которых эта величина составляет менее 82 %, производят перерасчет дозировки в соответствии с Указаниями к рецептурам на хлебобулочные изделия по взаимозаменяемости сырья.

**Жиры для кулинарии, кондитерской и хлебопекарной промышленности.** Жиры для кулинарии, кондитерской и хлебопекарной промышленности (ГОСТ 28414—89) представляют собой различные смеси жиров, которые могут содержать пищевые саломасы, растительные масла, переэтерифицированные и животные жиры, эмульгаторы и другие компоненты.

В хлебопекарной промышленности применяют следующие жиры: жир жидкий хлебопекарный, кулинарные — «Фритюрный», «Украинский», «Белорусский», «Сало растительное».

Жир жидкий хлебопекарный при температуре 18 °С имеет однородную подвижную консистенцию, светло-желтый цвет (для неокрашенного — от светло-кремового до кремового), равномерный по всей массе; вкус нормальный, соответствующий обезличенному жиру, при введении ароматизаторов — с ароматом добавки. Массовая доля жира в продукте не менее 99,7 %, влаги и летучих веществ — не более 0,3 %; кислотное число — не более 0,8 мг КОН/г продукта. Этот жир в хлебопекарной промышленности предназначен для изделий, в рецептуру которых входит маргарин.

**Растительные масла.** Растительные масла — важнейшие источники незаменимых жирных кислот, богатые фосфатидами (лецитин), ситостеролами ( $C_{22}H_{49}OH$ ) и витамином Е. Основную долю растительных масел составляют жидкие масла, в которых преобладают моно- и полиненасыщенные жирные кислоты. Твердые растительные масла (какао-масло, кокосовое, пальмовое, пальмоядровое) с высоким содержанием насыщенных жирных кислот получают из плодов и семян тропических культур.

Растительное масло получают из семян масличных растений двумя способами: прессованием семян под высоким давлением или экстракцией с помощью низкокипящих органических растворителей (бензин, гексан и др.). Комбинированный способ получения масла (прессование и обработка жмыха растворителями) повышает выход готового продукта. Извлеченные из семян растительные масла, пройдя механическую очистку, содержат слизи, белки, фосфатиды, пигменты и др., поэтому их относят к нерафинированным. Примеси могут быть удалены рафинацией. Рафинированные масла проходят механическую обработку, гидратацию и щелочную очистку для удаления свободных жирных кислот.

Гидратированные масла получают путем обработки нерафинированного масла водой с целью удаления фосфатидов, белков и слизей.

Иногда масла дезодорируют для удаления неприятного нативного запаха.

Подсолнечное масло (ГОСТ 1129—93) по способу выработки может быть нерафинированным, гидратированным и рафинированным. Сорты подсолнечного масла различаются цветом, содержанием отстоя и кислотностью (табл. 4.5).

#### 4.5. Физико-химические показатели качества подсолнечного масла

Показатели	Масло								
	рафинированное		гидратированное			нерафинированное			
	дезодорированное	недезодорированное	высший сорт	первый сорт	второй сорт	высший сорт	первый сорт	второй сорт	
Массовая доля, %, не более:									
влаги и летучих веществ	0,10	0,10	0,10	0,15	0,30	0,20	0,20	0,30	
нежировых примесей	—	—	—	—	—	0,05	0,1	0,2	
неомыляемых веществ	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	
Кислотное число, мг КОН, не более	0,4	0,4	1,5	2,25	6,0	1,5	2,25	6,0	
Иодное число, г/100 г			125—145						
Цветное число, мг I, не более	10	12	15	20	30	15	25	35	
Температура вспышки экстракционного масла, °С, не ниже	234	225	225	225	225	225	225	225	

Горчичное масло нерафинированное высшего и первого сортов (ГОСТ 8807—94) получают прессованием семян горчицы, освобожденных от оболочек. Горчичное масло желтого цвета, имеет специфические приятные вкус и аромат, содержание отстоя (по массе) не более 0,05—0,1 %, кислотное число — не выше 2,25 мг КОН.

Соевое масло (ГОСТ 7825—96) выпускают в виде рафинированного дезодорированного, рафинированного неотбеленного и отбеленного; гидратированного первого и второго сортов.

Кукурузное масло (ГОСТ 8808—91) для промышленной переработки производят рафинированное недезодорированное и нерафинированное.

Показатели качества горчичного, соевого и кукурузного масел приведены в табл. 4.6.

Хлопковое масло (ГОСТ 1128—75) получают из семян хлопчатника, освобожденных от оболочек, прессованием или экстракцией. Сырое хлопковое масло содержит ядовитое вещество госсипол, окрашивающее масло в красно-бурый цвет, поэтому хлопковое масло обязательно подвергают рафинации. Для пищевых целей применяют только рафинированное хлопковое масло, полученное прессованием. Показатели качества хлопкового масла приведены в табл. 4.7.

4.6. Органолептические и физико-химические показатели качества горчичного, соевого и кукурузного масел

Показатели	Масло									
	горчичное		соевое				кукурузное			
	высший сорт	первый сорт	второй сорт	рафинированное дезодорированное	первый сорт	второй сорт	рафинированное дезодорированное	первый сорт	второй сорт	кукурузное нерафинированное
Прозрачность	Прозрачное без осадка		Допускается легкое мутнение	Прозрачное	Допускается легкое помутнение	Допускается легкое помутнение	Прозрачное без осадка	Прозрачное без осадка	Прозрачное без осадка	Над осадком допускается легкое помутнение
Запах и вкус	Свойственные горчичному маслу, без посторонних запахов, вкуса и горечи		Свойственные горчично-маслу, без постороннего запаха	Без запаха, вкуса, чужеродного запаха и запаха	Свойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса	Свойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса	Слойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса	Слойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса	Слойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса	Слойственные рафинированному соевому маслу, без постороннего запаха и вкуса
Массовая доля, %, не более:	0,1	0,15	0,30	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
влага и летучих веществ	0,05	0,05	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1
нежирных примесей (отстой по массе)	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	2,0
неомыляемых веществ	1,5	2,3	6,0	0,3	1,0	1,5	0,3	1,0	0,4	5,0
Кислотное число, мг КОН, не более	125—130	120—140	120—140	120—140	111—133	111—133	120—140	111—133	111—133	100
Иодное число, г/100 г, не менее	90	100	Не нормируется	12	50	70	12	50	20	225
Цветное число, мг I, не более		215		240	225	225	240	225	225	225
Температура вспышки экстракционного масла, °С, не ниже										

#### 4.7. Органолептические и физико-химические показатели хлопкового масла

Показатели	Масло				
	рафинированное дезодорированное		рафинированное недезодорированное		
	высший сорт	первый сорт	высший сорт	первый сорт	второй сорт
Прозрачность	Без запаха, вкус обезличенного масла		Прозрачно		
Запах и вкус			Свойственный рафинированному хлопковому маслу без постороннего запаха		
			Без привкуса		Вкус не определяется
Массовая доля, %, не более:					
влаги и летучих веществ нежировых примесей (отстой по массе)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Кислотное число, мг КОН, не более	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5
Цветность в красных единицах, не более:					
при 35 желтых					
при 35—105 желтых	7	10	7	10	10

**Спреды и топленые смеси (ГОСТ Р 52100—03).** Спред — эмульсионный жировой продукт с массовой долей общего жира 39—95 % включительно. Спред получают из молочного жира и натуральных, фракционированных, перэтерифицированных или гидрогенизированных растительных масел или из их композиций. Обладает пластичной, легко мажущейся консистенцией. В спреды допускается вносить пищевкусовые добавки, ароматизаторы и витамины.

Топленая смесь — жировой продукт с массовой долей жира не менее 99 %, вырабатываемый методом вытапливания жировой фазы из спреда.

В соответствии с ГОСТ Р 52100—03 выпускают сливочно-растительный спред (топленую смесь) с массовой долей жира в составе жировой фазы не менее 50 %; растительно-сливочный спред (топленую смесь) с массовой долей жира в составе жировой фазы 15—49 %; растительно-жировой спред (топленую смесь), жировая фаза которого состоит из натуральных и (или) фракционированных, и (или) перэтерифицированных, и (или) гидрогенизированных растительных масел.

Спреды в зависимости от массовой доли жира подразделяют на:  
 высокожирные (70,0—95,0 %);  
 среднежирные (50,0—69,9 %);  
 низкожирные (39,0—49,9 %).



### 4.3. МОЛОКО И ПРОДУКТЫ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

В хлебопекарной промышленности используют коровье молоко пастеризованное и продукты его переработки: молоко цельное сухое, обезжиренное сухое, творог обезжиренный, сметану, молочную сыворотку — натуральную, гущенную, сухую; пищевые казеиты, альбуминное молоко, сухие молочный белок и белковую смесь.

Молоко коровье содержит 87,5 % влаги, 12,5 % сухих веществ, из которых в среднем 3,5 % составляет жир, 3,2 % — белки, 0,04 % — небелковые азотистые соединения, 4,7 % — лактоза и 0,7 % — минеральные вещества.

Согласно ГОСТ 52090—03 в молоке коровьем пастеризованном содержание жира должно быть не более 2,5 или 3,2 %, плотность — не менее 1,027 г/см<sup>3</sup>, кислотность — не более 21 °Т, температура не выше 8 °С.

Молоко содержит фосфатиды, ферменты, минеральные вещества и витамины. Белки молока на 80 % состоят из казеина (фосфопротеидов), а также альбуминов и глобулинов, растворимых в воде (20 % от массовой доли белков молока) и находящихся в молоке в тонкодиспергированном состоянии. Белки молока полноценные, так как представлены полным спектром незаменимых аминокислот. Особенно богаты ими сывороточные белки, в которых доля лизина, триптофана, метионина и треонина наиболее высока. Усвояемость белков молока составляет 95—96 %.

Молочный сахар — лактоза — менее сладкий, чем сахароза. Под действием β-галактозидазы лактоза в присутствии воды гидролизуется на галактозу и глюкозу. При нагревании молока до температуры 95 °С и выше в результате реакции меланоидинообразования, протекающей между лактозой и аминокислотами, цвет молока приобретает коричневый оттенок.

В состав минеральных веществ молока входят соединения фосфора (20 %), кальция (20 %), калия (25 %), натрия, магния, хлора и многих других (около 40), а также микроэлементы (ионы меди, железа, цинка, марганца, йода, кобальта и др.). В молоке микроэлементы связаны с белками или оболочками жировых шариков. Содержание кальция в молоке составляет в среднем 120 мг%. Кальций и фосфор в молоке хорошо сбалансированы и легкоусвояемы.

Вода в молоке, как и в других биологических жидкостях, находится в свободном и связанном состояниях. Значительная доля воды (84,0—84,5 %) представлена свободной влагой и играет роль растворителя лактозы, витаминов, кислот, минеральных веществ; связанная влага (3—3,5 %) входит в состав различных гидрофильных коллоидов молока — белков, фосфатидов и др.

Молочный жир неоднороден по составу и представлен смесью различных триглицеридов, некоторой долей ди- и моноглицери-

дов, фосфолипидов и стерина. Из жирных кислот — триглицеридов в молоке в основном содержатся пальмитиновая, миристиновая и стеариновая; из ненасыщенных преобладает олеиновая.

В молочном жире присутствует значительная доля низкомолекулярных летучих кислот (масляная, капроновая, каприловая, каприновая), придающих молоку специфический вкус и аромат. Чем больше их в жире, тем ниже температура плавления жира (28—33 °С).

Жир диспергирован в молоке в виде шариков, покрытых лецитиново-белковыми пленками, препятствующими их слипанию. Жировая эмульсия в молоке весьма устойчива. Биологическая ценность молока из-за полиненасыщенной арахидоновой кислоты, лецитина, холестерина, β-каротина, витаминов А и D весьма высока.

Ферменты в молоке представлены оксидоредуктазами (редуктаза, пероксидаза, каталаза) и гидролазами (липаза, фосфатаза, β-галактозидаза). Редуктаза индуцируется в молоке при обсеменении его микроорганизмами, поэтому редуктазная проба служит показателем общей бактериальной обсемененности молока.

Пероксидаза — нативный фермент, инактивирующийся при температуре около 80 °С. Каталаза окисляет пероксид водорода с образованием молекулярного кислорода.

Нативная липаза молока связана с казеином и оболочками жировых шариков и поэтому малоактивна.

Фосфатаза, как и вышеуказанные два фермента, является нативным ферментом молока, весьма чувствительна к температуре.

В молоке содержатся нативные и бактериальные протеазы, которые могут вызвать различные пороки молока и молочных продуктов.

Витамины молока представлены в широком диапазоне. К водорастворимым витаминам молока относятся тиамин (В<sub>1</sub>), рибофлавин (В<sub>2</sub>), ниацин (РР), пиридоксин (В<sub>6</sub>), цианокобаламин (В<sub>12</sub>), аскорбиновая кислота (С), биотин (Н); к жирорастворимым — ретинол (А), кальциферол (D), токоферол (Е) и филлохинон (К).

В табл. 4.8 приведены показатели качества пастеризованного коровьего молока.

При переработке молока в цельномолочную продукцию (кроме творога, сливок, сметаны) и молочные консервы основные его компоненты используются полностью. При производстве 1 т масла образуется около 20 т обезжиренного молока и 1,0—1,5 т пахты. *Пахта* — однородная жидкость желтоватого цвета, должна содержать не менее 8,0 % СВ и иметь общую кислотность не более 21 град. Сухое вещество пахты состоит в основном из лактозы (4,5—4,8 %), белков (3,2—3,3 %) и некоторой доли жира (0,5 %). При производстве 1 т сыра, творога и казеина образуется до 9 т молочной сыворотки.

#### 4.8. Органолептические и физико-химические показатели качества пастеризованного коровьего молока

Показатели	Нормы для молока с содержанием жира, %				
	1,0 бел- ковое	2,5 бел- ковое	2,5 пасте- ризован- ное	3,2 пасте- ризован- ное	нежир- ное
Внешний вид и консистенция	Однородная жидкость без осадка				
Вкус и запах	Чистые, без посторонних, несвойствен- ных свежему молоку желтков и запахов				
Цвет	Белый со слегка желтоватым оттенком				Со слег- ка сине- ватым от- тенком
Массовая доля жира, %, не менее	1,0	2,5	2,5	3,2	—
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не ниже	1037	1036	1027	1027	1030
Кислотность, °Т, не более	25	25	21	21	21

Эти и другие вторичные продукты производства молочных продуктов в нативном или высушенном виде широко используют в хлебопекарной промышленности. Пищевая ценность молочной сыворотки обусловлена наличием в ней белковых веществ, углеводов, жиров, витаминов, минеральных солей и микроэлементов. *Молочная сыворотка* — однородная жидкость зеленоватого цвета, специфичного кислотного вкуса. Сыворотка всех видов должна содержать не менее 5 % СВ, в том числе не более 1,0 % белка и не менее 4,0 % лактозы, предельная общая кислотность творожной сыворотки — не более 75 °Т. Желто-зеленая окраска молочной сыворотки объясняется наличием в ней рибофлавина.

При производстве творога и сыра в сыворотку переходят около 50 % СВ молока: углеводов — 90 %, белковых веществ — более 20, минеральных солей — около 80 %. Углеводы сыворотки представлены в основном лактозой и продуктами ее гидролиза — глюкозой и галактозой; белки сыворотки — альбуминами, глобулинами и  $\gamma$ -казеином, которые полноценны по составу аминокислот. Из минеральных веществ молока в сыворотку переходит 80 % калия, до 50 % кальция и магния, содержание которых в муке и хлебе незначительно. Кроме того, сыворотка богата витаминами группы В, а также в незначительной степени жирорастворимыми витаминами А, D, Е (табл. 4.9).

Из ферментов в сыворотке содержатся протеаза и пептидаза, липаза, фосфатаза и  $\beta$ -галактозидаза (в свежем молоке  $\beta$ -галактозидаза отсутствует). Основной из органических кислот сыворотки является молочная кислота, которой сопутствуют уксусная, муравьиная и масляная.

На основе творожной и подсырной сывороток получают сывороточные концентраты, стущенную и сухую сыворотки, белковые препараты и др.

**4.9. Химический состав (г на 100 г продукта) и энергетическая ценность (кДж) муки и молочных продуктов**

Состав	Мука	Молоко сухое обезжиренное	Сыворотка			Сывороточный концентрат
			творожная	подсырная	подсырная сухая	
Вода, %	14	4,0	4,1	94,0	4,0	6
Жиры, %	1,3	1,0	0,2	0,1	1,1	3,2
Лактоза, %	—	50,3	3,5	4,0	73,3	39
Белки, %	10,6	37,9	1,0	1,0	12,0	45,5
Незаменимые аминокислоты, мг						
В том числе:						
валин	510	1759	32	41	440	2189
изолейцин	530	1934	47	57	748	2404
лейцин	880	3564	67	62	850	4381
лизин	290	2259	60	53	592	3835
метионин	160	808	9	17	372	835
треонин	330	1689	37	35	422	3180
триптофан	120	435	7	9	131	512
фенилаланин	580	1789	22	29	400	1251
Лимитирующая аминокислота, скор, %	Лиз.— 50	Мет.+ цис.— 85	Фен.+ тир.— 62	Фен.+ тир.—	Фен.+ тир.—	Мет.— 56
Органические кислоты	0,13	—	0,23	0,23	3,60	0,19
Зола, %	0,7	6,8	0,8	0,7	6,0	5,0
Макроэлементы, мг:						
натрий	1,2	500	40	40	300	—
калий	176	1224	125	125	1400	—
кальций	24	1107	60	60	1100	—
магний	44	156	7	6	150	—
фосфор	115	976	78	71	700	—
железо	2,1	1,0	0,1	0,1	1,5	—
Витамины, мг:						
А	—	0,01	Следы	Следы	Следы	—
В <sub>1</sub>	0,25	0,30	0,03	0,03	0,21	—
В <sub>2</sub>	0,08	1,80	0,11	0,11	1,30	—
РР	2,20	1,20	0,14	0,14	0,82	—
С	0	4,0	0,5	0,5	5,0	—
Энергетическая ценность, кДж	1377	1460	80	88	1448	1452

Молоко коровье обезжиренное сухое (ГОСТ 10—70) получают из обезжиренного молока путем распылительной или пленочной сушки. Характеристика молока обезжиренного сухого приведена в табл. 4.10.

*Иодказеин* (иодированный белок) — органическое соединение иода, встроенного в молекулу молочного белка. Уникальность иодказеина заключается в том, что при недостатке иода печень человека вырабатывает ферменты, расщепляющие молочный белок, и иод поступает в организм человека. Когда иода в организме дос-

#### 4.10. Физико-химические показатели обезжиренного сухого молока

Показатели	Норма для продукта в таре	
	потребительской	транспортной
Содержание влаги, %, не более:		
молоко распылительной сушки	4,0	5,0
молоко пленочной сушки	—	5,0
Содержание, %, не более:		
жира	1,5	1,5
белка	32,0	—
лактозы	50,0	—
Индекс растворимости, см <sup>3</sup> сырого осадка, не более:		
молоко распылительной сушки	0,2	0,4
молоко пленочной сушки	—	1,5
Кислотность, °Т, не более	20	21
Чистота группы, не ниже	1	11
Содержание, %, не более:		
олова	0,01	0,01
меди	0,0013	0,0013
свинца	Не допуска- ется	Не допуска- ется

таточно, индукция ферментов прекращается и остаток иода вместе с белком выводится из организма естественным путем. Учитывая, что иодказеин — единственный на сегодня препарат, выдерживающий высокие температуры нагревания, не распадаясь, его рекомендуют для обогащения иодом различных продуктов питания в промышленных условиях. Например, для обогащения 1 т хлеба достаточно всего 5 г иодированного белка. При этом, съедая 250 г обогащенного хлеба, взрослый человек получает 100 % суточной нормы иода. Ребенку достаточно 100 г такого хлеба. Передозировка иода при использовании такого соединения исключена. В 100 г обогащенного хлеба содержится 46 мкг иода.

Пищевая добавка «Иодказеин» выпускается в соответствии с ТУ 9229-001-44363077—99.

#### 4.4. ЯЙЦА И ЯИЧНЫЕ ПРОДУКТЫ

Куриные яйца и яичные продукты применяют в производстве некоторых булочных, сдобных и мучных кондитерских изделий.

Гусиные и утиные яйца используют только при выработке изделий, подвергающихся термической обработке, и для смазки поверхности тестовых заготовок, так как они могут быть источниками инфекции, например сальмонеллеза.

В яйцах сконцентрированы жизненно важные, хорошо сбалансированные вещества.

В курином яйце скорлупа составляет 12—13 % массы, белок 55—56, желток 32—33 %. Куриное яйцо состоит на 88 % из воды.

В желтках около 17 % белков и 33 % жиров, богатых лецитином и холестеринном и содержащих ненасыщенные жирные кислоты. В связи с низкой температурой плавления и эмульгированностью жиры легко перевариваются. В желтках сосредоточены витамины А, D, E, каротин и витамины группы В. Особенно много в желтке холина. Яйца, особенно желток, — важный источник фосфора и хорошо усвояемых (за исключением железа) минеральных веществ. Белки желтка и яиц относятся к высокоценным, имеющим оптимальную сбалансированность аминокислот.

Масса куриного яйца составляет от 40 до 60 г. В технологических расчетах массу одного яйца принимают за 40 г, а за 1 кг меланжа — 25 яиц. Куриные пищевые яйца должны соответствовать ГОСТ 27853.

Куриные яйца подразделяют на диетические и столовые. Диетические (Д) яйца — это яйца, поступившие на реализацию не позднее чем через 7 сут после снесения. На каждое яйцо ставят дату снесения. Яйца I категории (Д-I) имеют массу не менее 54 г, яйца II категории (Д-II) — не менее 44 г. Столовые яйца подразделяют на свежие, холодильниковые и известкованные. Свежие яйца — это яйца, хранившиеся не более 30 сут после снесения; холодильниковые — яйца, хранившиеся в холодильнике больше 1 мес; известкованные — яйца, хранившиеся в растворе извести. По массе и качеству столовые яйца подразделяют на две категории: I категория — масса яиц не превышает 48 г, II категория — масса яиц не превышает 43 г. Холодильниковые и известкованные яйца используют для кондитерских и булочных изделий.

Для промышленной переработки используют яйца, соответствующие действующей нормативной документации, со сроком хранения не более 25 сут, и яйца, хранившиеся в холодильнике не более 120 сут. Для производства яичного порошка и меланжа используют яйца, хранившиеся не более 90 сут, и мелкие яйца массой от 35 до 40 г, а по остальным требованиям соответствующие стандарту; яйца с поврежденной незагрязненной скорлупой без признаков течи («насечка», «мятый бок»), а также яйца с поврежденной скорлупой и подскорлупной оболочкой с признаками течи при условии сохранения желтка.

Меланж — тщательно перемешанная и профильтрованная смесь яичных белков и желтков в естественной для яиц пропорции, замороженная при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Меланж упаковывают в жестяные банки и запаивают. Наличие на поверхности продукта бугорка указывает на соблюдение режимов замораживания и хранения. Отсутствие бугорка свидетельствует о том, что продукт размораживался. Массовая доля влаги в меланже должна быть не более 75 %, жира — не менее 10 %, белковых веществ — не менее 10 %, кислотность продукта — не более 15 град.

Яичный порошок (ГОСТ 30363—96) — яичная смесь из белков и желтков, высушенная при температуре  $130\text{--}150^{\circ}\text{C}$  и распылен-

ная при давлении 10—12 МПа. Яичный порошок упаковывают в жестяные банки, фанерные бочки, бумажные мешки или картонные ящики.

Яичный порошок имеет светло-желтый или желтый цвет, вкус и запах, соответствующие высушенному яйцу. Массовая доля влаги в яичном порошке должна быть от 6 до 8,5 %, белков — 45 % в пересчете на СВ, жира — 35 % в пересчете на СВ, кислотность — не более 10 град, растворимость — не менее 85 %.

#### 4.5. МУКА ИЗ НЕТРАДИЦИОННЫХ ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КУЛЬТУР

**Ячмень.** В технологии хлеба в качестве носителей амилаolitikеских ферментов используют ячменный солод и препараты из него. Из ячменя производят ячменную сортовую муку, которую используют в составе комбинированных смесей.

Из яровых сортов ячменя наибольшее распространение в хлебопечении получили следующие сорта: Винф, Нутанс 187, Альза, Унион, Московский 121.

Качество зерна ячменя оценивают по следующим показателям: массовой доле влаги, содержанию сорной и зерновой примесей, зараженности вредителями, по натуре — не менее 630 г/дм<sup>3</sup>, массовой доле мелких зерен (проход через сито с отверстиями 2,2 × 20 мм) не более 5,0 %.

Белки некоторых сортов ячменя способны образовывать клейковину в количестве 3...28 %. По качеству клейковина ячменя обычно короткорывушаяся, часто крошашаяся.

**Овес.** Овес используют в хлебопечении в качестве сырья для получения диетических хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Пищевое достоинство овса определяется высокой биологической ценностью его белков: массовая доля дефицитной аминокислоты лизина в овсе составляет 4,8 %, что выше, чем в пшенице. Содержание жира в зерне овса — 6,2 %, ржи — 2,2, пшеницы — 2,3 %.

Зерно овса оценивают по массовой доле влаги, содержанию сорной, вредной и зерновой примесей, натуре, зараженности вредителями. Зерно, предназначенное для выработки продуктов детского питания, оценивают также и по кислотности, которая должна быть не более 5 град.

**Кукуруза.** Из зерна кукурузы получают муку, которую применяют в технологии жидких дрожжей, а также в производстве диетических сортов хлеба. Получаемый при переработке кукурузного зерна на крахмал белковый продукт глютеин применяют в хлебопекарной промышленности.

В технологии хлеба используют муку кукурузную сортовую (крупную и мелкую).

Кукурузную муку мелкого помола используют в качестве составной части бисквитной муки и для частичной замены пшеничной муки.

Кукурузная сеяная мука тонкого помола на ощупь и по виду напоминает пшеничную. Энергетическая ценность ее выше, чем у многих других видов муки. Массовая доля белков в муке составляет в среднем 9,8 %. Кукурузная мука отличается от пшеничной более высоким содержанием жира и минеральных веществ. Ее кислотность и крупность частичек также выше. Газообразующая способность кукурузной муки выше по сравнению с пшеничной мукой за счет более высокой атакемости крахмала амилолитическими ферментами.

Муку крупного помола используют для приготовления каш, а муку тонкого помола — для приготовления пудингов, вареников, оладий, галушек, коржей и пр. При добавлении кукурузной муки в торты, розанчики, эклеры и печенье эти изделия становятся более вкусными и рассыпчатыми. Кукурузную муку используют также в качестве добавок к пшеничной муке при приготовлении кондитерских изделий.

Качество кукурузы в соответствии с ГОСТ 13634—90 оценивают по следующим показателям: массовой доле влаги, содержанию сорной и зерновой примесей и зараженности вредителями хлебных запасов.

Кукуруза не накапливает нитраты и является экологически чистым продуктом.

**Амарант.** Различные продукты переработки семян амаранта (цельносмолотая мука, семенные оболочки, липопротеидный комплекс) можно использовать для приготовления пшеничного теста с целью повышения пищевой ценности готовых изделий.

Химический состав цельносмолотой муки из семян амаранта (ТУ 9293-006-18932477—04) характеризуется высоким содержанием белков и липидов по сравнению с пшеничной мукой. Так, в амарантовой муке содержится белков 17,6 %, липидов 8,5 %, а в пшеничной первого сорта — белков 10,6 %, липидов 1,3 %. Мука амаранта содержит два типа протеаз, которые проявляют свою активность как в кислой (рН 4,65), так и в нейтральной (рН 7,7) зонах. Активность амилолитических ферментов муки амаранта в 2 раза ниже, чем пшеничной.

Мука амаранта, вносимая при замене части пшеничной муки первого сорта, оказывает существенное влияние на качество хлеба, приготовленного как безопарным, так и опарным способами.

После извлечения из семян амаранта ценных белоксодержащих компонентов — белоклипидных комплексов — образуется шрот.

Влажность шрота после извлечения белоклипидных комплексов и трех-, четырехкратной промывки водой составляет  $75 \pm 3$  %. Для более длительного хранения и предотвращения микробиологической порчи его сушат до влажности 6—8 %. По органолептическим показателям шрот амаранта представляет собой светлую порошкообразную массу с небольшими включениями в виде неизмельченных оболочечных частиц, без вкуса и запаха. Химический



состав шрота (% на абс. СВ): белок — 19,76; крахмал — 62,74; липиды — 5,10; клетчатка — 2,86; зола — 0,61.

Биологическую ценность шрота амаранта обуславливает широкий спектр аминокислот (мг/100 г продукта): валин — 174, изолейцин — 155, лейцин — 468, лизин — 192, метионин — 109, треонин — 510, фенилаланин — 270, серин — 556, пролин — 608, аспарагиновая кислота — 830, глутаминовая кислота — 1053, глицин — 526, аланин — 320, цистин — 98, тирозин — 157, гистидин — 187, аргинин — 329.

Основная масса сухих веществ шрота содержится в крахмале, который по гранулометрическому составу и формометрическим характеристикам аналогичен зернам пшеничного крахмала. Кроме того, шрот можно использовать для получения ферментативных гидролизатов с различной степенью осахаривания и применять их для активации дрожжей; в составе питательных смесей при воспроизводстве жидких биологических разрыхлителей; для корректировки хлебопекарных свойств муки и улучшения внешнего вида хлебулочных изделий, не содержащих сахар-песок.

**Чечевица.** Для восполнения дефицита белка и расширения ассортимента продукции в настоящее время широко используют бобовые культуры, в том числе чечевицу. Она является представителем семейства Бобовые и характеризуется высоким содержанием белка (20—40 %), который находится не только в семенах (особенно в семязлоях зародышей), но и в вегетативных частях растения.

В чечевице содержание белка в 2,2 раза выше, а крахмала в 1,5 раза ниже, чем в пшеничной муке первого сорта. В чечевичной муке сумма незаменимых аминокислот в 2,6 раза больше, чем в пшеничной муке первого сорта (табл. 4.11).

#### 4.11. Аминокислотный состав чечевицы и пшеничной муки первого сорта

Аминокислота	Чечевица			Пшеничная мука первого сорта		
	мг/100 г продукта	г/100 г белка	скор, %	мг/100 г продукта	мг/100 г белка	скор, %
Валин	1270	5,29	105,8	510	4,81	90,2
Изолейцин	1020	4,25	106,3	530	5,00	125,0
Лейцин	1890	7,88	112,6	813	7,67	109,6
Лизин	1720	7,17	130,4	265	2,50	45,5
Метионин + цистин	510	2,13	60,9	160	3,77	107,7
Треонин	960	4,00	100,0	318	3,00	75,0
Триптофан	220	0,92	92,0	120	1,13	113,0
Фенилаланин + тирозин	2030	8,56	141,0	580	8,30	133,3
Аланин	1040	4,33	—	359	3,39	—
Аргинин	2050	8,54	—	500	4,72	—
Аспарагиновая кислота	2870	11,96	—	411	3,88	—
Гистидин	710	2,96	—	220	2,08	—
Глицин	1030	4,29	—	384	3,62	—
Глутаминовая кислота	3950	16,46	—	3220	30,38	—
Пролин	1050	4,38	—	1050	9,91	—
Серин	1250	5,21	—	454	4,28	—
Общая масса аминокислот	23570	98,23	—	10434	98,44	—
Лимитирующая аминокислота, скор, %	Мет. + цис. — 60,9			Лиз. — 45,5; тре. — 75,0		

Аминокислотные scores по лизину и треонину у чечевичной муки составили 130,4 и 100,0 % против 45,5 и 75,0 % — у пшеничной.

В чечевичной муке содержание углеводов (в виде крахмала) на 22,7 % меньше, а моно- и дисахаридов — в 5,8 раз больше, чем в пшеничной муке первого сорта.

В чечевичной муке содержание натрия, калия, кальция, магния, железа и фосфора (55; 672; 83; 80; 11,8 и 390 мг/100 г продукта соответственно) значительно выше, чем в пшеничной муке первого сорта (4; 176; 24; 44; 2,1 и 115 мг/100 г продукта соответственно), а также более высокое содержание витаминов В<sub>1</sub> (в 2 раза) и В<sub>2</sub> (в 2,6 раза).

Анализ состава пшеничной муки первого сорта и чечевичной показывает их существенное различие по основным компонентам (рис. 4.1).

Сбрасывающая способность чечевичной муки по сравнению с пшеничной мукой первого сорта в начальный период брожения выше. Добавление чечевичной муки к пшеничной позволяет интенсифицировать процесс брожения в начальный период, что обеспечивает сокращение технологического цикла производства хлеба.

**Соя.** Благодаря высокому содержанию белков (36,5—48,9 %) соевую муку применяют для повышения биологической ценности хлебобулочных изделий.

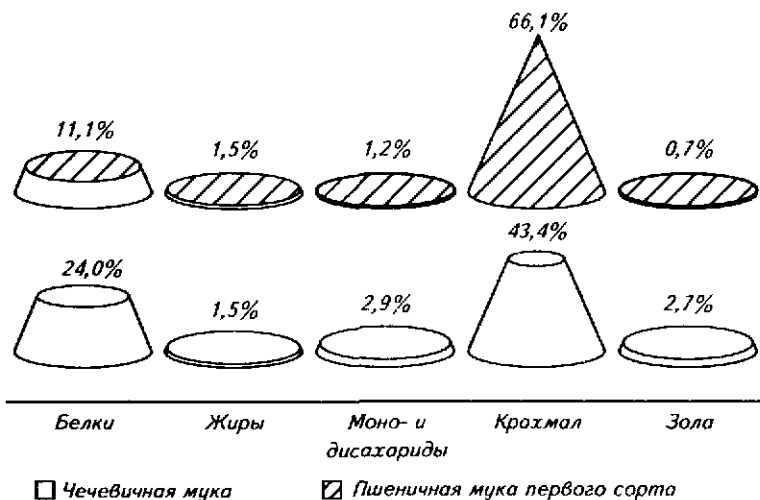


Рис. 4.1. Сравнительный анализ состава муки чечевичной и пшеничной первого сорта

Согласно ГОСТ 3898--56 муку соевую дезодорированную получают путем размола соевых бобов или пищевого соевого жмыха или шрота, и в зависимости от источника получения она подразделяется на обезжиренную (из зерна), полуобезжиренную (из жмыха) и обезжиренную (из шрота). Каждому из этих видов муки может быть присвоен высший и первый сорт.

Вкус и запах всех видов и сортов соевой муки должны быть свойственны каждому виду, без посторонних привкусов и запахов, без привкуса горечи и кислоты.

В бобах сои в отличие от зерна пшеницы и ржи минеральные вещества находятся в большем количестве в семядолях, чем в оболочках и зародыше, поэтому зольность не является показателем сорта и качества муки.

Из сои получают не только муку, но и концентраты (70 % белка) и изоляты (92 % белка) соевых белков. Возможно, например, получение комбинированных (горохового и соевого) белковых концентратов.

#### 4.6. ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

В процессе переработки зерна в хлебопекарную муку и крупу образуются отруби, зародыш и мучка. Эти побочные продукты, образующиеся при производстве основной продукции, пригодны для использования в качестве сырья в другом производстве или для самостоятельного потребления.

Побочные продукты образуются наряду с основной продукцией в едином технологическом цикле в результате физико-химической переработки сырья и сохраняют максимум полезных веществ в неизменном виде. Они отличаются от основной продукции по своим физико-химическим свойствам.

Анализ химического состава этих продуктов показывает, что они могут служить сырьем для производства ценных продуктов питания или биологически активных веществ.

В табл. 4.12 приведен химический состав побочных продуктов. Анализ данных показывает, что в этих продуктах присутствует много биологически важных веществ, необходимых для полноценного питания.

В табл. 4.13 приведено содержание незаменимых аминокислот в отрубях, мучке и зародыше, полученных при сортовом помоле пшеницы. Из данных таблицы видно, что в этих продуктах присутствуют все восемь незаменимых аминокислот, не синтезируемых в человеческом организме, особенно много их в белке зародыша. Кроме того, побочные продукты мукомольного и крупяного производств богаты различными витаминами (табл. 4.14).

**4.12. Химический состав побочных продуктов мукомольного и крупяного производств (% на СВ)**

Продукт	Белок	Крахмал и другие углеводы	Клетчатка	Жир	Зольность
Отруби пшеничные	15—18	30—45	8—12	3—4	4—7
Отруби ржаные	15—17	50—55	9—13	3—4	5—7
Мука:					
пшеничная	14—16	60—65	4—5	3—4	2—3
ржаная	19—21	55—60	10—13	5—7	2—3
гречневая	9—21	60—63	7—9	2—3	3—4
рисовая	8—16	45—55	15—10	10—18	10—13
овсяная	10—13	60—65	10—12	4—6	5—6
ячменная	15—18	55—65	5—8	2—4	3—5
гороховая	20—25	45—55	7—9	3—5	3—4
кукурузная	9—11	65—70	3—5	4—6	2—3
просяная	12—15	45—55	10—15	8—10	4—6
Зародыш:					
пшеничный	25—30	35—45	2—4	8—12	4—6
кукурузный	12—18	45—50	4—7	25—30	3—5

**4.13. Содержание незаменимых аминокислот в побочных продуктах мукомольного производства (мг/100 г)**

Аминокислота	Содержание в		
	отрубях пшеничных	мучке пшеничной	зародыше пшеничном
Лизин	790	650	1910
Треонин	680	560	1120
Валин	920	800	1340
Лейцин	1210	1160	1840
Изолейцин	620	580	1060
Метионин	310	290	580
Фенилаланин	770	750	1210
Триптофан	230	270	310

**4.14. Содержание витаминов в побочных продуктах мукомольного производства (мг%)**

Витамин	Содержание в		
	отрубях пшеничных	мучке пшеничной	зародыше пшеничном
Тиамин	2,29	2,70	2,54
Рибофлавин	0,56	0,29	0,69
Ниацин	34,6	5,0	8,7
Пиридоксин	0,97	0,56	1,36
Токоферол	6,8	3,6	16,9
Бетаин	559	412	562
Холин	246	186	340
Пантотеновая кислота	3,7	1,5	2,5
Фолиевая кислота	0,18	0,10	0,24

Все приведенные данные указывают на высокую пищевую ценность этих продуктов, поэтому во всех развитых странах в настоящее время уделяют особое внимание их рациональному использованию.

**Отруби.** Это побочный продукт помола зерна, состоящий из частиц оболочек и алейронового слоя с примесью частиц зародыша и эндосперма. При помоле пшеницы почти на всех мельницах образуется до 18,5 % отрубей от массы зерна. Пшеничные отруби имеют ценный минеральный состав: около 10 мг/кг фосфора, 40—50 мг/кг марганца, более 80 мг/кг цинка, более 10 мг/кг калия, 5—10 мг/кг меди, а также более 15 других макро- и микроэлементов (кобальт, фтор, железо и др.), необходимых для нормального протекания различных биохимических и физиологических процессов в организме человека; в ржаных отрубях содержание железа достигает 40 мг/кг, марганца 15 мг/кг и т. д.

Кроме того, отруби содержат очень много белка, богатого незаменимыми аминокислотами (лизином, триптофаном, треснином), и других полезных пищевых веществ. Однако отруби плохо усваиваются организмом человека, при этом 30—40 % содержащихся в них белков остаются неиспользованными. Для повышения усвояемости этих белков целесообразно применять диспергирование пшеничных отрубей с отбором фракции величиной до 180 мкм, которая составляет 50 % общей массы отрубей. Для повышения биологической ценности массовых сортов хлебобулочных изделий их можно вносить взамен 5 % пшеничной муки второго сорта, а при выработке хлеба украинского нового взамен 10 % ржаной обдирной муки.

По фракционному составу белковых веществ тритикалевые отруби близки к пшеничным (табл. 4.15), что делает их взаимозаменяемыми в технологии пищевых продуктов.

#### 4.15. Фракционный состав белков тритикалевых и пшеничных отрубей

Фракции	Массовая доля белковых фракций в белке отрубей, % от общей массы азота	
	тритикалевых	пшеничных
Альбумины + глобулины	34,5	31,9—43,1
Клейковинные белки:		
глиадин	12,9	8,2—13,3
глютенин	25,2	25,5—32,3
Растворимые белки	74,4	36,1—77,0
Нерастворимые белки	22,3	20,8—28,0

На основе отрубей и продуктов переработки ябллок производят обогатительную пищевую добавку «Янтарь», введение которой в рецептуру хлебобулочных (5—10 % к массе муки) и мучных кондитерских изделий (до 10 % к массе готового изделия) позволяет уве-

личить содержание в них пектина, магния, кальция, пищевых волокон. Этот рецептурный компонент вводят при замесе теста, предварительно перемешав с мукой.

**Мука.** Это побочный продукт переработки зерна, который образуется преимущественно в процессе шлифования и состоит из тонко измельченных частиц всех анатомических частей зерновки (плодовой и семенной оболочек и крахмальных зерен с прикрепленными к ним частицами белковой матрицы), проходящих через отверстия сита диаметром 1,5 мм. В состав тритикалевой муки входит (%): белка — 11,6, крахмала и других углеводов — 43,2, клетчатки — 6,44, жира — 1,98. Зольность муки составляет 2,47 %.

**Зародыш.** Зародыш расположен у основания зерновки пшеницы под некоторым углом к эндосперму. Он состоит из щитка, почечки и зачаточных бугорков корешков. При определенных условиях (достаточное насыщение влагой, доступ кислорода, определенная температура) зародыш начинает прорастать. В нем содержится большое количество полноценных белковых веществ, жира и углеводов, витаминов. В анатомических частях зерновки пшеницы его доля составляет 1,5—3,0 %.

Белок зародыша отличается хорошей усвояемостью и биологической полноценностью, а жир более чем на 80 % состоит из непредельных жирных кислот и содержит значительное количество (до 2 %) фосфолипидов.

Зародыш содержит более 20 макро- и микроэлементов. При этом содержание фосфора достигает 1 % и более, калия — более 1 %, натрия — свыше 50 мг/кг, железа — около 100 мг/кг. Кроме того, в зародыше в значительном количестве присутствуют медь, цинк, кобальт и другие микроэлементы.

В массе зерна пшеницы зародыш составляет до 3 %. Его получают при сортовых помолах зерна пшеницы. Цвет зародыша должен быть желтым со светло-коричневым оттенком, вкус — сладким специфическим, запах — присущим зародышу. Влажность не более 15,5 %. Из-за высокого содержания жира (11,7 %) зародышевые хлопья можно хранить лишь 2 мес. В ряде стран пшеничный зародыш добавляют к хлебу в количестве 3...5 % к массе муки. В результате хлеб получается полноценным по незаменимым аминокислотам, витаминам и микроэлементам. В массовых сортах хлеба им можно заменять 2 % пшеничной муки первого и второго сортов, а в хлебе украинском новом — 5 % ржаной обдирной муки.

Хорошие результаты получают также при производстве сахарного печенья с добавлением до 10 % пшеничных зародышей. Применяют зародыш и в производстве специальной муки для кондитерской промышленности, которая идет на выработку шоколадных конфет, тортов, пирожных, кремов и другой продукции.

Кроме того, зародыш рекомендуется применять для диетического питания при болезнях кровеносной системы, нервных расстройствах, для профилактики атеросклероза, укрепления организма при физическом переутомлении. Употребление в пищу 50 г зародыша удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в витаминах.

Зародыш является также хорошим сырьем для производства растительного масла (кукурузного, рисового, пшеничного).

Оставшийся после экстракции масла из зародыша продукт отличается высоким содержанием белка — более 30 %, ценным аминокислотным и минеральным составом. Его используют в виде обогатителя при изготовлении хлебобулочных изделий, сухих завтраков и диетических кулинарных блюд.

Однако широкое использование зародыша и мучки для производства продуктов питания сдерживается из-за высокого содержания в них жира, богатого ненасыщенными жирными кислотами, что делает их нестойкими при хранении. Они быстро окисляются, что вызывает прогоркание масла и придает неприятный вкус и запах зародышу и мучке. Для предотвращения этого нежелательного явления разработаны и применяются различные методы их стабилизации, в частности сушка и даже поджаривание. При этом биологически активные вещества сохраняются.

В зависимости от способа обработки стабилизированный зародыш может храниться от 1 мес до 2 лет.

Кроме вышеописанных в хлебопечении применяют также другие продукты переработки зерна: сухую пшеничную клейковину, кукурузные хлопья и экстракаты.

**Сухая пшеничная клейковина.** Это белок, полученный чисто механическим путем из пшеничной муки с использованием самых передовых технологий.

Использование клейковины позволяет значительно улучшить качество хлебобулочных изделий, в том числе из муки с пониженными хлебопекарными свойствами.

Клейковина предупреждает опадание теста на стадии брожения. В результате применения клейковины хлебобулочные изделия становятся воздушными по структуре и их объем увеличивается. Благодаря улучшенной способности связывания воды клейковиной выход теста повышается, а срок хранения выпекаемых изделий удлиняется.

Сухая пшеничная клейковина «Райсфо» рекомендуется для получения белково-пшеничного хлеба, в том числе по ускоренной технологии приготовления теста, предусматривающей продолжительность его брожения в течение 30—40 мин.

Сухую клейковину «Райсфо» рекомендуется использовать в количестве 2—4 % к массе муки. При этом качество изделий улучшается по удельному объему и формоустойчивости на 10—20 %; по-

ростости — на 3—5 %; сжимаемости мякши — на 15—50 %; а выход продукции увеличивается на 2—3 %.

**Кукурузные хлопья.** Из зерна кукурузы получают более 550 различных продуктов, в том числе муку, крупу, масло, воздушную кукурузу, кукурузные палочки, спирт, пиво, связующие вещества, питательные среды для культур микроорганизмов, некоторые лекарства, экстракты, пасты и др., в том числе кукурузные хлопья, которые представляют собой готовый продукт питания, не требующий дополнительной кулинарной обработки. Их изготавливают путем плющения предварительно ароматизированных раздробленных зерен. Кукурузные хлопья хорошо сохраняют свои свойства, поэтому их удобно использовать в походах, экскурсиях и экспедициях. Кроме того, их употребляют на гарнир к мясным рубленым или отбивным котлетам и жареному мясу, для чего сами хлопья с добавлением сливочного масла предварительно обжаривают. Кукурузные хлопья употребляют также с фруктовыми и ягодными соками, компотами, киселем, чаем, кофе, молоком и кисломолочными продуктами, какао, пивом, различными сухофруктами, вместо гренок с супами и бульонами.

Кукурузные хлопья и полкорм, относящиеся к продуктам с наиболее благоприятным соотношением содержания клетчатки и углеводов, наиболее приемлемы для питания работников умственного труда. Содержание жира в них выше, чем в гречневой крупе (4,2 против 3,0 %), а количество железа в три раза выше, чем в гречневой и других крупах.

При производстве кукурузных хлопьев в качестве вторичного продукта получают панировочные сухари.

**Экструдаты.** Продукты экструдирования из нешелушеного зерна ржи, ячменя, кукурузы, гречихи, сои, проса обладают хорошими потребительскими органолептическими свойствами: вкус и запах — свойственный каждому из видов зерна; цвет — от кремового до светло-коричневого. По структуре экструдаты представляют собой сухую мелкопористую хрустящую массу с высокой пищевой ценностью (за счет присутствия незаменимых аминокислот, пищевых волокон и минеральных веществ), низкой себестоимостью и энергетической ценностью.

Медико-биологическими и клиническими испытаниями доказано, что нехватка пищевых волокон (клетчатки, гемицеллюлоз, лигнина) в ежедневном рационе питания — одна из причин распространения так называемых болезней цивилизации: атонии кишечника, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, сахарного диабета и других.

Балластные вещества связывают и выводят из организма вредные соединения, в том числе ионы тяжелых металлов, радионуклиды и пр.

Значение пищевых продуктов в питании человека определяется их химическим составом. В экструдатах имеются практически все



необходимые для человека вещества: белки, углеводы, жиры, минеральные соли, витамины. Полуфабрикаты экструдирования содержат в среднем 10—12 % белков, около 70 % углеводов, среди которых преобладает крахмал, 2—5 % жиров и около 2 % минеральных веществ. Полуфабрикат экструдирования из сои характеризуется повышенным содержанием белка (в среднем 30 %).

По качеству белка полуфабрикат экструдирования из гречихи в значительной степени может заменить в питании человека более дорогие продукты животного происхождения.

Полуфабрикат экструдирования из ячменя богат сахарами, которые придают кондитерским изделиям приятный сладковатый вкус и снижают опасность возникновения гипергликемии.

Жиры, входящие в состав экструдатов, обладают большим запасом потенциальной энергии. Например, в соевом экструдате в среднем содержится 18 % жира.

Результаты исследований безопасности полуфабрикатов экструдирования показали их соответствие требованиям СанПиН 2.3.2.1078—01.

Применение экструдатов зерновых культур для производства пищевых продуктов способствует их обогащению белками, пищевыми волокнами, минеральными веществами и витаминами.

#### 4.7. СОЛОД

При производстве хлебобулочных изделий используют ржаной неферментированный и ферментированный, ячменный пивоваренный солод, солодовые и ячменно-солодовые пищевые экстракты и концентраты.

**Неферментированный солод.** Получают из злаков (ржи, ячменя, овса, проса, пшеницы, тритикале, сорго) путем замачивания и последующего проращивания. В процессе замачивания для быстрого и безупречного проращивания зерна должны снабжаться кислородом. Цель проращивания — накопление максимального количества ферментов. При проращивании в зерне протекают сложные морфологические и биохимические превращения. При этом в прорастающем зерне развиваются зародышевые корешки и листок зародыша (рис. 4.2). Корешки и листок зародыша после сушки отбивают. При получении

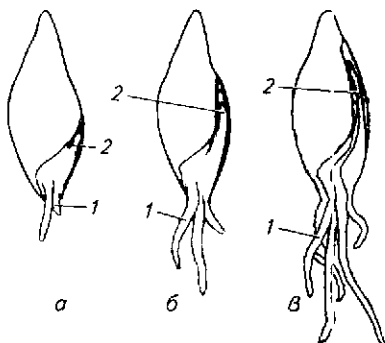


Рис. 4.2. Этапы роста ячменного зерна:

а — на первый день; б — на третий день; в — на пятый день проращивания;  
1 — корешок зародыша; 2 — листок зародыша

неферментированного солода создают условия, способствующие сохранению и накоплению ферментативной активности, но препятствующие процессу меланоидинообразования. Показатели качества неферментированного солода приведены в табл. 4.16 и 4.17.

#### 4.16. Органолептические показатели качества солода

Показатель	Характеристика солода	
	неферментированного	ферментированного
Внешний вид	Однородная зерновая масса или мука, не содержащая плесени	
Цвет	Светло-желтый с сероватым оттенком	От коричневого до тем-обурого с красноватым оттенком
Запах	Свойственный данному типу солода. Не допускается запах гнили и плесени	
Вкус	Сладковатый	Кисло-сладкий, напоминающий вкус ржаного хлеба. Не допускается пригорелый, горький и др.
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается	

#### 4.17. Физико-химические показатели качества солода

Показатель	Норма для солода	
	неферментированного	ферментированного
Массовая доля влаги, %, не более:		
в зернах	8,0	
в муке	10,0	
Качество помола солода	Проход без остатка через сито № 0,9	
Массовая доля особо учитываемой металломагнитной примеси с размером частиц не более 0,3 мм, мг на 1 кг	3,0	
Массовая доля минеральной примеси, %	Не допускается	
Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее:		
при холодном экстрагировании (только для хлебо-лекарной промышленности)	—	42,0
при горячем экстрагировании	80,0	—
при горячем экстрагировании с вытяжкой из ячменного солода	—	84,0
Продолжительность осахаривания, мин, не более	25	—
Кислотность, см <sup>3</sup> раствора NaOH концентрацией 1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 г СВ солода, не более:		
при холодном экстрагировании	—	35,0
при горячем экстрагировании	17,0	—
Цвет, см <sup>3</sup> раствора I концентрацией 1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 г СВ солода:		
при холодном экстрагировании	—	7,0—2)0
при горячем экстрагировании, не более	5,0	—

Среди содержащихся в ячмене и солоде ферментов и их комплексов особый интерес представляют ферменты, расщепляющие крахмал, прежде всего  $\beta$ -амилаза ( $\alpha$ -амилазы в зерне ячменя нет),  $\beta$ -глюкозидаза, расщепляющая  $\beta$ -глюкозидазную связь в ди- и полисахаридах — целлобиозе, а также в  $\beta$ -глюкозидах — амигдалине, арбутине; протеолитические ферменты (протеазы), расщепляющие белки; ферменты, расщепляющие жиры, — липазы и фосфорнокислые эфирорасщепляющие ферменты — фосфатазы.

$\beta$ -Амилаза содержится в непророщенном ячмене, причем в довольно большом количестве. Содержание других ферментов незначительно.

$\beta$ -Амилаза образуется и закладывается в эндосперме. Эти процессы протекают параллельно с дыханием, поэтому в хорошо аэрируемом прорастающем зерне ферменты образуются быстрее и в большем количестве.

Процесс проращивания прерывают подвяливанием и сушкой.

**Ферментированный солод.** Получают путем замачивания зерна ржи при температуре 13—18 °С в течение 30—32 ч до влажности 50—52 % и проращивания в течение 3—4 сут при температуре 13—19 °С. Проросшую рожь подвергают процессу ферментации (томления): влажное зерно ферментируют в течение 4—5 сут при температуре 55—65 °С. При ферментации происходит интенсивный ферментативный гидролиз углеводов, белков и других сложных органических веществ. При повышенных температурах низкомолекулярные продукты расщепления белков связываются с сахарами в красящие и сильно ароматизирующие соединения — *меланоидины*. Наряду с этим образуются продукты реакции дикарбоновых соединений и аминокислот, называемые альдегидами Штрекера (Strecker). Совокупность этих соединений, имеющих различное, очень сложное строение, объединяется под названием продуктов реакции Майяра.

Так как продукты реакции Майяра представляют собой красящие и ароматические вещества, то желательно, чтобы у ферментированного солода этих веществ было больше.

На стадии сушки процесс меланоидинообразования продолжается, солод приобретает приятный хлебный аромат, кисло-сладкий вкус и коричневый цвет.

При температуре прогрева зерна до 90—100 °С ферменты инактивируются. Ржаной ферментированный солод должен отвечать требованиям ГОСТ Р 52061—03. Показатели качества этого продукта приведены в табл. 4.16 и 4.17.

**Ячменный пивоваренный солод.** Благодаря своей ферментативной активности, в частности активности  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, данный солод улучшает хлебопекарные свойства муки с низкой сахарообразующей способностью. Пивоваренный солод выпускают в виде

светлого и темного (табл. 4.18). При сушке поддерживают температуру, позволяющую сохранить его ферментативную активность (неферментированный солод).

#### 4.18. Характеристика ячменного солода

Показатель	Нормы для солода		
	светлого		темного
	I класса	II класса	
Массовая доля влаги, %, не более	5,0	6,0	5,0
Экстрактивность в пересчете на СВ, %, не менее	77,5	75,0	74,0
Продолжительность осахаривания, мин, не более	20,0	25,0	30,0

**Солодовый экстракт.** Получают путем уваривания водного экстракта солода при пониженных давлениях и температуре. Экстракт представляет собой густую сиропообразную массу, содержащую все водорастворимые компоненты проросшего зерна. Солодовый экстракт обладает амилолитической и протеолитической активностью, что необходимо учитывать при переработке средней и слабой по силе пшеничной муки. Его добавляют в тесто в дозировке от 1 до 3 % к массе муки. Продукция, выработанная с солодовыми экстрактами, оказывает положительное воздействие на здоровье человека благодаря содержащимся в них белкам, аминокислотам, легкоусвояемым углеводам, минеральным веществам, витаминам, ферментам и другим биологически активным компонентам.

В Россию солодовые экстракты поступают из Финляндии, Швеции, Чехии и других стран.

Концерн «Полтимо» (Финляндия) — один из крупнейших производителей в Европе, изготавливает солодовые экстракты (ферментативно-активные, охмеленные и неохмеленные) различной цветности (от 5 до 11 000 ЕВС). Для их производства используют вытяжку зрелого осолодовенного зерна ячменя или ржи, иногда пшеницы.

Солодовые экстракты фирмы «Полтимо» (Malt Extracts, или Малтаксы) используют взамен патоки (1 кг патоки соответствует 0,9 кг Малтакса 200F) и взамен солода ржаного ферментированного (1 кг солода соответствует 0,2 кг Малтакса 1500). Замену осуществляют по редуцирующим веществам (РВ).

Характеристика Малтаксов по сравнению с патокой приведена в табл. 4.19.

Малтаксы рекомендуется использовать взамен патоки при выработке хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки (орловский, славянский), а также заварных сортов (бородинский, московский, карельский, рижский и др.). При выработке некоторых заварных сортов, в рецептуру которых входит солод ржаной ферментированный, целесообразно патоку заменять на Малтакс 1500.

#### 4.19. Показатели качества солодовых экстрактов

Показатель	Патока крахмальная карамельная (ГОСТ 5194 - 91)	Малтакс (по данным фирмы производителя)		
		10	200 F	1500
Массовая доля СВ, %:				
по НД	84,0	80—82	71—73	73—75
фактическое	80,2	80	73	73
Содержание редуцирующих веществ, % СВ:				
по НД	40,8	66,0	55,0	28,0
фактическое	40,4	50,2	44,8	27,5
Динамическая вязкость, Па·с, при температуре, °С				
24	127,5	28,7	5,3	8,2
56	20,5	7,9	3,5	5,6

**Солодовый концентрат.** Все возрастающие требования потребителя к качеству продуктов предполагают использование высококачественного сырья. Именно этим свойствам отвечают те хлебобулочные изделия, которые изготовлены на основе солодового концентрата — чистого природного продукта.

Сахара, содержащиеся в солодовом концентрате, под воздействием высокой температуры подвергаются характерной реакции, усиливающей цвет, аромат и вкус изделий. Это реакция Майяра, начинающаяся уже при низких температурах и в результате которой из содержащихся в солодовом концентрате сахаров и аминокислот образуются продукты, оказывающие влияние на аромат продукции. Именно эти соединения сахаров и аминокислот и обуславливают типичный аромат готового продукта.

Для изготовления солодового концентрата специальные типы солода сначала смешивают, а затем дробят. Последующий процесс очень сходен с изготовлением пива. Перемолотый солод смешивают с водой в заторном чане и оставляют там при температуре 50—70 °С на длительное время, в течение которого составные вещества солода (мальтоза, водорастворимые белковые вещества, вкусовые и минеральные вещества) переходят в водную среду. Затем нерастворимые вещества (выжимки) отфильтровывают. Сладкое сусло, прошедшее осветляющую фильтрацию, содержит около 85 % воды, является идеальной питательной средой для микроорганизмов и не может храниться. Поэтому сусло выпаривают при щадящем режиме до содержания сухих веществ 77—82 %.

Благодаря условиям изготовления (длительная температурная обработка при 80 °С) солодовый концентрат ферментативной активности практически не проявляет. Если солодовое сусло выпаривать при температуре ниже 65 °С, то получается ферментативно активный концентрат. Так, регулируя процессы выпаривания, производят светлые (Vasextrakt) и темные (Panimaltin) солодовые

концентраты. Солодовые концентраты фирмы «Ирекс» имеют пряный, характерный вкус, по своей густой консистенции и внешнему виду напоминают мед и очень хорошо хранятся.

#### 4.8. ОРЕХИ, ИЗЮМ, СЕМЕНА МАКА, КУНЖУТА И ЛЬНА

В хлебопекарном производстве используют ядра грецких орехов (ГОСТ 16833—71), фундука (ГОСТ 16835—71), миндаля сладкого (ГОСТ 16831—71), арахиса (ГОСТ 17112) и кешью. Семена кунжута (ГОСТ 12095—76) применяют для отделки поверхности булочных и сдобных изделий или вносят в тесто при выработке сухарных изделий, что предусмотрено технологическими инструкциями и нормативной документацией. Кроме этого в хлебопечении используют изюм (ГОСТ 6882—88), семена мака (ГОСТ 11549—76) и льна (ГОСТ 12094—76).

**Орехи.** Орехи содержат 16—25 % недостаточно полноценных белков, 50—65 % жиров, богатых линолевой кислотой, и 10—15 % углеводов. В орехах много клетчатки, магния, фосфора и особенно калия при малом содержании натрия. Они являются источниками витаминов Е и группы В, но бедны витамином С. Влажность орехов 5—10 %.

В табл. 4.20 приведен состав орехов.

4.20. Состав орехов

Орехи	Масса 100 шт., г	Содержание, %		
		ядро	кожица ядра {пленка}	скорлупа (оболочка)
Грецкий	917,0	40,8	—	59,2
Лещинный	183,5	34,5—47,3	2,10—3,40	55,5—52,7
Миндаль сладкий	316,0	38,0	6,60	62,0
Арахис	153,0	55—75	1,64—2,65	45,0—25,0
Фундук Бадем	214,0	45,1	1,26—4,29	54,9
Фундук Черкасский	168,0	45,9	1,26—4,29	54,1

В зависимости от назначения используют как сырые, так и обжаренные орехи. При обжаривании вкус и аромат орехов усиливаются вследствие образования меланоидинов и альдегидов.

**Фундук** и его дикорастущая форма — лесной орех, или лещина, содержит 60—66 % жира, 16—20 % белков и не более 6 % влаги. Лещинный орех представляет собой смесь ядер в коричневой коже. На изломе ядра белые или с желтоватым оттенком, в высшем сорте однородные по форме, в первом сорте неоднородные по форме. Показатели качества приведены в табл. 4.21.

#### 4.21. Характеристика ядер фундука (лещинного ореха)

Показатель	Характеристика и норма для сорта	
	высшего	первого
Внешний вид	Ядра целые, нормально развитые, в светло-коричневой и коричневой оболочке, на изломе белые с кремоватым оттенком	
Вкус и запах	Однородные по величине и форме Неоднородные по величине и форме	
Плотность	Свойственные ядрам орехов фундука, без посторонних привкуса и запаха	
	Твердые	
Средняя масса ядра, г, не менее	0,8	Не нормируется
Базисная массовая доля влаги ядер, %	6,0	6,0
Массовая доля влаги ядер, %, не менее	4,0	4,0
Массовая доля ядер, %, не более:		
ломаных, с механическими повреждениями	2,0	5,0
сморщенных, ссохшихся, недоразвитых, поврежденных вредителями	1,0	3,0
прогорклых, плесневелых, с пожелтевшей сердцевинкой	1,0	2,0
Засоренность скорлупой и примесью, %, не более	0,2	0,4
Наличие живых вредителей (насекомых или их личинок)	Не допускается	
Повреждение наружной оболочки ядра	Не нормируется	

*Миндаль сладкий* обладает наиболее ценными вкусовыми свойствами. Ядра сладкого миндаля содержат 20 % белков и 53 % жира и не более 10 % влаги. Примесь горького миндаля в нем не должна превышать 4 %.

*Ядра грецкого ореха* содержат 64 % жира, 19 % белка и не более 10 % влаги. Грецкие орехи применяют только в сыром виде, так как при обжаривании их вкусовые качества ухудшаются. Согласно стандарту сушеные грецкие орехи бывают трех сортов: высшего, первого и второго. Размер орехов по наименьшему диаметру должен быть (мм, не менее): для высшего сорта 28, для первого 25 и для второго 20. Ядро грецкого ореха представляет собой целые половинки вполне развившегося ореха, без посторонних привкуса и запаха.

Ядра грецкого ореха бывают двух сортов: высшего и первого. Показатели их качества приведены в табл. 4.22.

Качество орехов определяют по внешнему виду, полноте развития, массе ядра, влажности, засоренности, числу ломаных и горьких ядер, наличию ядер, поврежденных вредителями, плесневелых, недоразвитых. Наличие ядер, пораженных вредителями, а также гнилых и плесневелых не допускается.

#### 4.22. Характеристика ядер грецкого ореха

Показатели	Сорт	
	высший	первый
Цвет	Светло-золотистый, на изломе белый	От светло-коричневого до коричневого с желтым оттенком
Наличие частей ядра, мас. %, не более	10 (от 1/4 до 1/2 ядра)	15 (различных размеров, но не менее 1/8 ядра)
Массовая доля влаги, %, не более	7,0	7,0
Массовая доля, мас. %, не более:		
скорлупы, плесок и других примесей	0,1	0,2
неразвитых и прогорклых ядер	2,0	5,0

*Арахис*, или *земляной орех*, содержит 47 % жира, 22 % белка и не более 11 % влаги. Арахис бывает двух видов: крупноплодный толщиной более 12 мм и мелкоплодный — менее 12 мм. Нативный арахис имеет неприятный бобовый привкус, исчезающий после обжарки. Показатели качества арахиса приведены в табл. 4.23.

#### 4.23. Характеристика бобов арахиса

Показатели	Арахис для	
	промышленности	торговой сети
Массовая доля, %, не более:		
влаги	11,0	10,0
сорной примеси	3,0	1,0
в том числе минеральной и органической	0,5	0,5
масличной примеси	6,0	2,0
семян других растений	Не допускаются	

Согласно ГОСТ 17112 арахис не должен подвергаться самосогреванию, он должен быть нормального вкуса, без затхлого, плесневелого или иного несвойственного ему запаха.

После обжарки с орехов удаляют скорлупу, кожицу ядра и зародыш, придающие горький вкус орехам. Хорошие результаты дает обработка орехов до обжарки раствором поваренной соли, при этом содержание соли в обжаренных орехах должно быть не более 0,4 %.

*Орехи кешью* — плоды дерева, произрастающего в Индии, Индонезии, Бразилии, Мексике и других странах. Ядро ореха кешью, очищенное от скорлупы, покрыто тонкой оболочкой розового, коричневого или коричнево-красного цвета, товарное ядро — цвета слоновой кости.



Орехи кешью содержат 3—5 % влаги, 18—25 % азотистых веществ, 45—62 % жира, 6—25 % углеводов, до 4,0 % золы, до 4,0 % клетчатки. Кроме того, орехи кешью содержат витамины А, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>.

Ядро орехов кешью имеет характерную изогнутую почкообразную форму и приятный, слегка сладковатый вкус миндаля.

Ядра орехов кешью применяют в хлебопечении в обжаренном виде. В процессе обжарки ядра орехов приобретают характерный приятный аромат.

**Изюм.** Добавляют в тесто при изготовлении некоторых видов изделий (батон с изюмом, хлеб ситный, дрожжевые кексы, булочки повышенной калорийности, сухари сдобные с изюмом и др.) или используют для отделки при выработке сдобы фигурной, жаворонков и др. Содержание влаги в изюме от 17 до 19 %.

На хлебопекарные предприятия поступает изюм следующих видов: бессемянный со светлой или темной окраской ягод — сояги, саоза солнечная или штабельная, бедона, шинати; столово-изюмный со светлой или темной окраской ягод — чилиачи, гермиан светлый, штабельный и окрашенный; смесь сортов винограда — авлон.

В изюме не допускается наличие ягод загнивших, пораженных вредителями, с признаками спиртового брожения, плесени, видимой невооруженным глазом. Наличие насекомых, вредителей, их личинок и куколок, металлопримеси и песка также недопустимо.

**Семена мака.** Бывают разного цвета: белого (белый и желтый), голубого (голубовато-серый и серо-голубой), буро-коричневого (буро-коричневый и коричневый). Семена мака одного типа должно быть в продукте не менее 85 мас. %. При меньшем их содержании продукт называется смесью типов, в которой указывается состав семян. Семена, отпускаемые перерабатывающим предприятиям, должны отвечать следующим требованиям: массовая доля влаги не более 11 %, сорной и масличной примеси не более 15, в том числе сорной 3,0 и семян белены не более 0,1 %. К сорной примеси относятся минеральные и органические вещества, семена других растений; к масличной — семена мака, испорченные самосогреванием, сушкой, обуглившиеся, прогнившие, плесневелые, поврежденные вредителями, проросшие.

Применение семян мака затхлых, плесневелых, прогорклых, подвергшихся самосогреванию, не допускается.

**Семена кунжута.** Кунжут бывает трех видов: белосемянный с кремовым оттенком и содержанием влаги 8,0 %; желто-коричневый или бурый и черноссемянный с содержанием влаги 10 %. Кунжутное семя не должно быть затхлым, плесневелым, подвергнувшимся самосогреванию. Доля сорной примеси в кунжутном семени не должна превышать 10 %.

**Семена льна.** Используют семена масличных сортов, например «Кудряш», с содержанием липидов не менее 29 %, влаги 13 % и чистотой не менее 93 % (по базисным нормам чистота должна быть 100 %), без постороннего запаха. Как промышленное сырье семена льна в зависимости от качества подразделяются на две группы — отвечающие базисным и ограничительным нормам (табл. 4.24).

4.24. Характеристика семян льна

Показатели	Семена льна, отвечающие нормам	
	базисным	ограничительным
Массовая доля, %, не более:		
влаги	13	16
примеси, в том числе сорной	3	15*
масличной	6	—
Зараженность вредителями хлебных запасов	Не допускается	Допускается зараженность клещом
Наличие семян клещевины	Не допускается	

\* В том числе сорной примеси не более 5 %.

Химический состав семян льна изменяется в зависимости от района и условий возделывания. В семенах масличного льна большинства сортов содержание липидов в среднем составляет 43 %.

Семена льна содержат следующие вещества, необходимые организму человека (мг/кг): кальций — 8,6; фосфор — 19,9; тиамин — 8,8; рибофлавин — 0,004; ниацин — 0,101; пантотеновая кислота — 0,031; холин — 4,9. Содержание микроэлементов в золе семян льна (% от массы золы):  $P_2O_5$  — 41,5;  $K_2O$  — 27,1—36,0;  $NaO$  — 2,1;  $CaO$  — 6,6—9,5;  $MgO$  — 10,0—19,3;  $Fe_2O_3$  — 1,1.

В состав семян льняного масла входят фенолы, неомыляемые липиды, в том числе стеролы, токоферолы и каротиноиды.

#### 4.9. ПРЯНОСТИ. $CO_2$ -ЭКСТРАКТЫ

Пряности — это высушенные части различных растений, содержащих эфирные масла, алкалоиды и гликозиды, улучшающие вкус и аромат готового продукта. В качестве пряностей используют различные части растений: плоды (анис, тмин, кориандр, кардамон, перец, ваниль), семена (укроп, мускатный орех), цветы (гвоздика, шафран), листья (лавровый лист), кору (корица), корни (имбирь).

В хлебопекарном производстве используют тмин, кориандр, корицу, ванилин, араванилон, а также эссенции для ароматизации улучшенных сортов хлеба и булок.

**Тмин.** Плоды тмина — двусемянки, продолговато-овальные, яйцевидные, слегка серповидно изогнутые, с пятью выступающими продолговатыми прямыми нитевидными ребрышками. Плоды тмина имеют приятный горьковатый и жгучий вкус со специфическим запахом. В плодах тмина содержится 3—7 % эфирного масла, основной составной частью которого являются терпены, карвон и лимонен (всего 97—98 %).

Согласно ГОСТ 29056—91 массовая доля влаги в плодах тмина не должна превышать 12 %, эфирного масла — не менее 2,0; общей золы — не более 8,0; посторонних примесей — не более 2,5, в том числе органических — не более 2,0, минеральных — не более 0,5, паличие поврежденных плодов тмина не должно превышать 2,0 %. В плодах тмина допускается наличие металлических примесей — не более 10 мг/кг. В молотом тмине крупность частиц должна обеспечивать проход через сито № 045 не менее 80 %.

**Кориандр.** Семена кориандра двусемянные, почти шарообразной формы, диаметром 2—5 мм, с 10 маловыступающими извилистыми ребрышками и с 12 более выступающими нитевидными прямыми ребрышками. Цвет желтоватый или желтовато-бурый.

Свежие плоды кориандра имеют неприятный запах, но после сушки приобретают характерный специфический аромат, обусловленный содержанием около 1,0 % эфирного масла, состоящего главным образом из спирта линалоола (60—80 %).

В соответствии с ГОСТ 29055—91 плоды кориандра должны поступать на переработку с массовой долей влаги не более 12 %; эфирного масла — не менее 0,5; общей золы — не более 6,0; примесей — не более 3,0, в том числе органических — не более 2,5, минеральных — не более 0,5; допускается наличие расколотых плодов (половинок) — не более 3,0 %; поврежденных — не более 3,0 %; массовая доля металломагнитных примесей (с размером частиц не более 0,3 мм в наибольшем линейном расширении) — не более 10,0 мг/кг.

**Корица.** Эта пряность представляет собой высушенную кору коричневого дерева, произрастающего на Цейлоне, Яве, в Китае, Вьетнаме и Индии. Корица выпускается в виде свернутых трубочек-палочек и порошка (молотая). Содержит коричневое эфирное масло, состоящее в основном из коричневого альдегида (65—75 %) и эвгенола (5—10 %). Для всех видов корицы характерны вкус и запах сладковато-пряные, для китайской и вьетнамской — менее выраженные. Массовая доля эфирного масла в корице должна быть не менее 0,5 %, влаги в палочках — не более 13,5, в молотой — не более 12,5; общей золы — не более 5, а у вьетнамской — не более 6; золы, нерастворимой в 10%-ной хлороводородной кислоте, не более 1,0, у вьетнамской — не более 1,5 %.

Для корицы молотой в соответствии с ГОСТ 29049—91 сход с сита № 095 должен быть не более 2 %, проход через сито № 045 — не менее 80 %, цвет — коричневый разных оттенков. Металлопримесей с частицами размером до 0,3 мм в наибольшем измерении может содержаться не более 10 мг/кг.

**Ванилин.** Ваниль — многолетняя травянистая лиана с мясистыми листьями и душистыми цветками. Плоды ванили — стручки длиной 15—20 см, наполненные мелкими семенами. В свежем виде ваниль не имеет запаха. Плоды ванили снимают незрелыми и подвергают особой ферментации, при этом они приобретают темно-коричневую окраску и специфический аромат.

Кроме того, ванилин получают синтетическим путем. Синтетический ванилин представляет собой белый или бледно-желтый порошок, состоящий из игольчатых кристаллов, обладающих характерным запахом (ГОСТ 16590). Синтетический ванилин плавится при температуре 80,5—82,0 °С, растворяется в двадцатикратном объеме воды при температуре 80 °С и дает прозрачный бесцветный раствор. В одной части 95%-ного спирта растворяются при слабом нагревании 2 части ванилина. В порошке содержание ванилина должно составлять не менее 98,5 %, золы — не более 0,5 %.

**Арованилон** — белый с желтоватым оттенком мелкий кристаллический порошок с чистым запахом ванилина и температурой плавления 73—74 °С.

**Эссенции ароматические пищевые.** В хлебопекарной промышленности используют эссенции, предназначенные для кондитерского производства.

Эссенции представляют собой спиртовые и водно-спиртовые растворы синтетических душистых веществ или натуральных эфирных масел, сиропов, экстрактов или настоев.

Внешний вид, цвет, запах и вкус эссенций определяются ГОСТ 14618—78. Эссенция — это бесцветная или окрашенная в цвет, соответствующий наименованию, жидкость (например, грушевая, яблочная, ванильная). Наличие солей свинца и меди в эссенции не допускается, мышьяка — до 0,00014 %.

**СО<sub>2</sub>-экстракты.** Это концентраты ароматических веществ, полученных из пряно-ароматического или лекарственного растительного сырья без растворителя. Таким образом получают эфирные масла для пищевых целей. После экстрагирования экстрагирующий элемент (например, диоксид углерода, диоксид серы) практически полностью удаляют. В процессе отгонки часть легколетучих ароматических веществ теряется. В результате первоначальный аромат исходного продукта сохраняется только частично, но вкус экстрактов достаточно интенсивный. Наиболее широкое распространение получили экстракты пряных растений, поскольку природа пряных ароматов определяется главным образом труднолетучими компонентами. Одно из достоинств экстрактов за-

ключается в том, что они содержат красящие и нелетучие вкусовые вещества. Такие вещества, например придающие остроту, не встречаются в соответствующем эфирном масле, получаемом путем перегонки из того же самого сырья.

Эфирные масла представляют собой прозрачные бесцветные или окрашенные (желтые, зеленые, бурые) жидкости с плотностью, как правило, меньше единицы. Они оптически активны, в большинстве своем нерастворимы в воде и хорошо растворимы в растительных маслах (разбавление растительными маслами — распространённый способ их фальсификации). Под действием света и кислорода они быстро окисляются, изменяя цвет и запах.

СО<sub>2</sub>-экстракты из пряно-ароматического и лекарственного растительного сырья допускаются к производству в качестве экологически чистых концентратов растений, пищевых добавок и БАД с целью реализации на территории РФ.

Срок хранения СО<sub>2</sub>-экстрактов по технической документации 3 года, на практике многие экстракты не теряют своих качеств и через 6—9 лет (при обычных условиях); СО<sub>2</sub>-экстракты содержат массу природных консервантов и антиоксидантов, которые помогают сохранить любой продукт, способны несколько нивелировать недостатки основного продукта; являются концентратами биологически активных веществ (жирорастворимые витамины и провитамины А, D, E, K, каротиноиды, токоферолы, флавоновые соединения, полиненасыщенные жирные кислоты, эфирное масло и др.).

Внесение СО<sub>2</sub>-экстрактов стабилизирует качество продукции, придает ей новые полезные свойства, повышает культуру производства.

СО<sub>2</sub>-экстракты желательно вводить на такой стадии производства, когда можно избежать потери летучей части СО<sub>2</sub>-экстракта, например, в глазури лучше вводить при темперировании (-5—50 °С) или перед обливкой изделий (30—35 °С). Принцип введения всегда один — разбавление концентрации.

1. При использовании сыпучих компонентов. Взять мелкоизмельченную соль, или сахарную пудру, или муку и в соотношении 100 : 1 или 50 : 1 (в зависимости от рецептуры и природы экстракта) перемешать с СО<sub>2</sub>-экстрактом. Затем по мере необходимости либо ввести оставшиеся соль, сахар, муку, тесто, либо — непосредственно в закладку по технологии, например в муку, в сироп, пропитку и т. д.

2. При использовании жиров в подогретый до жидкого состояния жир ввести СО<sub>2</sub>-экстракт сначала в соотношении 10 : 1, перемешать, затем эту смесь внести в оставшийся подогретый до жидкого состояния жир и далее жир использовать по технологии.

3. При использовании жидкой основы СО<sub>2</sub>-экстракты можно вносить также в виде эмульсий на любой жидкой основе (вода, отвар, молоко, сыворотка, сгущенное молоко) или подмешивать в готовые охлажденные джемы, варенье и т. д.

## 4.10. ПЛОДОВО-ЯГОДНОЕ И ОВОЩНОЕ СЫРЬЕ

**Повидло.** Вырабатывают из плодового или плодово-ягодного пюре или их смеси путем уваривания с сахаром, с добавлением или без добавления пищевого пектина и пищевых кислот. В смеси допускается не более двух видов сырья при содержании основного вида не менее 60 %.

По внешнему виду (ГОСТ 51934—02) повидло представляет собой однородную протертую массу, без семян, семенных гнезд, косточек, непротертых кусочков кожицы.

Цвет повидла должен соответствовать цвету плодов: для повидла из плодов со светлой мякотью допускаются светло-коричневые оттенки, а из плодов с темной мякотью — бурые, вкус и запах, свойственные плодам, из которых изготовлено повидло. Засахаривание повидла не допускается.

Массовая доля сухих веществ в продукте должна быть не менее 66 %, сахара (в пересчете на инвертный) — не менее 60 %, твердых минеральных примесей — не более 0,05 %; общая кислотность (в пересчете на яблочную кислоту) — от 0,2 до 1,0 %. Допускается содержание: общей сернистой кислоты (в пересчете на SO<sub>2</sub>) 0,01 %, бензоата натрия (в пересчете на бензойную кислоту) 0,07 % и сорбиновой кислоты 0,05 %.

**Тыквенное пюре.** Тыква — источник витаминов группы E, солей калия, каротина, содержит небольшое количество клетчатки и органических кислот. Причем каротина в ней больше, чем в моркови.

Органолептические и физико-химические показатели качества «Пюре из тыквы» приведены ниже (ТУ 9160-010-02068108—00).

Внешний вид	Однородная непрозрачная протертая масса с равномерно распределенной тонкоизмельченной мякотью.
Вкус и запах	Допускается незначительное расслаивание. Приятные, свойственные тыкве. Не допускаются посторонние вкус и запах.
Цвет	Желто-оранжевый различных оттенков.
Массовая доля:	
растворимых сухих веществ, %, не менее	6,0
минеральных примесей, %, не более	0,03
примесей растительного происхождения	Не допускаются
посторонних примесей рН, не более	Не допускаются 4,2

**Яблочное пюре.** Яблочное пюре вырабатывают из яблок с плотной мякотью, ярко выраженным вкусом и запахом (ГОСТ 22371—77). Яблочное пюре наряду с другими полезными веществами яблок содержит клетчатку и пектин.

Яблоки сортируют, моют и выдерживают в течение 24 ч в холодной воде. В результате улучшается цвет шпуре, удаляется часть дубильных веществ, вызывающих потемнение мякоти. После замачивания яблоки бланшируют паром или горячей водой в течение 10—20 мин. При этом размягчается мякоть плодов, происходит гидролиз протопектина с образованием пектина, инактивируются ферменты, вызывающие расщепление пектиновых и окисление дубильных веществ. Далее яблоки протирают. В шпуре вносят бензойную, сернистую кислоту или соли сорбиновой кислоты. Для промышленной переработки шпуре фасуют в стеклянную или жестяную тару, барабаны и бочки.

В хлебопекарном производстве используют стерилизованное пюре, так как сульфитированное пюре необходимо десульфитировать, а содержащаяся в консервированном пюре бензойная и сорбиновая кислоты подавляют бродильную активность микроорганизмов.

Яблочное пюре богато углеводами, натуральными органическими кислотами, витаминами, минеральными веществами, клетчаткой и пектином.

Готовое яблочное пюре содержит (%): влаги — 78,4; белков — 0,6; общих углеводов — 19,2; пектина — 0,8; органических кислот — 0,6; минеральных веществ (мг%): натрия — 3; калия — 120; кальция — 12; магния — 7; фосфора — 17; железа — 0,3; витаминов (мг%): В<sub>1</sub> — 0,01; В<sub>2</sub> — 0,02; РР — 0,38; С — 1,6.

На долю углеводов приходится до 90 % СВ яблочного пюре. Они представлены в основном сахарами, клетчаткой, пектиновыми веществами и гемидцеллюлозой. Из сахаров количественно преобладает фруктоза, меньше глюкозы и сахарозы. Крахмал содержится в незначительном количестве только в продукте из незрелых яблок, особенно зимних. Биологическая ценность белков и шпуре близка к биологической ценности белков пшеничной обойной муки. Однако если лимитирующей аминокислотой в муке является лизин, то в яблочном пюре — валин, метионин + цистин. Аминокислотный скор по этим аминокислотам составляет 53—57 %. Органические кислоты яблочного пюре представлены в основном яблочной, лимонной, янтарной и винной кислотами, а преобладает яблочная кислота, содержание которой составляет 70—90 % от общего количества кислот.

**Комплексные порошкообразные продукты.** Получают путем распылительной сушки овощного, фруктового пюре с наполнителями — молоком или патокой. Сушку распылением осуществляют при температуре сушильного агента 140—180 °С, что значительно снижает микробиологическую обсемененность порошков. Высокодисперсные порошкообразные продукты (частицы размером не более 20 мкм составляют 80—90 %) отличаются биологической ценностью, микробиологической чистотой и технологичностью.

Для использования в хлебопекарной промышленности предложены следующие комплексные порошкообразные продукты (ТУ 9164-001-2068102—94): кабачково-молочный, морковно-молочный, тыквенно-паточный, тыквенно-яблочный, яблочно-морковный, яблочно-паточный, основные показатели которых приведены в табл. 4.25.

**4.25. Характеристика комплексных порошкообразных продуктов**

Показатели	Содержание в 100 г порошкообразного продукта					
	кабачково-молочный	морковно-молочный	тыквенно-паточный	тыквенно-яблочный	яблочно-морковный	яблочно-паточный
Содержание, %, не более:						
влаги	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
золы, нерастворимой в хлороводородной кислоте	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
минеральных примесей	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
сахара, %, не менее	35,0	40,0	40,0	45,0	45,0	45,0
Кислотность, град, не более	40,0	40,0	55,0	60,0	60,0	60,0
Блок, г	17,75	13,01	4,79	3,98	4,47	3,51
Жир, г	0,9	0,6	0,78	0,61	0,5	0,86
Углеводы, г	63,33	64,56	57,69	65,10	70,81	80,60
Энергетическая ценность:						
ккал	332,42	315,68	256,94	281,81	302,78	344,18
кДж	1392,84	1322,69	1076,58	1180,78	1268,65	1442,11

Из минеральных веществ в комплексных порошкообразных продуктах в значительных дозах содержатся натрий, калий, кальций, магний, железо; витамины представлены тиамин (В<sub>1</sub>), рибофлавином (В<sub>2</sub>), ниацином (РР), аскорбиновой кислотой (С) и β-каротином (в продуктах на основе моркови и тыквы).

В состав комплексных порошков входит до 12 % пищевых волокон.

Каждый продукт имеет свойственный ему фруктовый (овощной) вкус, аромат и цвет: оранжевый — для морковно-молочного; желтый — для тыквенно-паточного и тыквенно-яблочного; кремовый разных оттенков — для кабачково-молочного и яблочно-паточного.

Представленный перечень сырья может быть дополнен.

**Мука из облепихи.** Облепиха — это особо ценный пищевой продукт. Кроме витамина С ягоды облепихи содержат каротин, токоферол, тиамин, рибофлавин, фолиевую кислоту.

Ягоды облепихи используют для приготовления сока. Полученный в результате этого производства сырой облепиховый жом



в количестве 20 % массы плодов частично идет на выпуск масла. И жом, образующийся при выработке сока, и обезжиренный шрот содержат высокоценные химические вещества и могут быть использованы для производства продуктов питания. Сырой шрот имеет высокую влажность, и для его консервирования используют естественную сушку. Затем шрот размалывают до порошкообразного состояния. Полученный продукт — облепиховую муку — используют при производстве новых хлебобулочных изделий для обогащения последних пищевыми волокнами.

#### 4.11. ПОДСЛАСТИТЕЛИ И САХАРОЗАМЕНИТЕЛИ

В последнее время получило интенсивное развитие производство низкокалорийных пищевых продуктов, продуктов для людей, страдающих рядом заболеваний (в первую очередь больных сахарным диабетом), что обусловило расширение выпуска заменителей сахарозы как природного происхождения (в нативном или модифицированном виде), так и синтетических, в том числе интенсивных подсластителей. Они могут обладать той же сладостью или быть более интенсивными подсластителями, отличаясь по сладости от сахарозы (коэффициент сладости  $K_{сл}$ ) в сотни раз. Не имеющие глюкозного фрагмента заменители сахарозы могут успешно использоваться при производстве продуктов питания и заменителей сахара для больных сахарным диабетом. Их применение регламентируется Директивой ЕС 94/36 «О подсластителях и их применении в производстве пищевых продуктов». Список разрешенных в России подсластителей и заменителей сахара приведен в табл. 4.26. Дополнительно разрешено применение продуктов из стевии (порошок из листьев и сироп из них).

4.26. Подсластители, разрешенные к применению на территории России

Е-номер	Название подсластителя		Технологическая функция
	основное	синоним	
Е 950	Ацесульфам калия	Сунетт	Подсластитель
Е 951	Аспартам	Санскта Нутрасвит, Сладекс	Подсластитель, усилитель вкуса и аромата
Е 952	Цикламовая кислота и ее натриевая, калиевая и кальциевая соли	Споларин, цикламаты	Подсластители
Е 953	Изомальт	Изомальтит	Подсластитель, добавка, препятствующая слеживанию и комкованию, наполнитель, глазирующий агент

Е-номер	Название подсластителя		Технологическая функция
	основное	синоним	
Е 954	Сахарин (натриевая, калиевая и кальциевая соли)	—	Подсластитель
Е 955	Сукралоза	Трихлоргалактосахароза	Подсластитель
Е 957	Тауматин	—	Подсластитель, усилитель вкуса и аромата
Е 958	Глицирризин	—	Подсластитель, усилитель вкуса и аромата
Е 959	Неогесперидин дигидрохалкон	Неогесперидин ДС	Подсластитель
Е 965	Мальтит и мальтитный сироп	—	Подсластители, стабилизаторы, эмульгаторы
Е 966	Лактит	—	Подсластитель, текстуратор
Е 967	Ксилит	—	Подсластитель, влагоудерживающий агент, стабилизатор, эмульгатор

При производстве продуктов питания подсластители следует применять с учетом конкретного перечня продуктов, для которых они предназначены, и в максимально разрешенной концентрации (мг/кг). Интенсивные подсластители, за исключением специально оговоренных, нельзя применять в продуктах детского питания.

К заменителям сахара предъявляют ряд требований. Они должны быть безопасны и нетоксичны, иметь чистый, приятный, сладкий вкус, хорошо растворяться в воде, у них не должно быть запаха.

Широкое применение подсластителей связано не только с использованием их при производстве продуктов пониженной энергетической ценности, дистического и диабетического направления, но и с тем, что некоторые из них не вызывают кариса, экономичны и просты в применении. По данным фирмы «Уорлд Маркет», российский рынок подсластителей формируется главным образом за счет импорта интенсивных подсластителей: аспартама, ацесульфамата калия, цикламовой кислоты и ее солей, сахарина и его солей, сукралозы и некоторых других. В 2000 г. он достиг 1645 т (2,5 % мирового рынка подсластителей) и интенсивно развивается. На рынке доминируют сахарин и цикламаты, что связано с их экономичностью. Сахарин — самый выгодный с экономической точки зрения подсластитель.

В последнее время все большее внимание уделяют смешанным подсластителям. При их составлении учитывают сладость смесей,

возможность улучшения вкуса, продолжительность сладости, синергический эффект, технологические характеристики и экономические преимущества. Например, удачные смесевые подсластители: «Сладин» (ООО «Зеленые линии», «Союзснаб») и термостабильные смеси интенсивных подсластителей для пищевых продуктов «Аспавит-ТС», «Аспавит-ТС 200» (ООО «Аспавит»), специально предназначены для продуктов, подвергающихся в ходе приготовления высокотемпературному нагреву. Рециптура каждого смесевого подсластителя этих марок разрабатывается с учетом области их применения, при этом для каждого компонента смеси выдерживается ПДК в соответствии с нормами ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам.

### Контрольные вопросы и задания

1. Каково назначение сухой пшеничной клейковины в технологии хлебобулочных изделий?
2. С какой целью пшеничные отруби подвергают тонкому диспергированию?
3. Какие экструдированные продукты получают из вешелушного зерна: для дальнейшего применения в технологии хлеба?
4. Какие комплексные порошкообразные пищевые полуфабрикаты целесообразно использовать в технологии хлебобулочных изделий?
5. Перечислите комплексные порошкообразные продукты и укажите, чем обусловлена их пищевая и биологическая ценность.
6. В чем заключаются достоинства продуктов переработки зернового амаранта применительно к технологии хлеба?
7. Какое дополнительное сырье применяют в технологии хлеба?
8. Какие виды солода используют при выработке различных сортов хлеба?
9. Как солодовые экстракты влияют на качество хлебобулочных изделий?
10. Какие виды орехов применяют в технологии хлеба? Какие требования предъявляют к ним как к сырью?
11. Какие пряности используют для получения различных видов хлебобулочных изделий?
12. Какие овощные и плодово-ягодные продукты применяют в технологии хлеба?
13. Какие нетрадиционные виды муки используют в хлебопечении?
14. Какие потребительские свойства имеет мука из зерна амаранта?
15. Как соевая мука влияет на качество хлебобулочных изделий?
16. Какие сахаросодержащие продукты применяют в технологии хлеба? Охарактеризуйте их.
17. Какие жиросодержащие продукты применяют в технологии хлеба? В чем преимущества жидкого жира по сравнению с маргарином?
18. Какие молочные продукты применяют в технологии хлеба? Перечислите вторичные продукты переработки молока.
19. Какие яичные продукты применяют в производстве хлебобулочных изделий?

## СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ПОДГОТОВКА ЕГО К ПРОИЗВОДСТВУ

Любое хлебопекарное предприятие имеет свой склад, где хранится определенный запас сырья. Широкое распространение получил бестарный способ доставки и хранения сырья (муки, сахара, дрожжевого молока, жидких жиров, соли, молочной сыворотки, патоки, растительного масла). При бестарной доставке и хранении сырья резко снижается численность работающих на складе, улучшается санитарное состояние складов, повышается культура производства, сокращаются потери сырья, достигается значительный экономический эффект по сравнению с тарным хранением сырья.

Сырье, которое хранится на складе, перед замесом полуфабрикатов очищают от примесей, жиры растапливают, из хлебопекарных прессованных дрожжей готовят водную дрожжевую суспензию, соль и сахар растворяют в воде. Полученные растворы фильтруют и перскачивают в сборные емкости, откуда они через напорные бачки поступают в дозаторы.

В процессе подготовки сырья к производству для предупреждения загрязнения продуктов и попадания в них посторонних предметов необходимо соблюдать следующие правила:

- мешки с сыпучими продуктами предварительно очищают с поверхности щеткой, аккуратно вспаривают верхний шов, обрывки шпагата собирают в специальный сборник;

- все сыпучие продукты просеивают и пропускают через магниты для удаления металломагнитных примесей;

- ящики, бочки и корзины с сырьем вскрывают в отдельном помещении;

- бочки, банки и бутылки перед вскрытием протирают или обмывают.

### 5.1. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА МУКИ К ПРОИЗВОДСТВУ

Муку, доставленную на хлебозавод с мельницы или базы, хранят в отдельном складе, вместимость которого должна обеспечивать семисуточный запас.

Мука поступает на хлебозавод отдельными партиями. *Партия* — определенное количество муки одного вида и сорта, изготовленное одновременно и поступившее по одной накладной и с одним качественным удостоверением.

В качественном удостоверении указывают вид и сорт муки, цвет, вкус, запах и крупность помола, наличие примесей, качество клейковины, массовую долю золы и другие показатели. Кроме

того, в удостоверении указывают два значения массовой доли влаги муки: при выбое и при отпуске получателю. Массовая доля влаги при выбое служит основанием для корректирования нормы выхода хлеба, а при отпуске — для контроля массы полученной муки. Качественное удостоверение поступает в лабораторию хлебозавода.

Анализируя поступившую муку, работники лаборатории сравнивают данные анализа с данными удостоверения. При значительных расхождениях вызывают представителя организации, поставляющей муку, и анализ проводят повторно.

Муку доставляют на хлебозавод тарным (в мешках) и бестарным (в цистернах) способами. Каждый мешок с мукой имеет ярлык, на котором указывают мукомольное предприятие, вид и сорт муки, массу нетто и дату выработки.

Если при помоле было добавлено некондиционное зерно, на ярлыке делают соответствующую отметку.

По условиям поставки хлебопродуктов муку отпускают хлебозаводам после отлежки ее на складе мукомольных предприятий: пшеничной сортовой не менее 5 сут, ржаной сортовой не менее 3 и обойной не менее 2 сут.

На хлебопекарных предприятиях муку хранят на тарных или бестарных складах. На тарных складах мешки с мукой хранят на деревянных стеллажах, расположенных на расстоянии 15 см от пола. Это необходимо для вентиляции муки. Мешки укладывают штабелями, но не более 10—12 рядов (по высоте) (рис. 5.1).

Муку одной партии укладывают вместе и вывешивают паспорт, где указывают даты выбоа и поступления муки, сорт, номер на-

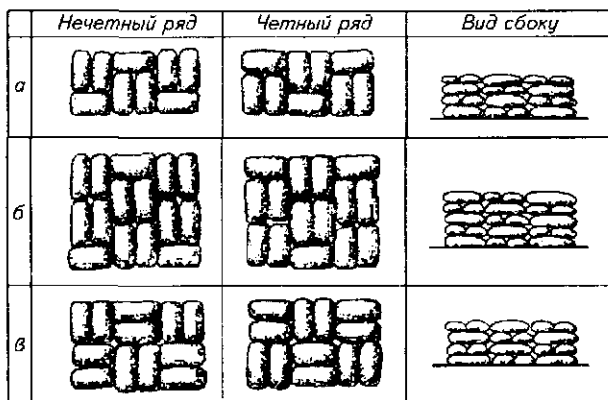


Рис. 5.1. Укладка мешков с мукой в штабеля:  
*а* — тройником; *б* — пятериком; *в* — в клетку

кладной, количество мешков и основные показатели качества муки.

К каждому штабелю муки следует оставлять проход (хотя бы с одной стороны). Между штабелями через каждые 10—11 м необходимо оставлять проход шириной не менее 0,75 м, а расстояние от штабеля до стены должно быть не менее 0,5 м. Ширина проезда для транспортирования мешков должна быть равна размеру тележки по диагонали плюс 0,6—0,7 м.

Бестарные склады хранения муки размещают в отдельном здании или в производственном корпусе хлебозавода. В последние годы наибольшее распространение получили бестарные склады открытого типа, в которых бункера устанавливают непосредственно на заводском участке, над которым сверху устраивают легкий навес, а нижнюю часть бункеров с установленным под ними оборудованием ограждают.

Строительство и эксплуатация складов открытого типа значительно дешевле, чем складов закрытого типа.

Свойства муки при хранении ее в открытых складах не ухудшаются. Особенности физических свойств муки и наличие воздушных прослоек между ее частицами обуславливаются низкой ее теплопроводностью, поэтому даже в зимнее время остывает только пристенный слой муки, составляющий 12—15 % общей массы муки в силосе. При низкой температуре наружного воздуха температура муки, поступающей в открытый склад, во избежание образования конденсата на внутренних стенках силосов не должна превышать 20 °С. В цилиндрических силосах большого диаметра мука остывает меньше, чем в прямоугольных бункерах. Следует учитывать, что при разгрузке, транспортировании и просеивании мука перемешивается, в результате чего ее температура выравнивается и несколько повышается (на 3—6 °С).

При бестарном способе мука хранится в силосах или бункерах. Для хранения каждого сорта муки на хлебозаводе должно быть не менее двух силосов, один из которых используют для приема муки, второй — для подачи ее на производство. Общее число силосов в складе зависит от производительности завода и потребности его в разных сортах муки. Загрузка силосов и бункеров мукой осуществляется сверху. Транспортирующий муку воздух удаляется через фильтр, установленный над силосами или бункерами, мучная пыль задерживается и сыпается обратно в силос или бункер.

При хранении в больших емкостях мука слеживается, а при выгрузке из силоса (бункера) образует своды, что препятствует разгрузке емкости. На сводообразование оказывает влияние массовая доля влаги муки, плотность укладки муки и продолжительность ее хранения. Чем выше массовая доля влаги муки, тем ниже ее текучесть. Высота столба муки в емкости и продолжительное хранение усиливают сводообразование. Сортная мука образует

более устойчивые своды, чем обойная. Для ускорения выхода муки и устранения сводов снаружи силоса на конусной его части устанавливают вибраторы или азрируют днище силоса (бункера), подавая внутрь сжатый воздух.

Подача муки из складских емкостей на просеивание, взвешивание и в производственные бункера в действующих в настоящее время складах осуществляется механическим транспортом посредством норий и шнеков или пневмо- и аэрозольтранспортом. На каждом складе должно быть не менее двух линий для очистки, взвешивания и транспортирования муки в производственные бункера. Линия для безстарного хранения и подготовки муки приведена на рис. 5.2.

К санитарному состоянию безстарных и тарных складов муки предъявляют следующие требования. Помещение склада должно быть сухим и вентилируемым, пол и стены — гладкими. Относительная влажность воздуха в помещении не должна превышать 75 %, температура должна быть не ниже 10 °С. Склад не должен быть заражен амбарными вредителями.

В муке, как и в зерне, при хранении происходят биохимические изменения. Масса мелких частиц, составляющих муку, утра-

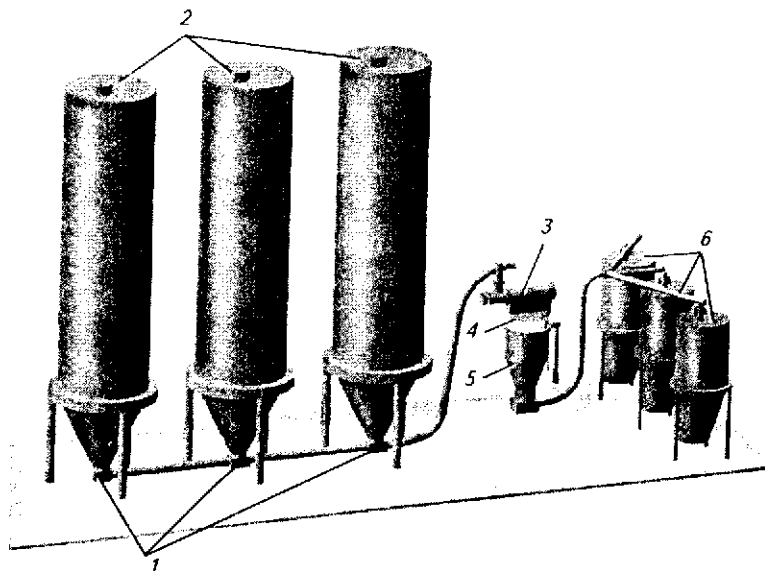
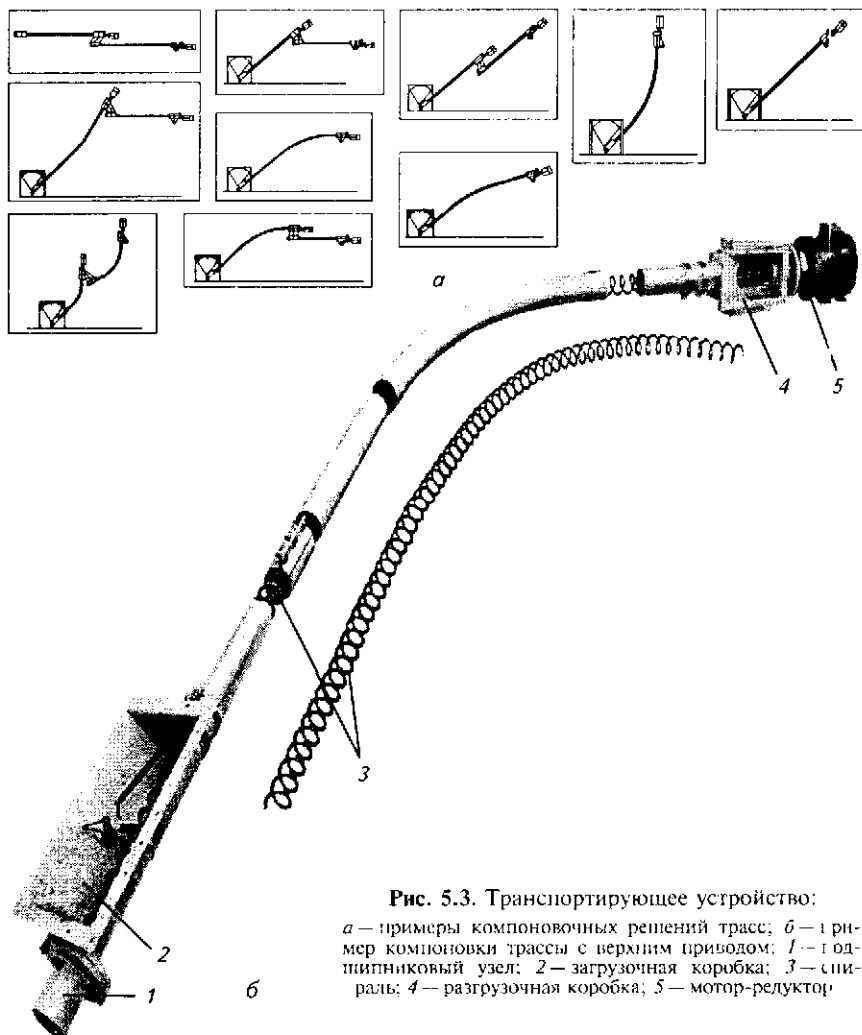


Рис. 5.2. Линия для безстарного хранения и подготовки муки:

1 — роторные питатели; 2 — силосы для муки; 3 — просиватель; 4 — автоматические порционные весы; 5 — промежуточная емкость; 6 — производственные бункера для муки

тив защитные оболочки зерна, может подвергаться воздействию внешних факторов — влаги, кислорода воздуха, спонтанной микрофлоры, температуры и т. д.

Склад бестарного хранения состоит из отдельных единиц оборудования типоразмерного ряда: силоса, питателя, транспортирующего устройства на основе спиральных «гибких» элементов (рис. 5.3), производственного бункера, проссивателя, фильтра, дозатора.



**Рис. 5.3.** Транспортирующее устройство:

*а* — примеры компоновочных решений трасс; *б* — пример компоновки трассы с верхним приводом; 1 — гофрированный узел; 2 — загрузочная коробка; 3 — спираль; 4 — разгрузочная коробка; 5 — мотор-редуктор.



Силосы марки А2-Х2Е-160А(Б) оснащены эффективными разгрузочными устройствами Ц2-ХМГ-200.

Транспортирующие устройства обеспечивают плавное перемещение и подъем муки и сыпучих компонентов. Длина трубопровода и его конфигурация могут быть различными. Устройства легко монтируют на месте эксплуатации из отдельных элементов и эксплуатируют без использования сжатого воздуха. Эти устройства упростили транспортно-технологическую схему, удешевили эксплуатацию, резко снизили потребление электроэнергии и значительно уменьшили распыл муки. Они надежны и долговечны в эксплуатации, не требуют квалифицированного обслуживания по очистке и эксплуатации, исключают использование компрессоров, фильтров, воздуховодов и громоздких шнеков.

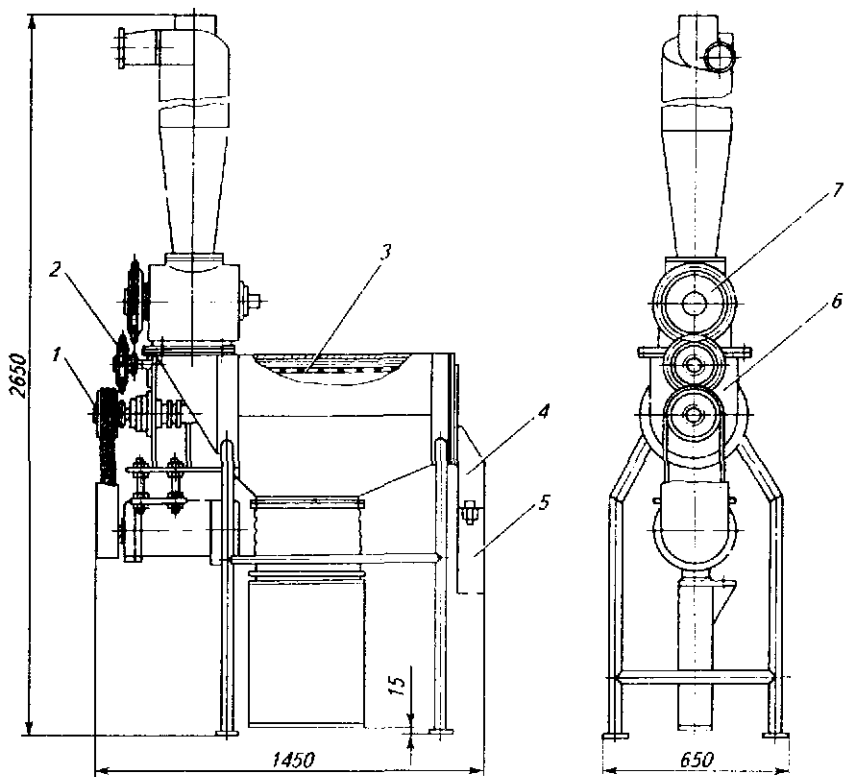
Мука, разгружаемая из автомуковозов, направляется в нужный силос, в котором специальными датчиками отслеживается его объемное наполнение. Силосы снабжены виброразгрузочными днищами для обеспечения бесперебойной разгрузки муки с заданной производительностью. Под днищами силосов установлены питательные шнеки и транспортирующие устройства, состоящие из «гибких» элементов, для подачи муки на производство по одной или нескольким линиям, включая ее просеивание и смешивание. Учет муки осуществляется с помощью дозатора, оснащенного тензометрической системой с цифровой индикацией и с возможностью выхода на компьютер. Программное обеспечение позволяет суммировать данные по массе муки, прошедшей по каждой линии в любой момент времени за час, смену, сутки, месяц и т. д. Управление работой склада осуществляется с пульта управления, оснащенного мнемосхемой.

В технологической схеме применяют высокопроизводительные просеиватели марки Ш2-ХМВ, обеспечивающие производительность просеивания до 7 т/ч.

Для менее производительных линий применяют малогабаритные просеиватели непрерывного действия марки Ш2-ХМВ. Просеиватель муки данной марки (рис. 5.4) предназначен для контрольного просеивания пшеничной и ржаной муки. Его устанавливают при подаче на склад муки пневмотранспортом. В качестве питающего устройства применяется шлюзовой затвор с уклоном (для отделения воздуха). Просеиватель может работать как в системе пневмотранспортирования муки, так и в системе подачи муки механическим (гибким) транспортом.

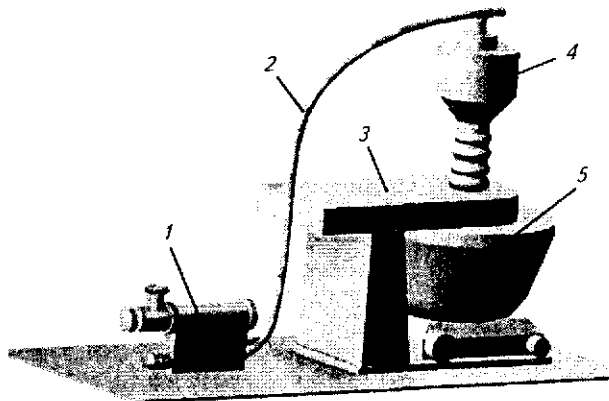
На рис. 5.5 схематично показан участок порционного приготовления теста с применением комбинации устройств: малогабаритного просеивателя Ш2-ХМЕ, транспортирующего устройства на основе «гибких» элементов («спирального» конвейера) и дозатора муки с системой учета.

Для просеивания сыпучих пищевых продуктов (мука, сахар-песок, специи, какао-порошок, соль и т. п.) на хлебопекарных пред-



**Рис. 5.4.** Просеиватель муки Ш2-ХМВ:

1 — натяжная станция; 2 — вал; 3 — барабан; 4 — мукопровод; 5 — сборник; 6 — корпус; 7 — блок звездочек



**Рис. 5.5.** Участок порционного приготовления теста:

1 — просеиватель; 2 — транспортирующее устройство на основе гибких элементов; 3 — тестомесильная машина; 4 — дозатор муки с цифровой индикацией и системой учета отпуска муки на производство; 5 — рабочая емкость — лоток

приятиях применяют просеиватели периодического действия марки МПС-141 (рис. 5.6).

Подготовка муки, хранящейся на складе для использования в производстве, заключается в просеивании, удалении металлопримесей, взвешивании, а также в смешивании ее отдельных партий или сортов.

**Просеивание муки.** Проводят с целью удаления посторонних предметов. Кроме того, при просеивании мука разрыхляется, согревается и насыщается воздухом. Для просеивания муки в бестарных и тарных складах обычно применяют просеиватели непрерывного действия с вращающимися барабанными ситами. Мука просеивается через металлические плетеные сита определенных размеров. Для муки обойной (ржаной и пшеничной) применяют сита № 1,8—2, для сортовой муки — сито № 1,6. Номера сит установлены с учетом крупности помола муки.

Номер сита должен соответствовать сорту муки, что очень важно. Если для просеивания муки установлено слишком частое сито, то мука забьет ситовую поверхность и значительная часть ее попадет в сход. При применении слишком редкого сита в просеянную муку могут попасть мелкие посторонние предметы. При просеивании муки необходимо каждую смену очищать сита просеивающих машин щеткой, осматривать целостность ситовой ткани, следить за плотным прилеганием щитков и дверок к корпусу бурата, а ситовых рамок к фонуру.

Необходимо систематически просматривать сход с просеивателя, определяя его количество и характер посторонних предметов. Нельзя допускать попадания муки в сход вследствие засорения сит.

**Удаление металлопримесей.** Магнитная очистка муки обеспечивается магнитными заграждениями, которые устанавливают в выходных каналах просеивателей. Магнитные заграждения состоят из набора стальных магнитных дуг с поперечным сечением полосы 48 × 12 мм. Одной из характеристик магнитов является грузоподъемность, под которой понимают способность магнита извлекать металлопримеси. Для магнитов такого сечения минимальная грузоподъемность составляет 8, а максимальная — 12 кг. В процессе эксплуатации способность магнитов извлекать металлопримеси

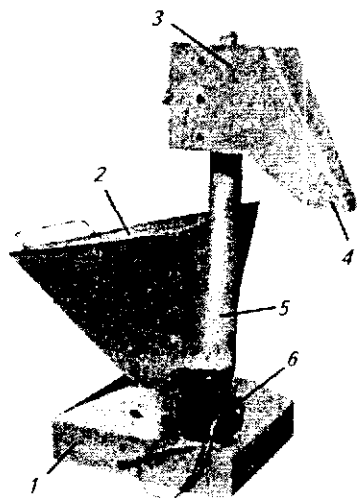


Рис. 5.6. Малогабаритный просеиватель муки периодического действия МПС-141:

1 — станина; 2 — загрузочный бункер; 3 — просеивательная головка; 4 — устройство для выгрузки; 5 — вертикальная труба со шнеком; 6 — электропривод

из муки снижается, поэтому 1 раз в 10—15 дней их осматривают и при необходимости снова намагничивают.

Общая длина магнитных заграждений определяется из расчета 2 см на 1 т муки, проходящей через мучную линию за 1 сут. Длина магнитных заграждений — это длина ряда всех магнитных дуг, установленных вплотную друг к другу. Слой муки, перемещающийся под полюсами магнитов, должен иметь толщину до 10 мм.

Магнитные дуги каждую смену очищают от приставших к ним ферропримесей. Лаборатория определяет массу металломагнитных примесей (она не должна превышать 3 мг на 1 кг муки) и их состав. При наличии крупных частиц металла или большой массы примеси лаборатория информирует соответствующий мукомольный завод о недостаточной очистке зерна и муки.

**Взвешивание муки.** Муку, поступающую со склада бестарного хранения на производство, обычно взвешивают с помощью порционных автоматических весов, устанавливаемых после просеивателя. Всысы могут отмеривать порции муки от 20 до 100 кг.

В последние годы применяют тензометрическую систему взвешивания муки, которая обеспечивает автоматическое взвешивание силоса с мукой при загрузке или разгрузке. Тензометрические преобразователи монтируют в опорах силоса; приборы, показывающие массу муки, устанавливают в операторской.

**Смешивание муки.** Отдельные партии муки смешивают по указанию производственной лаборатории на основе данных анализа муки и пробных выпечек.

Составляя указание о подсортировке партий муки, учитывают ее цвет (для сортовой муки) и хлебопекарные свойства. Подсортировку осуществляют так, чтобы хлебопекарные достоинства и недостатки отдельных партий взаимно уравновесивались и смесь имела нормальные хлебопекарные свойства.

«Слабую» муку смешивают с более «сильной», светлую — с более темной, муку с высокой автолитической активностью — с мукой, обладающей пониженной активностью ферментов.

При подсортировке учитывают также массовую долю влаги и кислотность отдельных партий муки в случае, если эти показатели резко отличаются от нормы. В указании о подсортировке партий муки указывают соотношение партий (1 : 2 : 3) в общей смеси и назначение муки (на замес опары, теста, закваски и др.).

Если в рецептуру хлеба входят два сорта муки, то в указании о подсортировке должно быть указано соотношение сортов и технически удобный режим их смешивания. Обычно муку одного сорта расходуют на замес опары или закваски, а другого — на замес теста.

Например, при производстве столового хлеба ржаная обдирная мука идет на замес опары, а пшеничная второго сорта — на замес теста.

Правильно составленная и выполненная подсортировка партий муки обеспечивает стабильный технологический режим и стандартное качество изделий.

В тарных складах муки подсортировку партий часто осуществляют вручную. Например, при смешивании двух партий в соотношении 1 : 2 на один мешок первой партии приходится два мешка второй партии. При этом способе муку желательно засыпать из мешков сравнительно небольшими порциями с целью равномерного смешивания разных партий. Для подсортировки партий муки в определенных пропорциях используют специальные дозаторы и дозаторы-смесители, принцип действия которых состоит в том, что при изменении частоты вращения рабочего органа изменяется количество муки определенной партии, подаваемое за единицу времени.

Например, если две партии муки (*a* и *b*) смешивают в соотношении 1 : 2, то рабочий орган дозатора партии *b* должен вращаться в 2 раза быстрее, чем рабочий орган дозатора партии *a*.

В тарных складах устанавливают шнековый дозатор-смеситель МС-2 или МСЗ-50 для подсортировки двух-трех партий муки

В бестарных складах под выпускным отверстием бункера (силоса) устанавливают барабанные или шнековые дозаторы, которые подают определенное количество муки в единицу времени в общий транспортер или мукопровод, где она смешивается с мукой из других бункеров.

## 5.2. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ХРАНЕНИИ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

При хранении на хлебозаводах в муке протекают химические, физические и ферментативные процессы, вызывающие изменение ее хлебопекарных свойств.

Сразу после помола в муке происходит газообмен, интенсивность которого в процессе хранения снижается: частицы муки поглощают кислород и выделяют диоксид углерода. Газообмен протекает в результате дыхания микроорганизмов и окислительных процессов частиц муки — окисления липидов, каротиноидных пигментов (каротина, ксантофилла) и SH-групп клейковинных белков.

Интенсивность окислительно-восстановительных процессов, биохимических изменений в муке находится в прямой зависимости от влажности, температуры, наличия и активности ферментов.

В зависимости от глубины этих процессов хлебопекарные свойства муки могут улучшаться или ухудшаться.

Улучшение хлебопекарных свойств, происходящее при хранении свежесмолотой муки, называют *созреванием*.

Свежесмолотая мука обладает низкой водопоглощительной способностью, образует липкое, быстро разжижающееся при брже-

нии тесто. При расстойке куски теста быстро расплываются. Готовый хлеб имеет пониженный объем. На поверхности корки часто наблюдаются мелкие трещины. Подовый хлеб может иметь расплывчатую форму. Выход готового хлеба снижается, так как для предотвращения дефекта хлеба уменьшают массу воды на замес теста по сравнению с расчетной.

В результате созревания пшеничная мука становится более «сильной». Объем хлеба увеличивается, возрастает пористость мякиша, она становится более равномерной, тонкостенной, снижается расплываемость половых изделий. В муке со «слабой» клейковиной в результате отлежки происходят особенно глубокие изменения, улучшаются ее хлебопекарные свойства и в наибольшей степени — состояние белковых веществ клейковинного комплекса. В муке, средней по силе, эти изменения менее выражены. «Сильная» мука при созревании становится еще более «сильной».

В результате созревания муки изменяются массовая доля жира, влаги, цвет, кислотность, состояние белково-протеиназного и углеводно-амилазного комплексов.

### 5.2.1. Изменение влажности

Влажность муки изменяется в зависимости от длительности и условий ее хранения. Она увеличивается или уменьшается, достигая равновесной влажности, соответствующей параметрам воздуха на складе.

При хранении муки в мешках, уложенных в штабеля, влажность ее изменяется медленно. В таких условиях значительное изменение массовой доли влаги происходит только при длительном хранении (месяц и более).

На хлебозаводах мука хранится не более 7 сут, поэтому изменение массовой доли влаги в ней практически несущественно.

В хлебопекарном производстве массовую долю влаги в муке, равную 14,5 %, принято называть *базисной*, что соответствует равновесной влажности при хранении муки на складах при температуре 18 °С и относительной влажности воздуха 70—75 %. Изменение доли влаги в муке  $W$  является функцией относительной влажности воздуха  $\varphi$  и

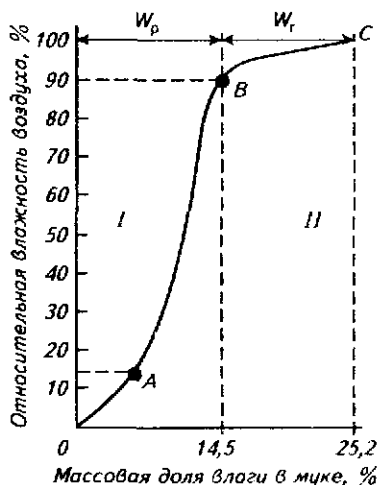


Рис. 5.7. Изменение массовой доли влаги:  $W_p$  — равновесная влажность, %;  $W_g$  — гигроскопическая влажность, %

может быть выражено S-образной кривой (рис. 5.7), разделяющей координатную плоскость на область сорбции (*I*) и десорбции (*II*). Участок *OA* соответствует молекулярной адсорбции, так как поглощение влаги на этом участке характеризует образование мономолекулярного слоя на поверхности мицелл, участок кривой *AB* — полимолекулярной адсорбции, а участок *BC* — капиллярной адсорбции, при которой происходит заполнение макрокапилляров за счет осмотического связывания влаги частицами муки.

### 5.2.2. Изменение кислотности

Кислотность муки — показатель качества муки, свидетельствующий о степени ее свежести. Кислотность обусловлена наличием белков, имеющих кислую реакцию, содержанием свободных жирных кислот и различных фосфорорганических соединений, в первую очередь фитина и фосфолипидов. В муке также присутствуют органические кислоты — яблочная, уксусная, молочная, шавелевая и др.

При хранении муки изменяется ее общая и активная кислотность. Это связано с гидролитическими процессами, протекающими в высокомолекулярных соединениях муки. Так, содержащиеся в муке жиры под действием фермента липазы гидролизуются до свободных жирных кислот и глицерина. В соответствии с этим за 6—9 сут хранения возрастает содержание свободных насыщенных жирных кислот и повышается кислотное число жира. Изменения иодного числа не происходит.

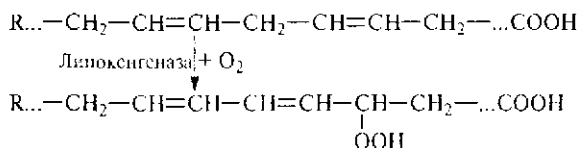
Интенсивность гидролитического распада жиров и образования свободных жирных кислот тем выше, чем больше массовая доля влаги в муке и чем выше температура ее хранения (до определенного предела). Расщепление жиров начинается главным образом при наличии капиллярной конденсации. В липидах муки содержатся ненасыщенные жирные кислоты: линолевая, олеиновая и линоленовая. Они также подвергаются изменениям под действием окислительных ферментов, в частности фермента липоксигеназы. Наиболее интенсивно эти изменения протекают в присутствии кислорода воздуха. В результате окисления ненасыщенных жирных кислот образуются пероксиды



Пероксиды жирных кислот могут легко подвергаться дальнейшему окислению, катализируемому липоксигеназой, что может вызвать порчу муки. Именно глубокое окисление ненасыщенных жирных кислот приводит к прогорканию муки.

Из всех ненасыщенных жирных кислот липоксигеназа окисляет с достаточной скоростью линолевою и линоленовую кислоты. Олеиновая кислота окисляется медленнее.

Окисление ненасыщенных жирных кислот под действием липоксигеназы приводит к образованию гидропероксидов:



Образующиеся гидропероксиды, обладая весьма высокой окислительной способностью, могут окислять новые порции ненасыщенных жирных кислот.

Определенную роль в изменении кислотности муки играет фитин-кальций-магниевая соль инозитфосфорной кислоты.

Под действием фермента фитазы, содержащейся в муке, особенно смолотой из зерна с примесью проросшего, инозитфосфорная кислота расщепляется на мио (мезо)-инозит и свободную ортофосфорную кислоту. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна (муки) находится в области pH 5,8.

Фитаза (мио-инозитол-гексафосфат-фосфогидролаза) катализирует расщепление фитина (кальций-магниевая соль мезо-инозит-гексафосфорной кислоты) и инозитфосфорной (фитиновой) кислоты.

Ферментативный гидролиз фитиновой кислоты, на которую приходится 70—75 % содержащегося в муке фосфора, представляет интерес для физиологии питания, поскольку она связывает кальций, магний, железо, образуя водонерастворимые комплексы и препятствуя их усвоению организмом человека. Фитаза играет большую роль в качестве фактора повышения пищевой ценности хлеба. Расщепляя в процессе брожения теста большую часть содержащейся в нем инозитфосфорной кислоты, фитаза способствует лучшему усвоению солей кальция. Кроме солей кальция и магния инозитгексафосфорной кислоты фитаза расщепляет соли *пента-* и *тетра-*фосфорных кислот.

Наибольшая активность этого фермента проявляется в алейроновом слое зерновки, а наименьшая — в зародыше.

Из ферментов, оказывающих окислительное действие, в пшеничной муке содержатся *o*-дифенолоксидаза, каталаза и пероксидаза. В пшеничной муке практически отсутствует аскорбинаоксидаза, но в то же время установлено, что в ней имеется система, окисляющая аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую. Процесс окисления аскорбиновой кислоты протекает, вероятно, за счет присутствия катализаторов в виде ионов металлов. В муке также обнаружены цитохромоксидаза и оксидаза уксусной кислоты.

Следовательно, повышение кислотности пшеничной муки вызывает гидролитическое расщепление жира и образование свободных жирных кислот, окисление последних и накопление в резуль-



тате их окисления альдегидов и кетонов, гидролиз фосфорорганических соединений и образование фосфатов типа  $\text{KН}_2\text{PO}_4$ , небольшой гидролиз белковых веществ и образование продуктов кислотного характера, содержащих свободные концевые группы — $\text{COOH}$  и другие факторы.

На увеличение общей кислотности влияют выход и влажность муки, а также температура. Нарастание кислотности наиболее интенсивно происходит в течение первых 15—20 дней после размола зерна. При хранении муки, смолотой с примесью проросшего зерна или самосогревшегося, ее кислотность увеличивается быстрее, чем муки, смолотой из нормального зерна.

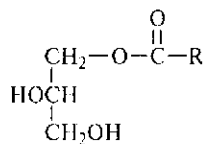
### 5.2.3. Изменение липидов

Липиды (от греческого *lipos* — жир) — группа природных соединений, нерастворимых в воде, но растворимых в органических растворителях, образующих при гидролизе высокомолекулярные жирные кислоты. Наряду с белками, нуклеиновыми кислотами и углеводами липиды образуют четвертый класс соединений в живых клетках. Липиды, разнообразные по структуре вещества, объединены общим признаком — наличием высокомолекулярных жирных кислот и гидрофобностью.

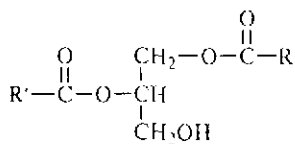
По структуре липиды подразделяют на три группы: простые, сложные и производные липидов. К простым липидам относятся только эфиры жирных кислот и спиртов. В состав сложных липидов кроме жирных кислот и спиртов входят другие компоненты различного химического строения. К производным липидам относятся в основном жирорастворимые витамины.

В результате ферментативных процессов под действием липазы, обладающей субстратной специфичностью, происходит гидролиз липидов. Максимальная активность липазы лежит в диапазоне значений pH от 5 до 8. При гидролизе триацилглицеролов, в состав молекул которых входят преимущественно три разные жир-

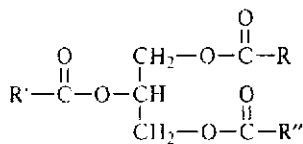
ные кислоты, образуются глицерин  $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{HOCH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$  и ненасыщенные жирные кислоты, среди которых преобладают ненасыщенные триглицериды:



1-Ацил-*L*- глицерол

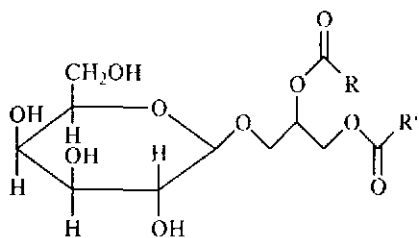


1, 2-Ацил-*L*- глицерол

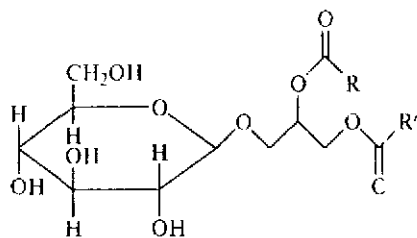


Триацил-*L*- глицерол

В состав простых липидов зерновых культур (пшеницы, ржи) входят гликолипиды, состоящие из остатков моноз. Гликолипиды выполняют структурные функции, им принадлежит важная роль в формировании клейковинных белков пшеницы, определяющих хлебопекарное достоинство муки. Чаще всего в молекулу гликолипидов входят *D*-галактоза, *D*-глюкоза, *D*-манноза. Ниже приведены структурные формулы гликолипидов, образованных галактозой или глюкозой и диацилглицерином:

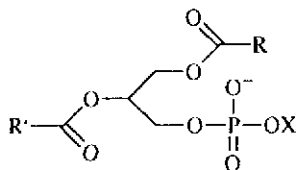


Галактозилдиацилглицерин

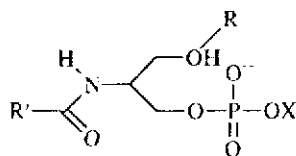


Глюкозилдиацилглицерин

В состав сложных липидов входят фосфолипиды, состоящие из остатков спиртов (глицерина, сфингозина), жирных кислот, фосфорной кислоты, азотистых оснований (чаще всего холин  $[\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-(\text{CH}_3)\text{N}]^+\text{OH}$  или этаноламин  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ), остатки аминокислот и некоторых других соединений. Общие формулы фосфолипидов, содержащих остатки глицерина и сфингозина, приведены ниже:



Глицерофосфолипиды



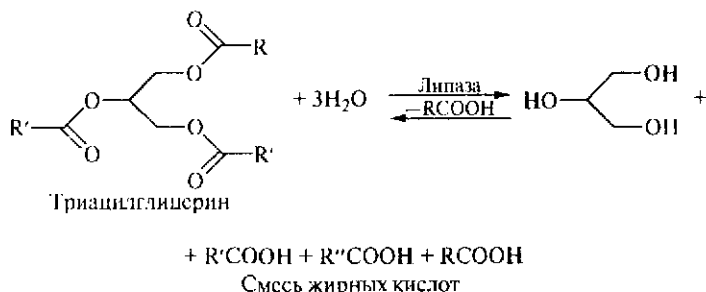
Сфинголипиды

где  $R, R'$  — углеводородные радикалы,  $X = -\text{H}, -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3), -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+\text{H}_3, -\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ .

Массовая доля фосфолипидов в зерне пшеницы составляет 0,54 %, в зерне ржи — 0,6 %.

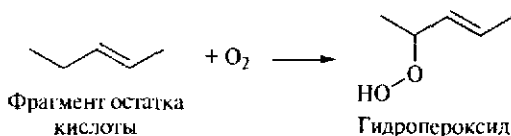
Липиды — наиболее лабильные компоненты муки, нестойкие при хранении.

Под влиянием фермента липазы триацилглицерины гидролизуются с образованием ди-, затем моноацилглицеринов и в итоге жирных кислот и глицерина



Гидролитический распад липидов зерна, муки, крупы — одна из причин ухудшения их качества, которая в итоге приводит к порче. Этот процесс особенно ускоряется при повышении влажности, температуры и активности липазы. Скорость и глубина гидролиза липидов характеризуется *кислотным числом*, т. е. количеством гидроксида калия, необходимым для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г масла. Для муки кислотное число не нормируется.

При хранении муки липиды, содержащие радикалы полиненасыщенных жирных кислот, окисляются кислородом воздуха. Продуктами окисления являются разнообразные по строению гидропероксиды:



Образовавшиеся гидропероксиды неустойчивы; в результате их сложных превращений образуются вторичные продукты окисления: *окси-* и *эпоксисоединения*, спирты, альдегиды, кетоны, кислоты и их производные с углеродной цепочкой различной длины. В ряду эфиров олеиновой ( $\text{C}^{18}$ ), линолевой ( $\text{C}^{28}$ ) и линоленовой ( $\text{C}^{38}$ ) кислот соотношение скорости окисления 1 : 27 : 77. Скорость окисления жиров уменьшается при понижении содержания кислорода в окружающей среде. Окисление липидов происходит и под действием биологических катализаторов — липоксигеназ и при участии фермента липазы.

Липаза осуществляет гидролиз триацилглицеринов, липоксигеназа катализирует образование гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот, в основном линолевой и линоленовой. Свободные жирные кислоты окисляются быстрее, чем их остатки, входящие в молекулы жира.

Окисление липидов сопровождается изменением не только глицеринов, но и сопутствующих веществ — каротиноидов, ксантофилов. Глубокое окисление вызывает порчу продукта (мука, крупа, кондитерские изделия и т. д.).

Изменение липидов муки способствует увеличению ее кислотности при хранении.

#### **5.2.4. Изменение белково-протеиназного комплекса**

При хранении муки наибольшие изменения претерпевает ее белково-протеиназный комплекс. Повышение кислотности муки в период ее созревания не оказывает практически значимого влияния на ее хлебопекарные свойства. Основная причина повышения «силы» пшеничной муки при созревании — укрепление (физических свойств клейковины под влиянием окислительного воздействия, прежде всего кислорода воздуха, пероксидных соединений, образующихся в муке при гидролизе липидов и ненасыщенных жирных кислот. В процессе окисления изменяются физико-химические свойства белково-протеиназного комплекса. Активность протеаз снижается, и в белках муки уменьшается число SH-групп во всех компонентах белково-протеиназного комплекса. Окисление SH-групп в глутатионе, молекуле протеиназы и в белковых составляющих муки с образованием дисульфидных —S—S-связей приводит к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его атакующести протеолитическими ферментами, снижению их активности. Образовавшиеся при созревании муки пероксиды предварительно окисляют содержащуюся в муке тиоктовую ( $\alpha$ -липоевую) кислоту, моноокисная форма которой затем окисляет SH-группы белково-протеиназного комплекса и активаторов протеолиза.

Это объясняется тем, что образующиеся свободные насыщенные жирные кислоты и продукты их окисления ингибируют протеазы, в результате ферментативная атакующесть веществ снижается. При хранении муки следует учитывать температуру свежесмолотой муки и окружающей среды и относительную влажность воздуха.

В летний период свойства клейковины изменяются уже на 3—5-й день хранения, а в зимний — недостаточно и 10-дневной отлежки. Значительная роль принадлежит кислороду воздуха. Наиболее быстрое созревание муки, выражающееся в улучшении упругих свойств клейковины, наступает при относительной влажности 80 %. При влажности 40 % изменения пластических свойств клейковины и теста проявляются очень слабо. Соответственно процесс гидролиза липидов в последнем случае происходит медленнее, чем при более высокой влажности.

Присутствие кислорода ускоряет изменение качества клейковины; в бескислородной среде этот процесс протекает медленно.

Следует отметить, что хотя свободные липиды и играют большую роль в созревании пшеничной муки, но при отсутствии этой фракции процесс идет в том же направлении, хотя и несколько медленнее.

Аэрирование свежесмолотой муки воздухом температурой 20—25 °С заметно улучшает хлебопекарные свойства клейковины. Влагоемкость муки, которая характеризуется массой воды, добавляемой к муке для получения теста нормальной консистенции, возрастает, снижается степень его разжижения и липкость, возрастает упругость клейковины и теста. Распываемость тестовых заготовок в процессе расстойки и выпечки снижается. Наиболее заметны эти изменения при созревании муки «очень слабой» и «слабой». Чем «слабее» была мука непосредственно после помола, тем заметнее улучшаются при хранении свойства ее клейковины.

«Слабую» муку для полного созревания необходимо хранить более длительно и лучше при оптимальной температуре (до 60 °С). «Сильную» муку подвергают только кратковременной отлежке.

Оптимальные условия ускоренного созревания свежесмолотой пшеничной муки при бестарном хранении в силосах — аэрирование ее воздухом температурой 25 °С в течение 6 ч при удельном расходе воздуха 2—3 м<sup>3</sup>/ч на 1 т муки. При аэрировании муки со слабой или нормальной исходной клейковиной достигается больший эффект, чем при аэрировании муки с начальной сильной клейковиной. Чрезмерно длительное хранение муки, даже в оптимальных условиях, приводит к постепенному ухудшению ее хлебопекарных свойств.

Инфракрасное облучение ускоряет созревание пшеничной муки.

При созревании муки во время хранения происходят и другие процессы, влияющие в известной степени на состояние белково-протеиназного комплекса и степень его изменения. Так, восстанавливающие сахара вступают во взаимодействие с белковыми веществами муки с образованием дополнительных поперечных связей и укрепляют структуру белковых макромолекул.

При созревании муки возможна полимеризация водорастворимых пентозанов, что также отражается на реологических свойствах клейковины и теста.

Изменения свойств клейковины и теста являются следствием окислительных процессов, происходящих в муке под действием кислорода воздуха и пероксидных соединений, которые образовались в муке при комплексном воздействии ферментов липазы на липиды и липоксигеназы — на ненасыщенные жирные кислоты муки.

Однако влияние этих и других факторов на процессы, протекающие в муке, еще подлежит дальнейшему изучению.

### 5.2.5. Изменение цвета

При хранении свежесмолотой муки происходит окисление каротиноидных и ксантофилловых пигментов, приводящее к осветлению муки.

Каротиноиды — углеводороды изопреноидного ряда  $C_{40}H_{56}$  (каротины) и их кислородсодержащие производные. Желтая и оранжевая окраска тетратерпенов, к которым принадлежат пигменты каротиноиды, связана с наличием длинного ряда сопряженных двойных связей. К группе каротиноидов относятся каротины  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -провитамин группы А. Самый активный из этих каротиноидов —  $\beta$ -каротин, молекула которого в организме человека способна образовать две молекулы витамина  $A_1$ ; молекулы  $\alpha$  и  $\gamma$ -каротинов — по одной молекуле витамина  $A_1$ .

К витаминам группы А относятся соединения, производные  $\beta$ -иона, обладающие биологической активностью ретинола. Наиболее важными и широко распространенными из них являются: сам ретинол (витамин  $A_1$ , витамин  $A_1$  — спирт, аксерофтэл), представляющий собой 9, 13-диметил-7-(1, 1,5-триметилциклогексан-5-ил-6)-нонатетраен-7, 9, 11, 13-ол-15; ретиналь (ретинол, ретинальдегид, витамин  $A_1$  — альдегид) и ретиноевая кислота (витамин А — кислота). Кроме того, у пресноводных рыб обнаружен дегидроретинол (витамин  $A_2$ ), отличающийся от ретинола наличием дополнительной двойной связи в третьем положении  $\beta$ -ионного кольца.

Провитаминами А являются каротины, из которых наибольшей биологической активностью обладает  $\beta$ -каротин.

Каротиноиды устойчивы к изменению рН среды, к веществам, обладающим восстановительными свойствами, но при нагревании выше  $100^\circ\text{C}$  или под действием солнечного света легко окисляются.

Тетраерпены, в молекулах которых содержатся кислородсодержащие группы, называются ксантофилами.

Процесс осветления муки протекает медленно и может продолжаться в течение длительного времени. Окисление пигментов обусловлено их характерной особенностью — наличием значительного числа сопряженных двойных связей, образующих их хромофорные группы, от которых зависит окраска.

Каротиноиды являются переносчиками активного кислорода и принимают участие в окислительно-восстановительных процессах. Каротин легко образует пероксиды, в которых молекула кислорода присоединяется по месту двойной связи и может окислять кроме указанных ранее сульфгидрильные группы белковых веществ и протеолитических ферментов, каротиноиды, ксантофиллы, аминокислоты, аскорбиновую кислоту и хлорофилл. Поскольку липоксигеназа обеспечивает вторичное окисление каротиноидов, сопровождающееся исчезновением характерной для них жел-

той окраски. происходит отбеливание муки, и мякиш хлеба приобретает более светлую окраску.

Аэрирование муки существенно ускоряет процесс окисления каротиноидных, ксантофилловых и хлорофилловых пигментов муки. Так, в свежемолотой муке, затаренной в мешки, содержание каротиноидов составляло 0,186 мг%. После пневмотранспортирования их доля в муке уменьшилась до 0,133 мг%.

Для интенсификации процессов окисления пигментов муки и теста с целью получения более светлого мякиша хлеба применение ферментных препаратов на основе липоксигеназы представляет определенный интерес.

### **5.3. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ХРАНЕНИИ РЖАНОЙ МУКИ**

В свежемолотой ржаной муке в начальный период ее хранения протекают биохимические изменения, аналогичные изменениям, наблюдаемым при созревании свежемолотой пшеничной муки, но аналогичного изменения хлебопекарных свойств не отмечается.

При хранении ржаной муки понижается активность ее амилолитических ферментов и повышается стойкость крахмала к действию амилолитических ферментов, снижается атакуемость белковых веществ и активность протеолитических ферментов, повышается способность к набуханию нерастворимых в воде белков, несколько возрастает кислотность. Более заметные изменения наблюдаются при хранении муки с массовой долей влаги свыше 15 %, а также ржаной сеяной муки. Установлено замедляющее влияние свободных ненасыщенных жирных кислот на клейстеризацию крахмала ржаной муки.

При созревании ржаной сеяной муки вследствие протекания окислительных процессов и значительного снижения доли восстановленной формы глутатиона заметно улучшаются структурно-механические свойства теста из нее: увеличивается его вязкость, снижается расплываемость тестовых заготовок в период расстойки и несколько улучшается цвет мякиша хлеба. Кроме того, улучшаются такие показатели качества хлеба, как упругость и эластичность мякиша, а также состояние его пористости.

Ржаную муку, смолотую из зерна, подвергшегося в период уборки действию атмосферных осадков (без видимых признаков прорастания), следует направлять на отлежку. Хлеб из такой муки из-за повышенной активности ферментов имеет липкий, влажный на ощупь, заминающийся мякиш. Отлежка такой муки в течение 2 мес после помола несколько улучшает качество хлеба из нее.

Однако улучшение хлебопекарных свойств ржаной муки в процессе созревания не имеет практически значимого эффекта.

При хранении ржаной муки, как и пшеничной, необходимо учитывать влажность муки, параметры атмосферы (относительная влажность и температура воздуха) и исходные показатели ее качества.

При хранении ржаной обойной, обдирной и сеяной муки в течение 30 дней при температуре от 17 до 21 °С и относительной влажности воздуха от 52 до 84 % массовая доля общего азота и белковых веществ не изменяется, а массовая доля их спирто- и щелочерастворимых фракций возрастает. Массовая доля содерастворимой фракции снижается, причем эта тенденция наиболее ярко выражена при влажности муки 13 %.

Массовая доля нерастворимого остатка азотсодержащих веществ при повышенной влажности уменьшается, по-видимому, из-за жизнедеятельности микроорганизмов муки.

Состав аминокислот белков ржаной муки при хранении практически не изменяется. Сахарообразующая и газообразующая способности муки несколько увеличиваются. Число паления и автотитическая активность меняются незначительно.

Ночная температура клейстеризации крахмала повышается. Массовая доля водорастворимых пептозанов увеличивается.

Ухудшение пищевого достоинства ржаной муки с влажностью 13 % и ниже происходит главным образом в результате окислительного прогоркания, а при 15 % и выше — преимущественно из-за развития бактерий и микромицетов.

#### **5.4. ПРОЦЕССЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ПОРЧУ МУКИ ПРИ ХРАНЕНИИ**

На предприятие поступает мука влажностью не более 15 %, однако при хранении в неблагоприятных условиях (при повышенных значениях влажности и температуры окружающего воздуха) влажность ее повышается. В такой муке протекает ряд нежелательных процессов (прогоркание, прокисание, плесневение, развитие насекомых и клещей, самосогревание, слеживание), которые могут привести к снижению ее хлебопекарных свойств и в итоге к порче.

Изменения в составе и свойствах компонентов ржаной муки при хранении в условиях влажности выше критической и при доступе кислорода воздуха весьма существенны.

##### **5.4.1. Изменение липидов**

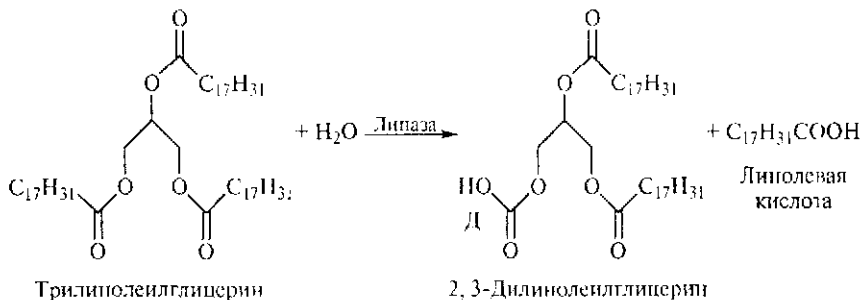
Одним из наиболее четко выраженных признаков изменения хлебопекарных свойств муки при хранении ее в среде повышенной влажности является увеличение кислотности в результате накопления продуктов гидролиза, катализируемого ферментами фи-



тазой (при действии на фитин) и кислой фосфатазой. В пшенице содержится достаточно большое количество фитина — 400 мг/100 г продукта, причем основная часть сосредоточена в наружном слое зерна. Хлеб, выпеченный из муки высшего сорта, практически не содержит фитина. В хлебе из ржаной муки его мало из-за высокой активности фитазы, способной расщеплять фитин.

Фитин благодаря своему химическому строению легко образует с ионами Ca, Mg, Fe, Zn и Cu труднорастворимые комплексы. Этим объясняется его деминерализующий эффект, снижающий усвоение минеральных веществ.

Ферментативное окислительное прогоркание начинается с гидролиза жира ферментом липазой:



Образовавшаяся в результате гидролиза линолевая кислота под действием фермента липоксигеназы окисляется с образованием гидропероксида линолевой кислоты. Окисление продуктов гидролиза может продолжаться и дальше. Вторичные продукты окисления (альдегиды, кетоны, кислоты с углеродной цепочкой меньшей длины, чем в исходных липидах, а также разнообразные их производные) являются причиной ухудшения качества пищевого сырья и многих липидсодержащих продуктов.

Фермент фитаза отщепляет фосфорную кислоту от инозитфосфорной кислоты. Последняя в виде Ca-Mg-соли представляет собой фитин. Оптимум действия фитазы пшеничного зерна находится в области pH 5,8. Фитаза играет большую роль в качестве фактора пищевой ценности хлеба и в биотехнологических процессах.

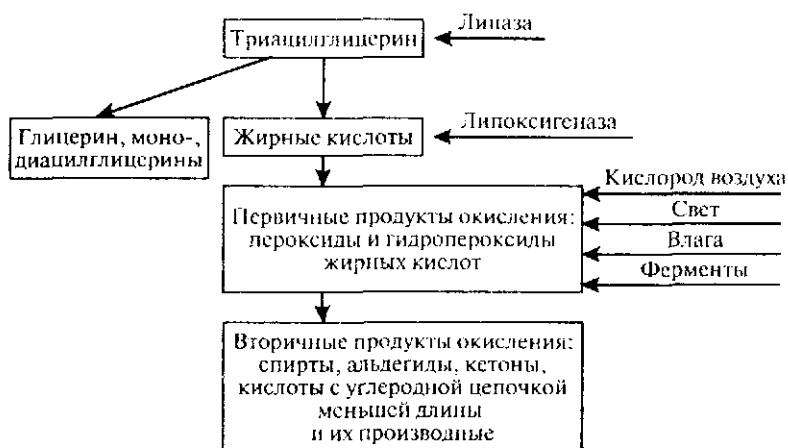
Инозитфосфорная кислота, образуя нерастворимые соли с кальцием, препятствует его усвоению организмом человека. Фитаза муки (и дрожжей) расщепляет большую часть содержащейся в ней инозитфосфорной кислоты, тем самым способствуя лучшему усвоению кальция.

В результате накопления разнообразных продуктов окисления липидов пищевая ценность прогорклой муки резко снижается и она иногда приобретает токсические свойства. Эти изменения обусловлены также гидролизом фосфорорганических соединений

муки с образованием кислых фосфатов; накоплением свободных жирных кислот вследствие гидролиза липидов липазой муки и микроорганизмов с последующим окислением продуктов гидролиза липоксигеназой.

Липаза при повышенной влажности муки и температуре хранения быстро гидролизует глицериды с образованием свободных жирных кислот, что приводит к повышению кислотности муки и ее быстрому прогорканию. Определенная роль в порче муки принадлежит также липоксигеназе, поскольку пероксиды жирных кислот легко подвергаются дальнейшему распаду с образованием веществ, являющихся причиной ухудшения качества муки, ее прогоркания, — альдегидов, кетонов и других вторичных продуктов, придающих муке неприятный вкус и запах.

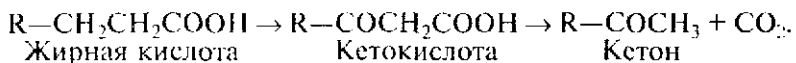
В общем виде этот процесс может быть представлен следующей функциональной схемой:



Именно вторичные продукты окисления вызывают появление неприятного привкуса, свойственного прогоркшей муке, а входящие в их состав летучие соединения обуславливают ухудшение запаха.

Иногда прогоркание муки зависит от жизнедеятельности микроорганизмов. Кроме того, неприятный запах и вкус продукта обусловлен появлением кетонов, образующихся при окислении отщепленных жирных кислот. Подобного рода кетонное прогоркание наблюдается у жиров, содержащих жирные кислоты с числом углеродных атомов в молекуле от 6 до 12. При кетонном прогоркании, например, из капроновой кислоты  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COOH}$  образуется метилпропиленкетон  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{COCH}_3$ .

Образованию кетонов предшествует получение кетокислот, которые затем, отщепляя диоксид углерода (декарбоксилируясь), переходят в кетоны:



Распространенным типом прогоркания является окисление ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха, при этом кислород, присоединяясь по месту двойных связей, образует пероксиды. В результате дальнейшего окисления пероксидов жирных кислот образуются альдегиды, придающие жиру неприятные запах и вкус. Подобного рода окислительное прогоркание липидов и продуктов их гидролиза ускоряется в присутствии влаги, при повышенной температуре и доступе кислорода воздуха. При отсутствии кислорода эти процессы не идут.

Окисление липидов — одна из наиболее важных причин изменения свойств муки при хранении. Витамин Е, особенно  $\alpha$ -токоферол, представляет собой антиокислитель липидов. При хранении муки, содержащей антиокислительный комплекс, влияние разрушающего действия компонентов прогоркшего жира уменьшается. Повышение температуры интенсифицирует действие липазы и липоксигеназы, усугубляя процессы окисления липидов. Окисление липидов приводит к глубокому изменению биохимических процессов в компонентах муки.

Продукты окисления липидов разрушают многие витамины (ретинол, витамины группы В, биотин, каротин), увеличивают кислотное число жира, снижают содержание ниацина и гиамина.

В течение первых четырех месяцев хранения содержание липидов в муке под действием микроорганизмов резко уменьшается. Под действием липазы происходит гидролитическое расщепление липидов, а затем образовавшиеся жирные кислоты и глицерин превращаются в сахар.

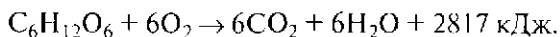
Влажность муки и продолжительность хранения влияют на изменения свободных, связанных и прочносвязанных липидов. В свободных липидах пшеничной муки с первых дней хранения наблюдаются гидролитические и окислительные процессы. Связанные липиды более стойкие, поэтому в них изменения начинают протекать после 40 дней хранения. Свободные липиды частично переходят в связанные, а связанные — в прочносвязанные. Содержание свободных жирных кислот в муке нарастает. При длительном хранении после периода созревания в ней увеличивается доля кислотореагирующих веществ.

Кислотность муки изменяется так же, как и кислотное число жира: сначала быстро увеличивается, а затем под влиянием продуктов распада белков уменьшается.

В пшеничной муке, хранившейся в силосе и подвергавшейся аэрации, заметны химические изменения. Гидролиз жира, вызывающий уменьшение содержания жира и повышение его кислотного числа, зависит от продолжительности аэрирования, удельного расхода и температуры воздуха. Наиболее интенсивно этот процесс происходит в муке второго сорта. Во всех случаях мука становится менее устойчивой к дальнейшему хранению, она быстрее прокисает, плесневеет и прогоркает. При аэрировании муки с отклонениями от оптимальных параметров в течение 6 ч при удельном расходе воздуха  $3 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{ч}$  и температуре  $26\text{--}27^\circ\text{C}$  повышается кислотное число, ускоряются прогоркание и порча муки.

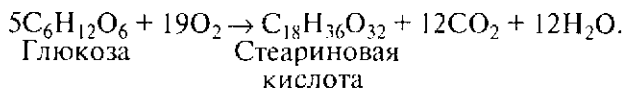
#### 5.4.2. Изменение углеводов

Наряду с аэробной жизнедеятельностью микроорганизмов муки, связанной с поглощением кислорода воздуха и окислением ее моносахаров, происходит выделение  $\text{CO}_2$ , влаги и теплоты:



Мощное воздействие на белковые вещества, углеводы и липиды муки оказывают развивающиеся микроорганизмы, в основном плесневые грибы — микромицеты. Некоторые плесневые грибы, например *Aspergillus niger*, при определенных условиях и благодаря каталитическому действию фермента глюкоксидазы практически полностью превращают глюкозу в глюконовую кислоту.

В процессе развития микроорганизмы потребляют сахара муки. При достаточном доступе кислорода из последних образуется стеариновая кислота (для протекания этой реакции необходимо затратить 3953 кДж энергии на 5 г/моль потребляемого сахара):



Эпифитная микрофлора провоцирует самосогревание муки и ее глубокую порчу. Из-за теплопроводности муки выделяющаяся при дыхании теплота задерживается и температура муки постепенно повышается. Самосогревание муки происходит в результате активной жизнедеятельности населяющей ее микрофлоры при повышенной влажности, оптимальной температуре и достаточном доступе воздуха. Этот процесс обычно сопровождается слеживанием муки в комки, ее плесневением и появлением неприятного затхлого запаха. Процессы самосогревания развиваются при повышенной влажности муки (15,5 % и выше).

Повышение влажности муки и температуры создает условия, благоприятные для развития в муке плесневой и бактериальной микрофлоры, приводящего к интенсификации окислительных

процессов. Наличие воздушных зон между частицами муки способствует развитию мицелия плесневых грибов во всей ее массе.

Плесневение ухудшает вкус муки (он становится кислым), запах (он становится плесеным, затхлым), повышает общую кислотность; интенсивная жизнедеятельность микроорганизмов вызывает ее «прокисание» — в муке появляется специфический кислый вкус и запах.

*Прокисание муки* — результат размножения молочнокислых бактерий, сбраживающих сахара муки с образованием кислот. *Прогоркание муки* — частично химический процесс окисления жиров муки кислородом воздуха, частично биохимический — результат ферментативного гидролиза жиров липолитическими ферментами некоторых бактерий и плесневых грибов. Этот процесс сопровождается развитием в муке крахмалоразлагающих и кислотообразующих бактерий. Продуктами метаболизма крахмалоразлагающих бактерий при действии на крахмал являются сахара; кислотообразующих бактерий — органические кислоты, образующиеся из этих сахаров. Содержание крахмала в муке уменьшается вследствие расхода его на развитие крахмалоразлагающих микроорганизмов муки.

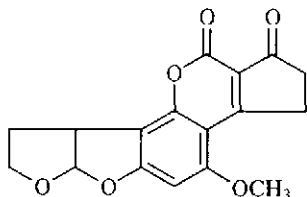
При активном развитии процесса плесневения затхлый запах сохраняется в готовом продукте. Поэтому такая мука непригодна к переработке.

Появление кислого запаха обусловлено образующимися летучими органическими кислотами. При просеивании такой муки часть кислот улетучивается и запах становится менее выраженным.

При хранении возможно уплотнение и слеживание муки. Уплотнение муки происходит под действием собственного веса, но это явление не оказывает влияния на ее сыпучесть.

*Слеживание муки* — уплотнение массы муки, вызванное неблагоприятными условиями ее хранения. В результате слеживания сыпучесть муки резко уменьшается и могут образоваться монолиты. Слеживание муки нежелательно, так как необходимо обеспечить ее разрыхление.

Пищевые микромицеты способны образовывать многочисленные микотоксины, некоторые из них канцерогенны. Наибольшую опасность представляют афлатоксины, обнаруженные в пшенице и продуктах ее переработки — муке, кружке и хлебе. Структура афлатоксина В<sub>1</sub> представлена ниже:



Афлатоксин В<sub>1</sub>

Афлатоксин  $B_1$  — самый активный канцероген. Афлатоксины концентрируются в периферийных частях зерна, поэтому в муке высшего сорта их содержание минимально. В процессе приготовления теста и выпечки содержание афлатоксинов значительно уменьшается.

### **5.4.3. Процессы, протекающие при хранении муки пониженной влажности**

При хранении муки влажностью до 13,5 % в ней также протекают разнообразные окислительные процессы, которые после завершения периода созревания постепенно ухудшают ее хлебопекарные свойства.

Процессы в сухой муке идут медленно. Несмотря на это кислотность муки также возрастает, но кислого вкуса не ощущается. Образующиеся при гидролизе жиров жирные кислоты не растворяются в воде, а растворяются в органических растворителях. Повышенная температура ускоряет нежелательные процессы в муке.

Мука влажностью до 14,5 %, полученная из нормального зерна, при температуре 15—20 °С может сохранять свое исходное качество без признаков порчи (прогоркание, прокисание) до 8 мес.

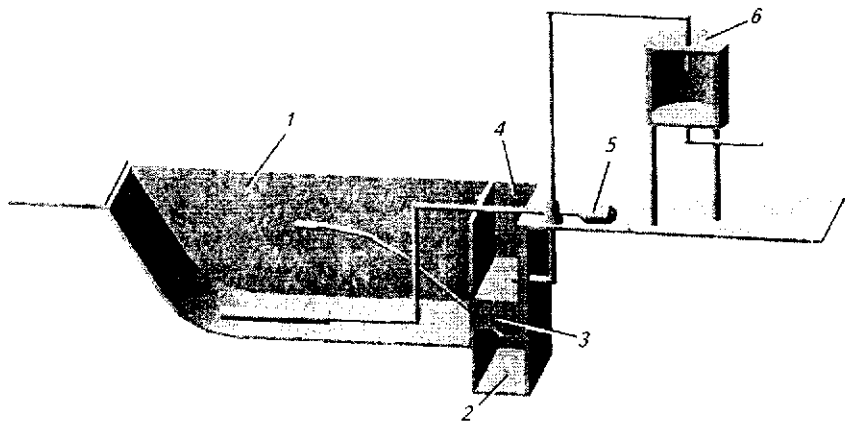
Мука, выработанная из партий зерна, подвергавшихся самозогреванию, или с примесью проросших и морозобойных зерен менее стойка в хранении: она начинает портиться в два раза быстрее.

Свободный доступ воздуха ускоряет порчу муки. Мука высоких сортов прогоркает быстрее, хотя и содержит меньше жира, чем обойная. Это обусловлено тем, что в обойной муке присутствует больше зародышевой ткани, содержащей антиокислители.

На складах хлебозаводов (как тарных, так и бестарных) мука хранится не более 15 сут (обычно 7 сут). За это время процессы, вызывающие ухудшение хлебопекарных свойств муки и ее порчу, не успевают развиваться. Несмотря на это необходимо осуществлять контроль за состоянием муки при ее хранении на складах при параметрах воздуха с отклонениями от заданных, особенно при критической влажности муки и повышенной температуре воздуха.

## **5.5. ХРАНЕНИЕ СОЛИ И ПОДГОТОВКА ЕЕ К ПРОИЗВОДСТВУ**

На хлебопекарные предприятия малой мощности соль поступает в мешках и хранится в отдельном помещении насыпью или в ларях. Ввиду гигроскопичности ее нельзя хранить вместе с другими продуктами. Соль добавляют в тесто в виде раствора концентрацией 25—26 мас.%. Насыщенный раствор готовят в соле-растворителях, затем фильтруют и подают в производственные сборники.



**Рис. 5.8.** Схема установки для хранения соли в растворе:

1 — емкость для растворения соли; 2 — отстойник раствора; 3 — фильтр; 4 — секция для чистого раствора; 5 — насос; 6 — расходный бак

На большинстве хлебозаводов соль хранят в растворе (рис. 5.8). Соль, доставленную на хлебозавод самосвалом, ссыпают в железобетонный бункер, который для удобства выгрузки соли углублен на 2,8 м от отметки пола. Бункер имеет приемный отсек и 2—3 отстойника. В приемный отсек проведены трубопроводы с холодной и горячей водой. Раствор соли через отверстия в перегородках самотеком поступает во все отсеки отстойника, а затем фильтруется.

Периодически плотность солевого раствора проверяют ареометром. Чем выше плотность раствора соли, тем выше ее концентрация. Определив плотность, по таблицам перевода находят истинную концентрацию соли в растворе.

Обычно готовят солевой раствор 25%-ной концентрации (плотность раствора  $1,1879 \text{ г/см}^3$ ) или 26%-ной концентрации (плотность раствора  $1,1963 \text{ г/см}^3$ ). Если плотность раствора в последнем отсеке растворителя окажется недостаточной, то раствор перекачивают насосом в приемный отсек. Изменение прinjaю на производстве плотности солевого раствора нарушает дозировку соли и требует перерасчета количества этого раствора, подаваемого на замес полуфабрикатов.

## 5.6. ХРАНЕНИЕ ДРОЖЕЙ И ПОДГОТОВКА ИХ К ПРОИЗВОДСТВУ

Хлебопекарные прессованные дрожжи хранят при температуре  $0-4^\circ\text{C}$ . Гарантийный срок их хранения в таких условиях 12 сут.

При подготовке прессованных дрожжей для замеса полуфабрикатов их разводят водой температурой  $29-32^\circ\text{C}$  в бачках с мешалками в соотношении 1 : (2—4).

Замороженные дрожжи хранят при температуре 0—4 °С, оттаивать их следует медленно при температуре не выше 8 °С.

Сушеные дрожжи хранят в жестяных банках, бумажных пакетах или ящиках, выстланных пергаментом, при температуре выше 15 °С. Гарантийный срок хранения дрожжей высшего сорта 12, первого сорта — 6 мес.

Дрожжи высшего сорта упаковывают герметически. При упаковке в негерметичную тару срок их хранения сокращается вдвое. При хранении ежемесячное ухудшение подъемной силы допускается не более чем на 5 %.

Сушеные дрожжи перед употреблением следует замачивать в теплой воде до образования однородной смеси.

На некоторых заводах прессованные и сушеные дрожжи активируют. Сушеные дрожжи особенно нуждаются в длительной активации в среде, богатой питательными веществами. По технологической инструкции их рекомендуется активировать в течение 5—6 ч в жидкой осахаренной мучной заварке, приготовленной из муки пшеничной второго сорта (15 кг заварки на 1 кг дрожжей). Готовые активированные дрожжи следует израсходовать в течение 4 ч.

Качество активированных дрожжей проверяют по подъемной силе (10—15 мин по всплывающему шарик) и кислотности (2,5—3 град для муки первого сорта).

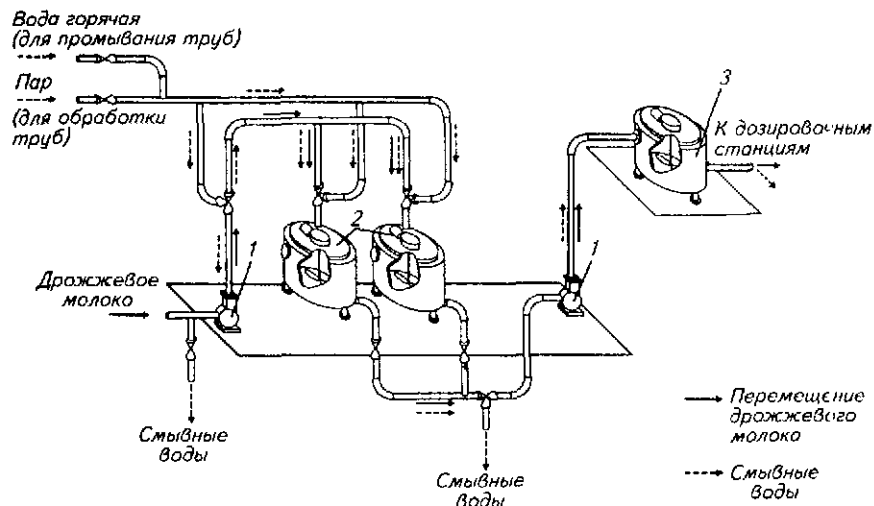


Рис. 5.9. Схема бестарного хранения дрожжевого молока:

1 — центробежный насос; 2 — баки для дрожжевого молока; 3 — расходная емкость с мешалкой



Охлажденное до температуры 3—10 °С дрожжевое молоко поступает на хлебозавод в автоцистернах, откуда оно перекачивается в стальные емкости с водяной рубашкой и электромешалкой, которую включают через каждые 15 мин на 30 с для обеспечения однородной концентрации дрожжевых клеток по всей массе продукта.

Продолжительность хранения дрожжевого молока при температуре 3—10 °С 2 сут, при температуре 0—4 °С — до 3 сут.

На некоторых хлебозаводах перед перекачиванием в производственные емкости дрожжевое молоко разбавляют в специальном баке водой до постоянной концентрации в нем дрожжевых клеток (рис. 5.9), например до содержания 300 г/дм<sup>3</sup> дрожжевого молока. Эта операция дает возможность не менять доз дрожжевого молока в производственной рецептуре, если отдельные его партии имеют разную концентрацию дрожжевых клеток.

## 5.7. ХРАНЕНИЕ САХАРА И ПОДГОТОВКА ЕГО К ПРОИЗВОДСТВУ

При тарном хранении сахар поступает на хлебозаводы в мешках массой 50 или 100 кг и хранится на складах. Для этого используют сухие, отапливаемые помещения. Резкие изменения температуры и относительной влажности воздуха могут привести к конденсации влаги на кристаллах сахара.

При бестарной перевозке сахара-песка его транспортируют в тех же цистернах, что и муку, а разгружают при помощи сжатого воздуха.

При хранении в бункерах влажность сахара не должна превышать 0,05 %, в противном случае он может слежаться, что приведет к затруднениям при разгрузке бункеров. Для растворения сахара на хлебозаводах используют растворители следующих моделей: СЖР, ХЛБ-12, Х-14 и др. Растворитель представляет собой емкость с вертикальным перемешивающим устройством, которое состоит из червячного привода с электродвигателем и вертикальной лопастной мешалки. Емкость снабжена рубашкой для обогрева водой или паром низкого давления.

Сахар растворяют в определенном объеме горячей воды при постоянном перемешивании. Приготовленный раствор перекачивают в расходную емкость, из которой его дозируют на замес теста. Для выработки хлебобулочных изделий, содержащих по рецептуре до 10 % сахара, сахарный раствор готовят в основном 50%-ной концентрации (плотностью 1,23 г/см<sup>3</sup>). Такие растворы хорошо хранятся и кристаллизуются только при температуре ниже 17 °С. С увеличением дозировки сахара до 20—30 % по рецептуре его вносят при замесе теста в кристаллическом виде или используют растворы большей концентрации.

Растворы сахара готовят следующей концентрации (%): для булочных изделий — 50; сдобных изделий с 10, 20, 25 и 30 % сахара по рецептуре — соответственно 50, 65, 68, 70; бараночных изделий с 15 и 20 % сахара по рецептуре — 65 и 70; сухарных изделий с

22 % сахара по рецептуре — 71; для диетических изделий с 25 % сахара по рецептуре — 73.

Растворы сахара 70%-ной концентрации (плотностью  $1,35 \text{ г/см}^3$ ) позволяют обеспечить его дозирование в растворенном виде в изделиях с высоким содержанием сахара по рецептуре. Температура насыщения 70%-ного сахарного раствора  $38^\circ\text{C}$ . Такие растворы быстро кристаллизуются даже при небольшом перенасыщении, поэтому важно соблюдать оптимальный температурный режим ( $38\text{—}40^\circ\text{C}$ ).

Процессу кристаллизации способствует наличие в растворе «зародышей» — центров кристаллизации, которыми являются случайные мелкие частицы сахара, механические примеси и др.

Прекрасным антикристаллизатором является поваренная соль —  $\text{NaCl}$ , а так как во все сорта теста для хлебобулочных и кондитерских изделий в качестве необходимого ингредиента входит соль, то такой антикристаллизатор очень удобен и выгоден.

На каждые  $10 \text{ дм}^3$  раствора сахара плотностью  $1,35 \text{ г/см}^3$  добавляют  $0,755 \text{ дм}^3$  раствора соли плотностью  $1,2 \text{ г/см}^3$ . В  $1 \text{ дм}^3$  смеси содержится  $0,8767 \text{ кг}$  сахара и  $0,0219 \text{ кг}$  соли. Температура насыщения смеси понижается до  $17^\circ\text{C}$ , что в любое время года не превышает температуру цеха пищевого предприятия. В этих условиях смесь можно хранить продолжительное время. Содержание хлорида натрия в ней соответствует минимальной дозе (согласно рецептуре на  $100 \text{ кг}$  муки) и составляет  $0,75 \text{ кг}$  соли.

При приготовлении теста масса сахаросолевого раствора должна обеспечивать дозировку всего сахара по рецептуре. Недостаток соли компенсируется при замесе солевым раствором плотностью  $1,2 \text{ г/см}^3$ .

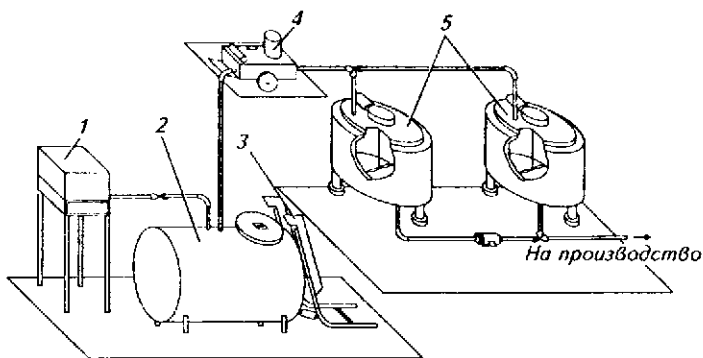
Смесь, приготовленная в указанных соотношениях сахара и соли, не кристаллизуется в течение 3 мес. После четырехчасового перемешивания даже под микроскопом при 300-кратном увеличении кристаллы в растворе не обнаруживаются.

При перевозке белого кристаллического сахара морским путем в некоторых случаях сахар растворяют сразу же при выгрузке из танкера. В одной из цистерн для хранения сахарного раствора готовят нужный объем теплой воды, для этого к выходному патрубку танкера крепят соединительный блок, через который циркулирует теплая вода. Сахар растворяют до требуемой концентрации и перекачивают в другую цистерну.

В настоящее время сахарные растворы на хлебозаводах чаще всего готовят на установке Т1-ХСП (рис. 5.10).

Сахар поступает с сахарного завода на хлебозавод в мешках. Затем его растворяют и перекачивают по трубам в емкости для хранения, которые монтируют над гестомесильными отделениями, а если хлебозавод одноэтажный, то на более высоком уровне, чем размещены гестомесильные машины.

В растворитель вместимостью  $0,25 \text{ м}^3$  дозатором отмеривают необходимое количество горячей воды. Затем в чан смесителя засыпают один или два мешка сахара.



**Рис. 5.10.** Аппаратурно-технологическая схема установки Т1-ХСП для приготовления сахарных растворов:

1 — бачок водосолелодготовительный; 2 — аппарат с пневматическим подъемником; 3 — пневматический подъемник; 4 — насос ХНП-300; 5 — расходные баки

Дополнительных весовых дозаторов для сахара не требуется. Растворение производится барботированием сжатым воздухом, после чего раствор пропускают через фильтр и сжатым воздухом по трубам подают в емкости для хранения.

Вместимость растворителя может обеспечить сахарным раствором хлебозавод любой производительности, так как продолжительность растворения 200 кг сахара составляет 12 мин, в том числе: заполнение смесителя горячей водой — 2 мин; подача сахара и перемешивание — 4 мин; перемешивание раствора — 5 мин; подача в сборник — 1 мин.

На хлебозаводах малой мощности в этой же установке можно растворять соль и готовить дрожжевую суспензию. Барботирование и транспортирование раствора сжатым воздухом создают для этого хорошие условия.

Транспортирование растворов сжатым воздухом имеет существенные преимущества (по сравнению с перекачиванием насосами), а именно: простота конструкции и достаточно легкое обслуживание установки. При этом емкость и трубопровод полностью освобождаются от жидкости и продуваются воздухом, что особенно важно для пищевых предприятий.

В настоящее время для обслуживания таких установок выпускают диафрагмовые компрессоры, которые вырабатывают сжатый воздух, не загрязненный маслом.

На хлебозаводы крупных городов поставляется жидкий сахар, который представляет собой раствор светло-желтого цвета, без посторонних запахов и привкусов. В хлебопекарной промышленнос-

ти применяют жидкий сахар высшей (обесцвеченный адсорбентами) и первой (очищенный с помощью фильтровальных порошков) категорий.

Промышленность выпускает жидкий сахар концентрацией до 70 %, с содержанием сухих веществ около 64 %, сахарозы 99,9—99,5 % на СВ. Его транспортируют в автоцистернах для пищевых продуктов или железнодорожных цистернах, снабженных термоизоляцией для сохранения его температуры 40—60 °С в процессе перевозки.

Из автоцистерн жидкий сахар насосом, самотеком или монжурами подается в установленные на складе хлебозавода сборники, вместимость и количество которых зависят от расхода сахара в производстве.

В качестве расходных баков используют емкости из нержавеющей стали с теплообменными рубашками.

В случае затруднительной работы насоса при перекачке жидкий сахар подогревают.

Использование жидкого сахара на производстве обеспечивает значительный экономический эффект:

упраздняются ручные операции по разгрузке, складированию, перемещению и доставке к производственным участкам мешков с сахаром;

ликвидируются такие операции, как расшивка мешков, растворение сахара, обработка и отправка пустых мешков;

исключаются потери сахара при расшивке мешков и высыпании в бункер;

отсутствует затаривание сахара в мешки, а следовательно, и связанные с этим расходы;

транспортирование жидкой фазы по трубам к местам хранения и потребления более выгодно, чем пневмо- и аэрозольтранспорт сухого сахара (не говоря уже о доставке в мешках);

сокращаются площади хранения: жидкий сахар 67%-ной концентрации занимает меньший объем, чем сухой. При хранении в цистернах можно использовать большую площадь и почти всю высоту складского помещения. Несмотря на то что стоимость транспортирования несколько увеличивается, так как масса жидкого сахара на 40—45 % больше сухого, это не влияет на общий экономический эффект.

Применение жидкого сахара улучшает санитарное состояние хлебопекарного предприятия.

При централизованном получении жидкого сахара можно осуществить тщательную очистку, фильтрацию и контроль сахара по всем показателям, что трудно организовать на многочисленных предприятиях-потребителях.

## 5.8. ХРАНЕНИЕ ПАТОКИ И ПОДГОТОВКА ЕЕ К ПРОИЗВОДСТВУ

Патока поступает на хлебозаводы в железнодорожных или автомобильных цистернах, откуда ее насосом перекачивают в резервуары-хранилища, где она хранится при температуре 8—12 °С в условиях, предохраняющих резервуары от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Для обеспечения постоянной температуры хранения патоки резервуары размещают в специальном помещении, оборудованном установкой с автоматическим регулятором температуры.

Для снижения вязкости патоку при внутризаводском транспортировании подогревают до температуры 45 °С. Перед использованием ее пропускают через сито с ячейками диаметром не более 3 мм.

## 5.9. ХРАНЕНИЕ ЖИРОВЫХ ПРОДУКТОВ, ДРУГОГО СЫРЬЯ И ПОДГОТОВКА ИХ К ПРОИЗВОДСТВУ

*Масло и масляную пасту* из коровьего молока хранят в холодном темном помещении. Под действием света, кислорода воздуха и повышенной температуры масло прогоркает. Масло и масляную пасту из коровьего молока хранят при относительной влажности воздуха не менее 85 % и температуре  $-6 \pm 3$  °С — 9 мес; при температуре  $3 \pm 2$  °С допускается хранение топленого масла во флягах до 1 мес.

*Твердый маргарин* хранят в складских помещениях или холодильниках при температуре от  $-20$  до 15 °С при постоянной циркуляции воздуха. Маргарин нельзя хранить вместе с продуктами, обладающими резким специфическим запахом.

*Жидкий маргарин* хранят в баках из нержавеющей стали при температуре 35—48 °С не более 2 сут. В каждой баке установлены водяная рубашка и пропеллерная мешалка, периодическое вращение которой предупреждает расслаивание маргариновой эмульсии.

Ящики, барабаны и бочки с маргарином при хранении должны быть уложены: при механизированной укладке — на поддоны, при немеханизированной — на рейки и решетки (подтоварники) штабелями с просветами между ними для свободной циркуляции воздуха, на расстоянии не менее 0,5 м от стен. Бочки и барабаны укладывают в штабели в вертикальном положении.

Жиры кондитерские и хлебопекарные в зависимости от температуры (от  $-20$  до 15 °С) и содержания антиоксидантов (антиокислителей) хранят в течение 1—9 мес.

Гарантийный срок хранения жидкого хлебопекарного жира со дня изготовления 10 дней при температуре 15—20 °С. Его хранят в термоизолированных танках или других емкостях, снабженных обогревающими устройствами и мешалками.

При подготовке к производству твердые жиры освобождают от тары, осматривают, очищают поверхность от загрязнений. Затем жиры разрезают на куски и проверяют их внутреннее состояние.

Если жиры употребляют в растопленном состоянии, то после зачистки поверхности жир помещают в бачок с водяной рубашкой или паровым змеевиком, мешалкой и фильтром. Температура растопленного маргарина должна быть не выше 40—45 °С, в противном случае произойдет расслоение массы на жир и воду, что вызовет неравномерное распределение жира в тесте. Трубопровод, по которому транспортируют жир, должен быть снабжен термоизоляцией или подогревающим устройством.

Сливочно-растительные, растительно-сливочные спреды и топленые смеси хранят при температурах от -25 °С до 5 °С включительно; растительно-жировые спреды и топленые смеси — от -20 °С до 15 °С включительно.

Спреды и топленые смеси нельзя хранить вместе с продуктами, обладающими резким специфическим запахом.

Требования к укладке ящиков со спредами и топлеными смесями такие же, как приведенные ранее требования к укладке ящиков с маргарином.

Растительные масла хранят в темном помещении, в закрытой таре (бочках или цистернах) при температуре 4—6 °С. Под влиянием кислорода воздуха, света и повышенной температуры растительные масла портятся.

Влияние вносимого в тесто жира на качество хлеба может быть усилено, если жир вносить в виде водной эмульсии с использованием соответствующего эмульгатора (фосфатидного концентрата, поверхностно-активных веществ и др.).

Полученная эмульсия должна быть тонкодисперсной, устойчивой во времени и пригодной для транспортирования по трубопроводам. Для этой цели целесообразно использовать установки с гидродинамическими вибраторами (рис. 5.11), создающими в эмульгируемой смеси звуковые колебания.

На установках такого типа, выпускаемых на заводах пищевого машиностроения или изготовляемых в ремонтно-механических мастерских, можно готовить эмульсии жира, вносимого в тесто, и эмульсии для смазки хлебопекарных форм и листов.

Яйца хранят отдельно от других продуктов в холодильных камерах при температуре от 0 до 20 °С и относительной влажности воздуха 85—88 %: столовые — от 8 до 25 сут; мытые — не более 12 сут.

В промышленных холодильниках яйца хранят при температуре от -2 до 0 °С и относительной влажности воздуха 85—88 % не более 90 сут.

При переработке большого количества яиц их обрабатывают в отдельном помещении, оборудованном трехсекционными ванна-

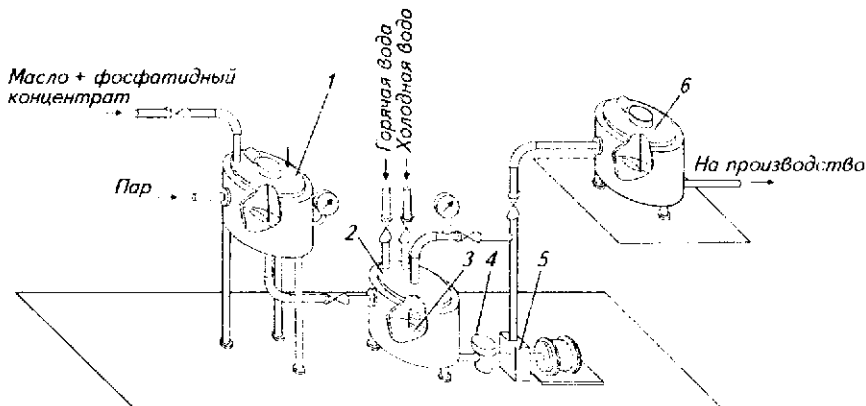


Рис. 5.11. Аппаратурно-технологическая схема установки для приготовления жировой эмульсии.

1 — бачок-смеситель; 2 — бачок для эмульгирования РЗ-ХЧД-315; 3 — гидродинамический вибратор АГА; 4 — фильтр; 5 — насос ПНФ-2/25А(РЗ-3); 6 — емкость РЗ-ХЧД для хранения эмульсии

ми и столами, имеющими специальные приспособления (особые ножи) для битья яиц.

Для обеззараживания яйца, растаренные в отдельном помещении, помещают в сетчатые ящики или ведра и тщательно промывают водой. Затем их выдерживают последовательно в течение 5—10 мин в растворе соды, хлорной извести и проточной воде. Чистые яйца разбивают по 3—5 шт. над отдельной чашечкой и проверяют на запах. Если яйцо доброкачественное, то содержимое чашечки выливают через сито в общую посуду.

Наиболее простой способ определения свежести яйца — просвечивание его на овоскопе.

На крупных предприятиях для санитарной обработки яиц и отделения желтка от белка используют специальное оборудование.

Жидкие охлажденные яичные продукты (меланж, желток, белок) хранят в чистых, хорошо вентилируемых помещениях при температуре не выше  $5^{\circ}\text{C}$  — не более 24 ч; замороженные яичные продукты при температуре не выше  $-18^{\circ}\text{C}$  — не более 16 мес; при температуре не выше  $-12^{\circ}\text{C}$  — не более 10 мес; при температуре не выше  $-6^{\circ}\text{C}$  — не более 6 мес.

Банки с меланжем перед употреблением размораживают в воде температурой  $45^{\circ}\text{C}$  в течение 2—3 ч и аккуратно вскрывают специальным ножом. Размороженный меланж процеживают через сито с ячейками диаметром до 3 мм и используют в течение 3—4 ч, так как он быстро портится.

Яичный порошок поступает на хлебозавод в бочках, картонных коробках или жестяных банках. Хранить яичный порошок реко-

мендуется в сухом, чистом и хорошо вентилируемом помещении при относительной влажности воздуха не более 75 % и температуре не выше 20 °С — не более 6 мес; при температуре не выше 2 °С — не более 2 лет. Яичный порошок очень гигроскопичен и под влиянием света, влаги и кислорода воздуха быстро портится.

Яичный порошок перед употреблением просеивают, а затем разводят в трех- или четырехкратном количестве воды температурой не более 45 °С. Воду добавляют в порошок, постепенно перемешивая массу. Полученную эмульсию процеживают через сито с ячейками диаметром 2 мм. В сухом виде яичный порошок не используют, так как его частицы не успевают набухнуть в тесте, что вызывает появление крапин в изделиях.

Повидло, джем и варенье поступают на хлебозавод в металлических банках или деревянных бочках, повидло может быть упаковано также в ящики. Эти продукты хранят в сухом помещении при температуре 0—20 °С и относительной влажности 75—80 %. При этих условиях повидло, упакованное в ящики, хранится до 6, а упакованное в бочки — до 9 мес. Хранение джема, варенья и повидла в теплом и влажном помещении может привести к их сбраживанию или плесневению.

Перед употреблением повидло пропускают через сито с ячейками диаметром не более 2 мм.

Пряности хранят в сухом чистом помещении в плотно закрытой таре. Нельзя хранить пряности вместе с другими сильно пахнущими веществами.

Перед употреблением тмин, анис и другие пряности просеивают и пропускают через магнитные уловители. При использовании дробленых пряностей (например, корицы) рекомендуется измельчать их порциями, чтобы сохранить аромат.

Ванилин хранят в жестяных коробках до 1 года. Перед добавлением в тесто ванилин растворяют в 96%-ном спирте в соотношении 2 : 1 или в горячей воде температурой 80 °С.

Эфирные масла и эссенции хранят в плотно закрытых бутылках с притертыми пробками, которые устанавливают в корзины, заполненные опилками. Эссенции огнеопасны и летучи. При температуре до 25 °С их можно хранить в течение 6 мес.

Изюм хранят в ящиках. Перед употреблением его перебирают, удаляя примеси и ветки, а затем моют вручную или на специальной машине. После мойки изюм помещают на сито для удаления капелек влаги.

Орехи и миндаль хранят в мешках, перед употреблением их перебирают.

Мед очень гигроскопичен, поэтому его хранят в деревянных бочках, молочных флягах при температуре не выше 10 °С в чистом, сухом, вентилируемом помещении с относительной влажностью воздуха не выше 75—80 %. Перед подачей на производство мед пропускают через сито с размером ячеек 3 мм.



Крахмал хранят в мешках, уложенных на стеллажах штабелями, при температуре воздуха в помещении 15—18 °С и относительной влажности воздуха не выше 70 %, так как вследствие высокой гигроскопичности крахмал может впитывать влагу, при этом в нем образуются комки, развиваются микроорганизмы и он приобретает гнилостный запах.

В связи с высокой гигроскопичностью и возможностью заражения инсектицидами и микроорганизмами крахмал нельзя хранить вместе с мукой в одном помещении. Его также нельзя хранить вместе с пахучими веществами, так как он способен поглощать запахи.

Мак хранят в мешках, а перед употреблением просеивают через сито с ячейками диаметром 0,5 мм. Если мак сильно загрязнен, его рекомендуется поместить в раствор соли плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup>, при этом минеральные примеси осядут на дно, а мак всплывет на поверхность. Затем его промывают проточной водой.

### Контрольные вопросы

1. Как хранят муку на хлебопекарных предприятиях?
2. В чем заключается подготовка муки к производству?
3. Какие процессы протекают в пшеничной и ржаной муке при хранении?
4. Какие процессы вызывают порчу муки? Как предотвратить нежелательные процессы при хранении муки?
5. В чем заключается подготовка соли, сахара, дрожжей и другого сырья к производству?

# Часть III

## ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ



Технология (от греч. *techné* — искусство, мастерство, умение и *logos* — учение, наука) — совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции. Это понятие в научную литературу впервые было введено Иоганом Бекманом в 1772 г.

Задача технологии как науки — выявление физических, химических, механических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов.

Применительно к хлебопекарному производству технология означает изучение способов и закономерностей получения из различных видов сырья конечного продукта с заданными органолептическими и физико-химическими свойствами. Важнейшими стадиями технологического процесса являются замес теста, разрыхление хлебопекарных полуфабрикатов, разделка теста, выпечка. Причем способы, режимы и аппаратурное оформление указанных стадий для полуфабрикатов из пшеничной муки и из смеси ржаной и пшеничной муки имеют существенные различия.

Отдельную группу составляют изделия пониженной влажности (бараночные изделия, сухарные и др.), технология которых имеет свои особенности, обусловленные показателями качества конечных продуктов.

### Глава 6

#### СПОСОБЫ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

В технологии хлебопекарного производства одной из важнейших стадий технологического процесса является разрыхление теста перед выпечкой. Эта стадия необходима для того, чтобы готовое изделие было пористым, имело приятный вкус и хорошо усваивалось. Существуют механический, химический и биологический способы разрыхления теста.

##### 6.1. ХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

Химический способ заключается в разрыхлении теста с помощью специальных веществ — химических разрыхлителей, добавляемых при замесе. Химическим способом разрыхляют тесто для

печенья, пряников и других мучных кондитерских изделий. В кондитерском тесте, где много жира и сахара, но мало влаги (16—22 %), жизнедеятельность дрожжевых клеток невозможна.

В производстве печенья, пряников и кексов для разрыхления кондитерского теста совместно применяют такие химические разрыхлители, как карбонат аммония и гидрокарбонат натрия (пищевая сода). Дозировка химических разрыхлителей приведена в рецептуре на конкретный вид изделия. В среднем для приготовления 1 т печенья расходуют 5—7 кг соды и 0,6—1,0 кг карбоната аммония. Химические разрыхлители растворяют в воде и добавляют в тесто в конце замеса. В начале выпечки изделий химические разрыхлители под влиянием теплоты разлагаются по схеме:



Выделяющиеся аммиак и диоксид углерода разрыхляют тесто. Карбонат аммония обеспечивает высокую разрыхляющую способность теста, однако при значительной его дозировке изделия приобретают запах аммиака. Гидрокарбонат натрия в отличие от карбоната аммония несколько хуже разрыхляет тесто. Кроме того, при его разложении в тесте остается щелочное вещество — карбонат натрия. Щелочность кондитерских изделий ограничена требованиями соответствующих стандартов.

В то же время наличие соды в тесте способствует образованию лучшей окраски поверхности изделий. Совместное применение указанных химических разрыхлителей сглаживает их отдельные технологические недостатки. Для химического разрыхления теста можно также применять совместно пищевую соду и кислоту (или кислую соль). Например, при изготовлении блинной муки в нее добавляют соду и лимонную кислоту. В процессе выпечки между этими веществами происходит реакция нейтрализации, при этом сода разлагается полностью, образуется большое количество диоксида углерода, а изделие освобождается от щелочного карбоната натрия.

## 6.2. МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

Механический способ предусматривает разрыхление теста путем его насыщения либо диоксидом углерода под давлением в герметически закрывающейся месильной камере, либо воздухом в процессе интенсивного взбивания вязкой массы теста. Вторым вариантом наиболее применим для бисквитного теста, в состав которого входят также меланж и сахар. При этом яичный белок, обладающий большой вязкостью, образует при взбивании прочную пену.

Механический и химический способы достаточно просты в аппаратурном оформлении и экономически выгодны. При таких способах разрыхления теста отпадает необходимость в бродильных емкостях, в применении дрожжей, исключаются потери сухих веществ муки на брожение, повышаются выход изделий и производительность труда.

Однако при этих способах разрыхления теста невозможно получить хлебобулочные изделия с традиционными вкусом и ароматом, потому что специфические вещества, формирующие вкус и аромат свежеспеченного хлеба, не образуются.

### 6.3. БИОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЕСТА

Биологический способ разрыхления теста заключается в том, что дрожжи, внесенные в тесто, сбраживают сахара с образованием спирта и диоксида углерода. Диоксид углерода придает тесту пористую структуру. Для разрыхления теста биологическим способом требуется определенное время (1—6 ч), в течение которого тесто не только разрыхляется, но и созревает, т. е. достигает свойств, обеспечивающих высокое качество изделия.

Кроме того, при биологическом способе разрыхления в тесте происходит ряд процессов, в том числе ферментативные, микробиологические, в результате которых накапливаются продукты брожения, формирующие вкус и аромат изделия, пористость и объем. Изменения в структуре крахмала и белковых веществ при созревании теста (на стадиях брожения и расстойки) обуславливают получение пористого, эластичного мякиша. Хлеб приобретает привлекательный внешний вид, его усвояемость повышается. Недостатками биологического способа разрыхления теста являются: длительность брожения, потребность в бродильных емкостях и производственной площади, потери 2—3 % сухих веществ муки на брожение и более низкая производительность труда. Биологический способ, несмотря на присутствие ему экономические недостатки, издавна является основным способом разрыхления теста для хлебобулочных изделий.

В качестве биологического разрыхлителя используют прессованные, сушеные, сухие активные и инстантные дрожжи, дрожжевое молоко. Наряду с прессованными дрожжами или вместо них применяют жидкие дрожжи, которые готовят непосредственно на хлебопечкарных предприятиях.

#### 6.3.1. Жидкие дрожжи

Жидкие хлебопечкарные дрожжи — полуфабрикат, получаемый путем размножения дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* в заквашенной заварке.

Жидкие дрожжи применяют в качестве биологического разрыхлителя при производстве хлеба из пшеничной муки, смеси пшеничной и ржаной муки. Возможно применение жидких дрожжей в смеси с прессованными.

Жидкие дрожжи широко применяют при выработке хлеба из пшеничной муки второго сорта и при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами: повышенной автолитической активностью, пониженной газо- и формоудерживающей способностью.

В связи с широко внедряемой технологией приготовления теста с сокращенным периодом брожения перед разделкой значение жидких дрожжей особенно возрастает, так как вместе с ними в тесто вносят вещества, способствующие улучшению вкуса и аромата готового изделия, компенсирующие уменьшение их образования при сокращенном периоде брожения теста.

Приготовление жидких дрожжей по сравнению с хлебопекарными прессованными отличается исключительной простотой как в отношении подготовки и очистки сырья, так и в отношении используемого оборудования.

Уже в самом процессе приготовления жидких дрожжей происходит адаптация дрожжевых клеток к мучной среде, аналогичной опаре и тесту. Благодаря этому они весьма активны. Микрофлора жидких дрожжей проявляет при созревании теста значительно большую сбраживающую способность, чем прессованных. При внесении в тесто в количестве, в несколько раз меньшем (по числу клеток) по сравнению с прессованными, жидкие дрожжи поднимают тесто за тот же период, что и прессованные.

**Микрофлора дрожжей.** Основная микрофлора жидких дрожжей представлена молочнокислыми бактериями и дрожжевыми клетками. В процессе жизнедеятельности молочнокислые бактерии образуют в основном молочную кислоту, а дрожжевые клетки — диоксид углерода и спирт, поэтому первую группу микроорганизмов называют кислотообразующей, а вторую — бродительной.

Кислоотообразующая микрофлора. Одна из стадий приготовления жидких дрожжей — заквашивание осахаренной мучной заварки. Ее назначение заключается в создании оптимальной кислотности среды для дальнейшего развития дрожжевых клеток. Это достигается в результате образования молочнокислыми бактериями молочной кислоты ( $\text{CH}_3\text{CNOHCOOH}$ ), которая подавляет нежелательную бактериальную (в том числе нетермофильную) микрофлору заквашиваемой заварки.

Для этого используют различные производственные расы бактерий.

Бактерии *Lactobacillus delbrueckii* — типичные термофильные молочнокислые бактерии с температурным оптимумом 48—54 °С.

Более энергичным кислотообразователем является штамм термофильных молочнокислых бактерий (*Lactobacillus delbrueckii*) — Э-1 (рис. 6.1).

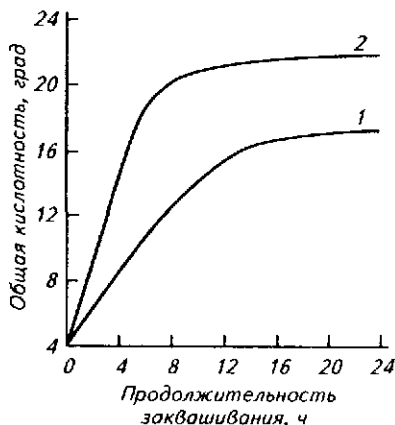


Рис. 6.1. Динамика накопления органических кислот при заквашивании осахаренных завтраков *Lactobacillus delbrueckii* (1) и штаммом Э-1 (2)

Эти бактерии хорошо сбраживают глюкозу, фруктозу, галактозу, сахарозу и мальтозу, частично декстрин и крахмал и не сбраживают арабинозу и лактозу. Температура 70 °С для них губительна. Эти бактерии лучше размножаются в анаэробных условиях.

Протеолитическая активность штамма Э-1 по сравнению с бактериями *Lactobacillus delbrueckii* значительно выше. За одинаковый срок в осахаренной заварке накапливается в 2 раза больше аминного азота, чем при использовании бактерий *Lactobacillus delbrueckii*. Поэтому дрожжи, приготовленные на заварках, заквашенных штаммом Э-1, накапливают биомассу быстрее. При понижении температуры до 30 °С бактерии штамма Э-1 не размножаются и не гидролизуют белки. Следовательно, в процессе приготовления теста они не будут разжижать клейковину.

Кислотообразующая способность штамма Э-1 при 54 °С почти вдвое больше, чем бактерии *Lactobacillus delbrueckii*.

Период заквашивания мучной осахаренной заварки бактериями штамма Э-1 составляет 6—8 ч, а бактериями *Lactobacillus delbrueckii* — 12—14 ч до достижения кислотности 12—14 град. В зрелых дрожжах содержится 100—120 млн/см<sup>3</sup> дрожжевых клеток. Подъемная сила дрожжей при влажности 89—90 % составляет около 20 мин.

Благодаря высокой энергии кислотообразования и, как следствие, быстрому повышению кислотности среды и снижению pH исключается возможность инфицирования заквасок посторонними микроорганизмами. Это дает возможность работать продолжительное время без введения новой культуры.

Более подробная информация о кислотообразующей микрофлоре приведена в дополнительной литературе.

Бродильная микрофлора. Представителем бродильной микрофлоры в жидких дрожжах являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* различных рас.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* относятся к культурным дрожжам, поэтому способность к спорообразованию у них ослаблена. Они сбраживают и усваивают глюкозу, галактозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу, частично раффинозу и простые декстрины из солодового суслеа; не сбраживают лактозу, пентозы (ксилозу и арабинозу), крахмал и клетчатку. Источником азотного питания для них служат аминокислоты и аммонийные соли.

Оптимальная температура развития дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 30 °С при рН среды 4,5—5,0.

Более подробная информация о бродильной микрофлоре приведена в дополнительной литературе.

**Основные схемы приготовления жидких дрожжей.** Процесс приготовления жидких дрожжей включает два цикла — разводочный и производственный.

Для приготовления жидких дрожжей используют:

смесь пшеничной муки первого и второго сортов (1 : 1) — для изделий из пшеничной муки высшего сорта;

смесь муки пшеничной второго сорта и ржаной обдирной (1 : 1) — для изделий из пшеничной муки первого и второго сортов;

муку пшеничную второго сорта — для изделий из муки пшеничной первого и второго сортов;

смесь ржаной обдирной и пшеничной обойной муки (1 : 1) или ржаную обдирную муку — для ржано-пшеничных сортов хлеба.

Начальный процесс приготовления жидких дрожжей (разводочный цикл) заключается в постепенном размножении чистых культур термофильных молочнокислых бактерий (МКБ) и дрожжевых клеток в жидкой среде (солодовое сусло) и в мучной осахаренной и заквашенной заварке до количества, необходимого для производства хлеба\*.

Производственный цикл осуществляют по двум вариантам:

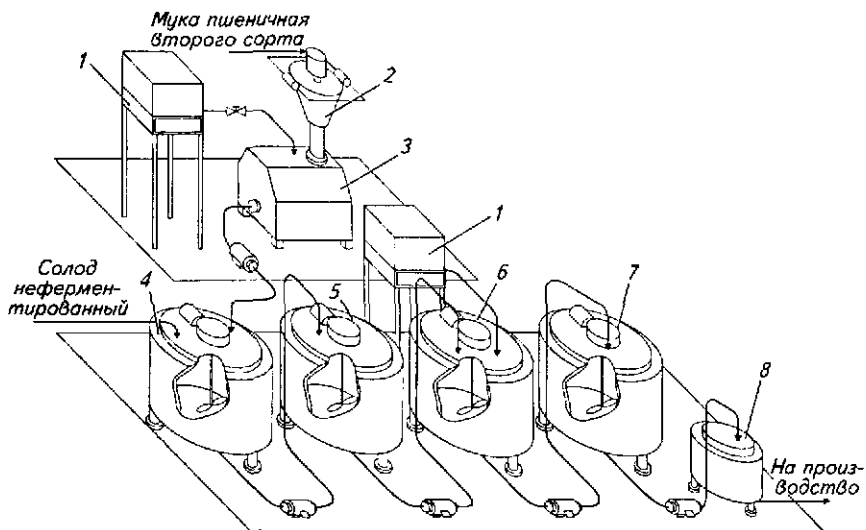
вариант I — приготовление жидких дрожжей на заквашенных заварках без разбавления их водой;

вариант II — приготовление жидких дрожжей на заквашенных заварках с разбавлением их водой (рис. 6.2).

**Вариант I.** Мучную заварку готовят в соотношении мука : вода 1 : 4. Заваривание осуществляют путем постепенного смешивания муки и воды при температуре не выше 85 °С. Для осахаривания заварки после ее охлаждения до 63—65 °С дозируют неферментированный ячменный, ржаной или тритикалевый солод (1—2 % к массе муки в заварке), или при температуре 52—55 °С глюкоами-

---

\* Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. — М. — 1989. — С. 48—51.



**Рис. 6.2.** Аппаратно-технологическая схема приготовления жидких дрожжей с разбавлением заквашенной заварки:

1 — баки водосолеподготовительные Ш2-ХДИ; 2 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 3 — заварочная машина ХЗ-2М-300; 4 — чан РЗ-ХЧД-1400 для осахаривания заварки; 5 — чан РЗ-ХЧД с водяной рубашкой для заквашивания заварки; 6 — чан для освежения жидких дрожжей; 7 — чан для культивирования дрожжевых клеток; 8 — расходный чан

лазный ферментный препарат — 0,02—0,03 %, или при той же температуре амилоризин П10х — 0,007—0,01 % к массе муки. При применении глюкоамилазного ферментного препарата возможна замена части муки в заварке (до 30 %) сахарной или хлебной крошкой. Продолжительность осахаривания заварки 1—1,5 ч.

Осахаренную мучную заварку перекачивают в производственную емкость для заквашивания, туда же переносят заквашенную заварку, полученную в разводочном цикле. Смесь выдерживают при 48—52 °С до накопления кислотности 12—14 град.

Для возобновления объема заквашенной заварки в соответствии с рецептурой в нее вводят количество осахаренной мучной заварки, равное количеству отобранной заквашенной заварки, и заквашивают в течение 6—8 ч до кислотности 12—14 град. В дальнейшем отбор и пополнение заквашенной заварки проводят каждые 3—4 ч в количестве  $\frac{1}{5}$  и  $\frac{1}{7}$  части от общей вместимости чана с последующим введением в заквашенную заварку такого же количества осахаренной заварки.

При медленном заквашивании заварки (более 8 ч) температуру снижают до 48 °С, при ускоренном кислотообразовании температуру повышают до 54—55 °С.

Дрожжи выращивают при 28—32 °С в течение 3—4 ч.



Увеличение массы жидких дрожжей производят добавлением равного объема неразбавленной и охлажденной заквашенной заварки.

*Вариант II.* Мучную заварку готовят в соотношении мука : вода, равном 1 : 3. Осахаривание ведут точно так же, как в варианте I.

Осахаренную заварку (200 кг) перекачивают в емкость для заквашивания и туда же переводят 100 кг заквашенной заварки, полученной в разводочном цикле.

Заквашивание проводят при 48—52 °С до кислотности 12—14 град.

К полученным 300 кг заквашенной заварки добавляют 300 кг охлажденной осахаренной заварки и смесь заквашивают в течение 6—7 ч до кислотности 12—14 град.

Дальнейшее накопление жидких дрожжей происходит путем отбора через каждые 3—4 ч заквашенной заварки (1/7) от общего объема, разбавления ее холодной водой до соотношения заквашенной заварки и воды 1 : 4 и выращивания дрожжевых клеток в полученной питательной среде.

И по I и по II варианту 1/2 объема жидких дрожжей отбирают на производство через каждые 3—4 ч.

Параметры воспроизводства жидких дрожжей: температура — 28—32 °С, продолжительность культивирования до конечной кислотности 9—10 град — 3—4 ч. Влажность жидких дрожжей должна быть 87—88 %, подъемная сила — не более 30 мин.

Расход жидких дрожжей для приготовления хлебобулочных изделий из хлебопекарной муки составляет: первого сорта — 20—25 %; второго сорта — 30—35; обойной — 35—40 %.

При применении жидких дрожжей в смеси с прессованными расход их составляет (% к массе муки в тесте): для хлеба из муки пшеничной первого сорта — не более 15 %, для хлебобулочных изделий из муки первого и высшего сорта — 7—10, для хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки — 10—15 %.

При применении жидких дрожжей или смеси жидких и прессованных дрожжей конечную кислотность опары и теста допускают увеличивать на 1 град.

Увеличение кислотности жидких дрожжей на 1 град мало сказывается на кислотности хлеба. Это объясняется тем, что такие дрожжи менее заражены посторонними бактериями, и тесто не закисает.

Хлеб, приготовленный на жидких дрожжах из муки первого и высшего сортов, имеет несколько темный цвет. Жидкие дрожжи рационально применять при переработке пшеничной муки второго сорта и обойной.

Разновидностями рациональной схемы приготовления жидких дрожжей являются московская и ленинградская. По московской схеме заквашенную заварку разводят до влажности 92 %. Заварку отбирают через каждые 2,5 ч по 50 %. В остальном процесс аналогичен.

Особенностью ленинградской схемы является то, что в разводочном цикле в питательную смесь, состоящую из 53 % осахаренной заварки, 29,5 % воды, 17 % муки и 0,5 % препарата минераль-

ных солей ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{NaCl}$ ), предварительно вносят размноженные чистые культуры дрожжей. Здесь заварку не заквашивают.

В 1 г жидких дрожжей содержится 70—120 млн клеток, а в 1 г прессованных — 10—15 млрд клеток. Для приготовления теста прессованные дрожжи обычно заменяют 20—25-кратным количеством жидких. Но в 20—25 г жидких дрожжей содержится максимум 2,4—3,0 млрд дрожжевых клеток, т. е. в 3—4 раза меньше, чем в эквивалентном количестве прессованных. Следовательно, бродительная активность у клеток жидких дрожжей выше, чем у прессованных. В отличие от прессованных жидкие дрожжи поступают в тесто в момент их активной жизнедеятельности, когда активность зимазного и мальтазного комплексов ферментов довольно высока.

### **6.3.2. Пшеничные закваски**

Пшеничные закваски — это полуфабрикат хлебопекарного производства, получаемый сбраживанием питательной смеси молочнокислыми бактериями и дрожжевыми клетками.

В хлебопечении применяют высококислотные мезофильные, ацидофильную, дрожжевую, витаминную, комплексную, пропионовокислую и концентрированную молочнокислую пшеничные закваски.

**Высококислотные мезофильные закваски.** Мезофильные молочнокислые бактерии подавляют развитие дикой микрофлоры, активируют дрожжевые клетки, путем создания рационального значения активной кислотности среды ( $\text{pH}$  5,0—5,2) интенсифицируют технологический процесс и сокращают длительность созревания теста. Мезофильные молочнокислые бактерии сбраживают значительно меньше сахаров, чем дрожжевые клетки. Внесение в опару пшеничных заквасок способствует увеличению образования редуцирующих сахаров на 0,6—1,3 %. Введение заквасок в густые или жидкие опары снижает затраты на брожение в 2 раза при традиционных процессах брожения — молочнокислом и спиртовом. Протекание этих процессов в полуфабрикате, несмотря на наличие симбиоза, не создает рациональных условий для каждого брожения в отдельности, поэтому затраты сухих веществ на метаболизм дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий увеличиваются (длительность брожения опар до достижения заданной кислотности составляет 4—5 ч). Максимальный период перестройки дрожжевых клеток на брожение (период адаптации) не превышает 90 мин. Этот период характерен и для молочнокислых бактерий. Но кислотность опар, по которой судят о готовности полуфабриката, за 90 мин не обеспечивается. В оставшиеся 2,5—3 ч дрожжевые клетки, потребляя питательные вещества, практически не влияют на изменение общей кислот-

ности полуфабриката, но значительно расслабляют клейковину. Совместное молочнокислое и спиртовое брожение не является лучшим вариантом приготовления теста, так как затраты сухих веществ муки составляют 2,8—3,3 %.

Рациональным является способ приготовления теста, предусматривающий предварительное получение жидкого полуфабриката влажностью 70 %. Полуфабрикат готовят из хлебопекарной пшеничной муки (5 % от общей ее массы в тесте), мезофильной пшеничной закваски и предварительно активированных хлебопекарных дрожжей. Вместе с закваской и дрожжами в тесто вносят 10 % хлебопекарной пшеничной муки от общей ее массы в тесте. При замесе теста дозируют полученный полуфабрикат, оставшуюся муку и все сырье, предусмотренное рецептурой. Созревание теста длится 50—60 мин. При этом затраты сухих веществ сокращаются в 2 раза.

При приготовлении теста на дрожжевом полуфабрикate предварительно готовят мезофильную закваску, в которой ферментируют часть муки. Упругие свойства полуфабриката на стадии ферментации снижаются в первые 3 ч созревания. Заданная кислотность достигается через 2,5—3,0 ч при внесении 4 и 6 % закваски. При этом закваска имеет следующие показатели: температура — 28—30 °С; влажность — 42—43 %; кислотность — 3,5—4,0 град; число молочнокислых бактерий — 350—400 млн/г.

Применение в пшеничной закваске мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus fermenti*-27 сокращает продолжительность созревания полуфабрикатов благодаря интенсификации более экономичного молочнокислого брожения, без спиртового.

Молочнокислые закваски интенсифицируют образование водорастворимой фракции азота, что ускоряет биохимические и микробиологические процессы при созревании теста.

Закваски способствуют набуханию и пептизации белков, но на протеолиз не влияют. Результатом этих процессов является обеспечение необходимых физико-механических свойств теста и получение хлеба с нежным эластичным мякишем, тонкостенной, равномерной пористостью.

**Ацидофильная, витаминная и комплексная закваски.** Рекомендуется использовать при приготовлении опарного и безопарного теста, при этом прессованные или сушеные дрожжи частично или полностью исключаются из рецептуры. Это обусловлено тем, что закваски представляют высокоактивными штаммами дрожжей: *Saccharomyces cerevisiae* — Р17, дрожжевым гибридом (штамм 69) и расой «Краснодарская-11». Они обладают подъемной силой 15—18, 12—17 и 18—20 мин соответственно.

Ацидофильная и комплексная закваски могут быть рекомендованы для выработки формового и подового хлеба также ускоренными способами.

При переработке муки со слабой клейковиной (растяжимость 20 см, показатель ИДК 95 ед. прибора) лучший эффект достигает-

ся при применении витаминной или комплексной закваски в дозировке 10—15 % к массе муки в тесте.

При использовании пшеничной муки с крепкой и крошащейся клейковиной тесто рекомендуется готовить на ацидофильной закваске (10—15 % к массе муки в тесте), так как бактерии *Lactobacillus acidophilus*-146 обладают экзоферментами протеолитического действия.

В экологически неблагоприятных зонах для стабилизации биотехнологических свойств микроорганизмов в полуфабрикатах при выборе способа приготовления теста (опарный, безопарный или ускоренный) применяют витаминную и эргостериновую закваски в дозировке 15 % к массе муки в тесте. Микрофлора и кислоты заквасок обеспечивают активный метаболизм микроорганизмов теста, интенсифицируют процесс газообразования, в результате чего улучшаются подъемная сила заквасок и качество готового хлеба.

В условиях жаркого климата и повышенной влажности целесообразно использовать витаминную и ацидофильную закваски.

При ускоренных способах приготовления теста ГосНИИХП рекомендует вести процесс приготовления теста на ацидофильной, пропионовокислой, комплексной и витаминной заквасках.

Применение витаминной закваски предпочтительно при приготовлении теста ускоренным способом из пшеничной муки со слабой клейковиной. В этом случае снижается расплываемость теста, повышаются его упругость и газодерживающая способность.

Комплексную закваску целесообразно использовать при «холодной» технологии. Это связано с повышенным содержанием в комплексной закваске ароматообразующих веществ, накапливающихся при метаболизме дрожжевых клеток (гибрид 69) и бактерий *Lactobacillus casei*-Cl, *Lactobacillus brevis*-78, *Lactobacillus fermenti*-34, *Propionibacterium shermanii* ВКМ-103.

**Пропионовокислые закваски.** Основу пропионовокислых заквасок составляют пропионовокислые бактерии *Propionibacterium shermanii* ВКМ-103. Эти закваски, как и комплексные, целесообразно применять при выработке изделий, в рецептуру которых входят пищевые волокна (пшеничные отруби). При этом отруби рекомендуется вводить непосредственно в закваску с целью их ферментации в течение 6 ч. В результате происходит частичный гидролиз составных компонентов отрубей (в 3—4 раза увеличивается содержание аминного азота), в 1,5—2,0 раза увеличивается содержание молочной кислоты, что приводит к резкому уменьшению посторонней микрофлоры, внесенной с отрубями (в 2 раза уменьшается численность спорообразующих бактерий).

Изделия, приготовленные по данной схеме, характеризуются улучшенными показателями качества.

Показатели качества нарезных батонов, приготовленных из пшеничной муки высшего сорта с использованием этих заквасок, свидетельствуют об их положительном действии (табл. 6.1).

### 6.1. Показатели качества батонов, приготовленных на пшеничных высококислотных заквасках

Показатель	Закваска		
	ацидофильная	комплексная	пропионовокислая
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	400	400	400
Пористость, %	82	82	82
Общая кислотность, град	2,0	2,0	2,4
Формоустойчивость ( <i>H: D</i> )	0,65	0,63	0,63
Структурно-механические показатели, ед. прибора:			
ΔN <sub>общ</sub>	132	128	110
ΔN <sub>пласт</sub>	99	98	62
ΔN <sub>упруг</sub>	43	30	48

**Концентрированная молочнокислая закваска (КМКЗ).** Процессы, протекающие при приготовлении пшеничного теста, — важнейшие в технологическом цикле производства хлебобулочных изделий. Их можно ускорить интенсивной механической обработкой, внесением кислотосодержащих ингредиентов, активированных полуфабрикатов, увеличением дозировки дрожжей и повышением температуры на 2—3 °С. Все эти мероприятия интенсифицируют микробиологические, коллоидные и биохимические процессы, происходящие при созревании теста.

Эффект ускорения достигается при приготовлении теста на концентрированной молочнокислой закваске, имеющей следующие показатели: массовая доля влаги 60—70 %, температура 37—41 °С и конечная кислотность 18—24 град. При введении таких заквасок активная кислотность теста снижается до рН 5, что способствует повышению интенсивности коллоидных и биохимических процессов и активации метаболизма дрожжевых клеток, для которых достигнутое значение рН является оптимальным. Благодаря высокой кислотности закваски могут быть законсервированы на 16—24 ч. Кроме того, высокая кислотность заквасок способствует предотвращению заболевания пшеничного хлеба картофельной болезнью. Кислотность хлеба, выработанного одностадийным ускоренным способом, может быть увеличена на 1 град.

Данный способ рекомендуется для предприятий с двухсменным режимом работы или вырабатывающих хлеб из ржаной и смеси разных сортов ржаной и пшеничной муки всего несколько часов в сутки или с перерывами в отдельные дни недели, так как в нерабочее время КМКЗ не требует принудительного охлаждения или других приемов консервирования.

Применение концентрированных молочнокислых заквасок кислотностью 14—16 град в дозировке 4—6 % к массе муки в тесте не всегда рационально, особенно при переработке пшеничной муки со слабой клейковиной. Тесто из такой муки, приготовленное на КМКЗ, имеет повышенную общую кислотность, липкое на

ощупь, излишне растяжимое, с пониженной газодерживающей способностью. Готовые изделия имеют запах уксусной кислоты.

Тесто с КМКЗ готовят в две (КМКЗ-тесто) или три (КМКЗ-опара-тесто) стадии. При замесе теста на КМКЗ в качестве биологических разрыхлителей вносят прессованные или жидкие хлебопекарные дрожжи. С закваской расходуют 5—15 % муки от общей массы ее в тесте с последующим брожением теста в течение 60—180 мин до требуемой кислотности в зависимости от вырабатываемого сорта хлеба.

В разводочном цикле используют чистые культуры молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*-30, *Lactobacillus brevis*-1, *Lactobacillus casei*-26, *Lactobacillus fermenti*-34 или *Lactobacillus fermenti*-27 в жидком виде или в виде сухого лактобактерина, представляющего собой лиофильно высушенную смесь этих бактерий. Приготовление закваски из сухого лактобактерина в разводочном цикле начинают с восстановления бактерий. В производственном цикле концентрированные молочнокислые закваски готовят с учетом почасового графика работы предприятия.

В производственном цикле КМКЗ с массовой долей влаги  $70 \pm 1$  % можно готовить в чанах, а с массовой долей влаги  $60 \pm 1$  % — в дежах, соблюдая рецептуру. Рецептура (кг на 100 кг муки в закваске) и режим приготовления КМКЗ приведены в табл. 6.2.

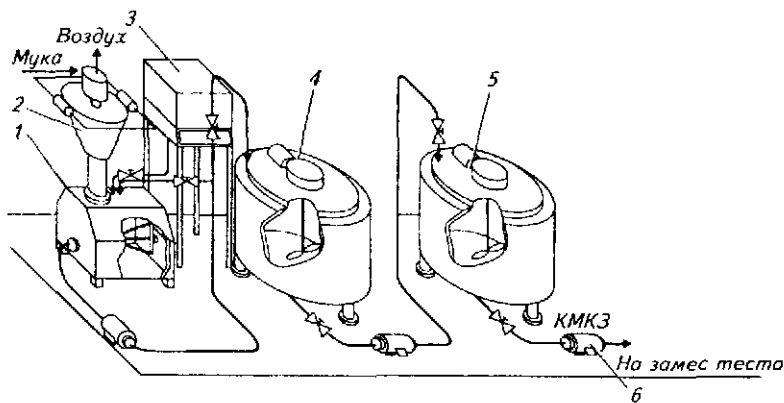
6.2. Рецептура приготовления КМКЗ в производственном цикле

Рецептура	Расход сырья при массовой доле влаги КМКЗ (%)	
	60±1	70±1
КМКЗ предыдущего приготовления, кг	22	28
Мука ржаная обойная или обдирная, кг	90	90
Вода, кг	102	166
Итого закваски, кг	214	284
Количество муки в закваске, кг	100	100

Ниже приведен режим приготовления КМКЗ.

Массовая доля влаги, %	59—61	69—71
Начальная температура, °С	38—41	38—41
Конечная кислотность, град	20—24	18—22
Продолжительность брожения, ч	8—12	8—12

При приготовлении КМКЗ с массовой долей влаги 70 % питательную смесь из муки и воды готовят в заварочной машине ХЗ-2М-300 или в другом смесителе без заваривания муки. При освежении КМКЗ кислотностью 18—22 град 90 % КМКЗ отбирают в расходный чан, а к оставшейся массе добавляют эквивалент-



**Рис. 6.3.** Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления концентрированной молочнокислой закваски влажностью 70 %:

1 — заварочная машина ХЗ-2М-300 для многократного смешивания компонентов; 2 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 3 — бачок водосолеподготовительный; 4 — чан дрожжевой РЗ-ХЧД с мешалкой и водяной рубашкой; 5 — чан расходный для закваски; 6 — насос ХНЛ-300

ное количество питательной смеси для воспроизводства закваски. При работе в 2—3 смены закваску освежают через 8 ч брожения, т. е. 1 раз в смену.

Аппаратурно-технологическая схема приготовления КМКЗ влажностью 70 % при производстве хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки периодическим способом приведена на рис. 6.3.

Для приготовления водно-мучной смеси в заварочную машину дозируют воду заданной температуры и муку. После тщательного перемешивания однородную суспензию насосом перекачивают в чан с мешалкой и водяной рубашкой, где находится 10 % закваски от прежнего приготовления, и оставляют для размножения молочнокислых бактерий и накопления продуктов их метаболизма до достижения кислотности 18—20 град. После этого 90 % выброженной закваски перекачивают насосом в расходные чан, и процесс повторяется. Из расходной емкости закваску направляют в дозатор жидких компонентов, откуда ее и другие жидкие рецептурные ингредиенты направляют в тестомесильную машину периодического действия, добавляют муку и замешивают тесто, обеспечив его созревание до достижения заданных параметров.

Особенностью технологии получения теста на концентрированной молочнокислой закваске является то, что в качестве биологических разрыхлителей вносят прессованные или жидкие хлебопекарные дрожжи.

В разводочном цикле в отличие от традиционных густых и жидких заквасок сухой лактобактерии не активируют и не вносят чистую культуру дрожжей. Из-за отсутствия дрожжей стадия активации лактобактерина совмещена с первой стадией разводочного цикла.

В производственном цикле закваску освежают при соотношении выброженной закваски и питания 1 : 9.

При замешивании теста закваску вносят в дозировке от 5 до 15 % муки в зависимости от принятого режима его приготовления.

При приготовлении теста в две стадии (закваска + тесто) для разрыхления расходуют 0,5—1,0 % прессованных или 10 % жидких дрожжей к массе перерабатываемой муки; при приготовлении теста в три стадии (закваска + опара + тесто) расходуют 0,5—0,6 % прессованных дрожжей. В опаре сбраживается 60 % муки от общего ее расхода на замес теста, в том числе 5—10 % муки, вносимой с концентрированной молочнокислой закваской.

При замесе теста дозировка дрожжей увеличивается на 0,5—1,0 кг против предусмотренной рецептурой, расход закваски составляет 7,5—12,5 кг. Параметры брожения теста: начальная температура повышается на 2—3 °С; продолжительность брожения теста — 40—90 мин; массовая доля влаги в тесте — массовая доля влаги в мякише +(0,5—1,0 %); общая кислотность в конце брожения — кислотность хлеба + 1,0 град.

Эти и другие закваски разработаны учеными ГосНИИХПа, кроме того, селекционированы новые штаммы микроорганизмов — пропионовые бактерии, ацидофильные молочнокислые бактерии, каротиноидные и эргостериновые дрожжи, адаптированные к мучным средам:

пропионовокислая закваска: бактерии *Propionibacterium freudenreichii shermanii* ВКМ-103;

комплексная закваска: молочнокислые бактерии *Lactobacillus casei*-C1; *Lactobacillus brevis*-78; *Lactobacillus fermenti*-34, гибрид дрожжей 69, пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermanii* ВКМ-103;

ацидофильная закваска: молочнокислые бактерии *Lactobacillus acidophilus*-146, пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermanii* ВКМ-103;

дрожжевая закваска: дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* К<sub>p</sub>-11;

мезофильная дрожжевая закваска: дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* Ф<sub>p</sub>-3, молочнокислые бактерии — *Lactobacillus casei*-C1; *Lactobacillus plantarum*-A63;

эргостериновая закваска: дрожжевые клетки — гибрид № 576, молочнокислые бактерии *Lactobacillus plantarum*-A63, *Lactobacillus plantarum*-30, *Lactobacillus casei*-C1.

Новые штаммы микроорганизмов для пшеничных заквасок депонированы во Всероссийской коллекции промышленных штаммов микроорганизмов.



### 6.3. Характеристика заквасок повышенной кислотности

Закваска	Микрофлора	Активность				Число клеток, $10^7/\text{г}$	Общая кислотность, град	Функциональная роль	Использование
		малотазная, мин	бактерицидная, %	фунгицидная, %	Функциональная роль				
Ацидофильная	Бактерии: молочнокислые: <i>Lactobacillus acidophilus-146</i> пропионовокислые: <i>Propionibacterium freudenreichii</i> spp. <i>shetmani</i> ВКМ-103	60—65	36	48	9—12	Улучшение качества изделий из пшеничной муки	При переработке муки с сильной и очень сильной клейковиной. Безопарный, ускоренный способ приготовления теста для хлебобулочных и сдобных изделий		
Витаминная (с $\beta$ -каротином и витамином В <sub>12</sub> )	Дрожжевые клетки: <i>Bullera ateniensa</i> СБ-206, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> -ФР-3	60	36	72	7—10	Улучшение качества изделий из пшеничной муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Обеспечение стабильности технологии и качества изделий	При переработке муки со слабой клейковиной. Ускоренный способ приготовления теста для хлебобулочных изделий. При выработке изделий в регионах экологического неблагоприятия и с жарким климатом		
Комплексная	Дрожжевые клетки: гибрид № 69 Бактерии: молочнокислые: <i>L. acidophilus-146</i> ; пропионовокислые: <i>Propionibacterium freudenreichii</i> spp. <i>shetmani</i> ВКМ-103	65—70	48	72	8—12	Улучшение качества изделий из пшеничной муки. Обеспечение стабильности технологии и улучшение качества изделий	При переработке муки со слабой клейковиной. Безопарный, ускоренный способ приготовления теста для хлебобулочных изделий		

Закваска	Микрофлора	Активность			Число клеток, 10 <sup>7</sup> /г	Общая кислотность, град	Функциональная роль	Использование
		мальтазная, мин	бактериальная, %	фунгицидная, %				
Комплексная	пропионовокислые: <i>Propionibacterium freudenreichii</i> spp. <i>shermanii</i> ВКМ-103	1,5—2,0						При выработке изделий в экологически неблагоприятных регионах
Пропионовокис-Бактерии:								
Лак (бактерицидная и фунгицидная с витамином В <sub>12</sub> )	<i>Propionibacterium freudenreichii</i> spp. <i>shermanii</i> ВКМ-103	—	100	100	200—250	12—14	Обеспечение микробиологической чистоты готовой продукции при хранении	При переработке муки, содержащей спорообразующие бактерии <i>Bacillus subtilis</i> и <i>Bacillus mesentericus</i> , вызывающие картонфельную болезнь. При выработке изделий с пшеничными отрубями
Эргостериновая (облагающая бродильной активностью)	Дрожжевые клетки: гибрид № 576; молочнокислые бактерии: <i>Lactobacillus casei</i> -С1, <i>Lactobacillus plantarum</i> -30, <i>Lactobacillus plantarum</i> -А63	40—45	48	48	35—40	8—10	Обеспечение стабильности технологии и улучшение качества изделий	При выработке хлебобулочных изделий в экологически неблагоприятных регионах
Дрожжевая	Дрожжевые клетки: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> К <sub>р</sub> -11	60—62	Отсутствует	Отсутствует	Данных нет	9—11		Безопарный и опарный способы приготовления хлебобулочных изделий с содержанием сахара и жира

Характеристика заквасок повышенной кислотности приведена в табл. 6.3.

### Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы разрыхления теста?
2. В чем заключается сущность химического способа разрыхления теста?
3. В чем заключается сущность биологического способа разрыхления теста?
4. В результате каких процессов создается пористая структура мякиша хлеба при биологическом способе разрыхления теста?
5. Каковы преимущества применения жидких дрожжей?
6. Какие сложности возникают при применении жидких дрожжей?
7. Какие варианты приготовления жидких дрожжей по рациональной схеме вы знаете и чем они различаются?
8. В чем особенности бродильной и кислотообразующей микрофлоры жидких дрожжей?
9. В каком соотношении вводят в тесто жидкие хлебопекарные дрожжи вместе с прессованными хлебопекарными дрожжами?
10. Какие виды пшеничных заквасок применяют в качестве кислотосодержащих полуфабрикатов?

## Глава 7

### ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Приготовление теста — это важнейший и наиболее длительный этап, который состоит из следующих стадий: дозирования сырья, замеса и брожения полуфабрикатов и теста, обминки.

Приготовление теста ведут в соответствии с технологическим планом, разработанным на хлебозаводе для каждого вида изделия. В технологическом плане указывают оборудование, производственную рецептуру, приводят расчеты расхода сырья, режимы технологического процесса.

Основные способы приготовления теста из пшеничной муки показаны на рис. 7.1.

#### 7.1. ПОНЯТИЕ О РЕЦЕПТУРЕ

Перечень и соотношение отдельных видов сырья, употребляемого для производства определенного вида хлебулочного изделия, называют *рецептурой*.

Для каждого наименования хлебулочного изделия, вырабатываемого по государственному стандарту, существует утвержденная рецептура, в которой указаны перечень сырья и его расход (кг в пересчете на 100 кг муки). Эти рецептуры приводятся в специальных сборниках.

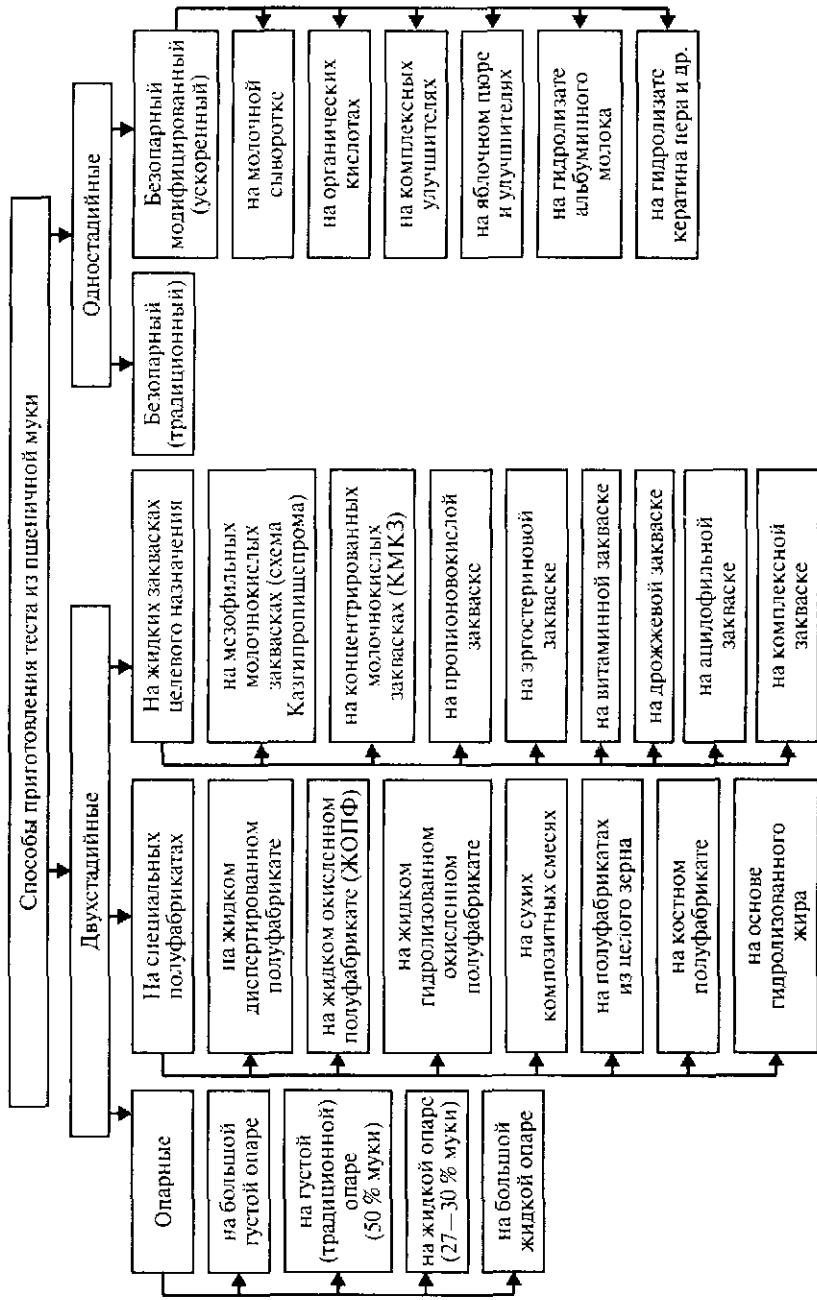


Рис. 7.1. Способы приготовления теста из пшеничной муки

**Пример 1.** Рецептúra городских булок из хлебопекарной пшеничной муки первого сорта (кг)\*:

Мука хлебопекарная пшеничная первого сорта	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	1,0
Соль поваренная пищевая	1,5
Сахар-песок	4,0
Маргарин столовый с массовой долей жира 82 %	2,5
Итого	109,0

На основании утвержденной рецептуры лаборатория хлебозавода составляет производственную рецептуру, которая включает в себя расход всех видов сырья и воды на порцию теста (дежу) с распределением сырья по видам полуфабрикатов. При непрерывных способах приготовления теста определяют расход сырья в минуту. Расчет рецептуры в обоих случаях принципиально одинаков и начинается с определения общего расхода муки на приготовление теста. Затем рассчитывают количество полуфабрикатов, растворов, другого дополнительного сырья и, наконец, воды. Если тесто готовят в две стадии (например, опара+тесто), то сырье распределяют по стадиям. На основании исходных данных составляют рецептуру для первой стадии (опара), а затем рецептуру для замеса второй стадии (тесто).

При отсутствии на предприятии отдельных видов сырья, указанных в утвержденных рецептурах, возможна их замена другими видами сырья, пищевая ценность которых практически равнозначна. Такие замены не должны приводить к ухудшению качества и снижению выхода готовых изделий. Нормы замены сырья установлены по основным компонентам его химического состава (сухим веществам, белку, жиру, углеводам) на основании существующих правил по взаимозаменяемости сырья, разработанных ГосНИИХПом.

**Пример 2.** 1 кг хлебопекарных прессованных дрожжей может быть заменен дрожжевым молоком из расчета содержания в нем 1 кг дрожжей прессованных или 0,5 кг сухих дрожжей с подъемной силой 70 мин или 0,65 кг с подъемной силой 90 мин.

Замена дополнительного сырья не распространяется на диетические и хлебо-булочные изделия, в наименовании которых указывается использование определенного вида сырья (например, плетенка с маком, розанчики слоные с вареньем и др.).

## 7.2. ДОЗИРОВАНИЕ СЫРЬЯ

Дозирование сырья — это порционный или непрерывный расход сырья на массу муки или в единицу времени (1 мин, 3 мин) по весовому или объемному принципу в дозировках, предусмотренных производственными рецептурами для приготовления полуфабрикатов и теста. Это одна из важнейших операций в технологии хлебобулочных изделий, осуществляемая с помощью дозирочных станций или дозаторов периодического или непрерывного действия.

---

\*Рецептуры и технологические инструкции по производству хлеба. — М.: ЦНИИТЭИ, 1986.

Дозаторы предназначены как для сыпучих, так и для жидких компонентов. По принципу дозирования они подразделяются на весовые и объемные. Так, при порционном замесе полуфабриката (или теста) определенную массу муки взвешивают автомукомерами МД-100, МД-200, дозатором Ш2-ХД2-А или дозатором-просеивателем ВК-1007. Эти дозаторы работают по весовому принципу (рис. 7.2). Их устанавливают над месильной машиной, при этом нижняя часть автомукомера должна находиться на высоте не менее 2 м от пола, а его ось — на 100 мм правее от оси тестомесильной машины.

Наиболее часто для дозирования муки применяют дозатор Ш2-ХД2-А. Основная масса муки (90—95 %) поступает в бункер автовесов с помощью материалапровода, остальная (5—10 %) — в результате работы досыпочногo устройства. В нижней части бункера расположена заслонка, которая открывается и закрывается специальным исполнительным механизмом. Вибратор, который крепится к бункеру, разрушает своды муки и обеспечивает полное опорожнение бункера. При открытии заслонки он автоматически включается, при закрытии — отключается.

Для дозирования жидких компонентов при порционном приготовлении полуфабрикатов используют дозатор Ш2-ХД2-Б (рис. 7.3), который устанавливают с правой стороны от тестоме-

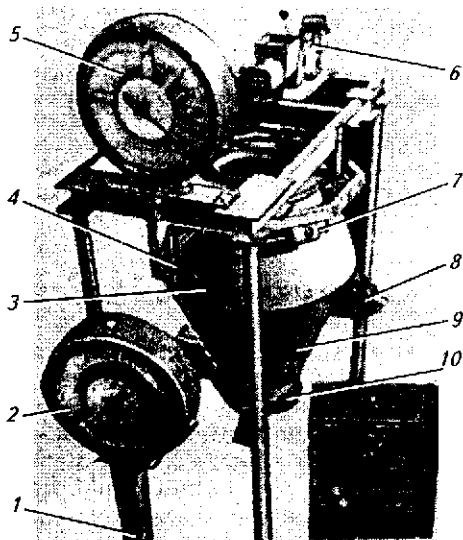
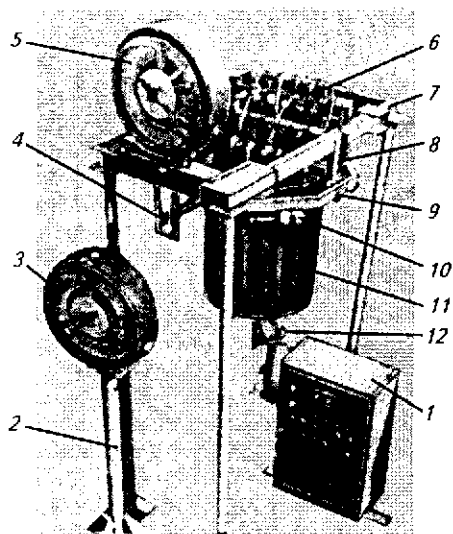


Рис. 7.2. Дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов:

1 — стойка; 2, 5 — указатели УЦДЧ-100-ЗВП6 и УЦК-400-ЗВД6; 3 — тяга; 4 — рама; 6 — досыпочное устройство; 7 — тарные грузы; 8 — вибратор; 9 — бункер; 10 — заслонка с исполнительным механизмом



**Рис. 7.3.** Дозатор жидких компонентов Ш2-ХД2-Б:

1 — шит управления; 2 — стойка; 3, 5 — указатели УЦДЧ-100-3ВП6 и УЦК-400-3ВД6; 4 — тяга; 6 — блок клапанов; 7 — рама; 8 — подвеска; 9 — весовой рычаг; 10 — тарные грузы; 11 — бункер; 12 — сливной клапан

сильной машины. Он производит последовательный набор заданных доз воды, дрожжевой суспензии, растворов соли и сахара, жидкого жира, закваски, молочной сыворотки и другого сырья по заданной программе.

Для порционного дозирования и темперирования воды, идущей на замес полуфабрикатов, на предприятиях малой мощности применяют дозатор-регулятор температуры Дозатерм-15. Горячая и холодная вода поступает по трубопроводам в смеситель, который автоматически поддерживает заданную температуру воды на выходе из дозатора-регулятора.

Для непрерывного дозирования жидких компонентов применяют станцию Ш2-ХДМ, которая обеспечивает приготовление воды заданной температуры и осуществляет дозирование до пяти жидких компонентов по объемному принципу. Станция работает в двух режимах: непрерывном и дискретном (при заданном числе сливов) и дозирует воду, солевой и сахарный растворы, жидкий жир и дрожжевую суспензию.

При непрерывном дозировании муки применяют барабанные дозаторы, устанавливаемые в вертикальной части тестомесильных машин.

Дозирующая многокомпонентная станция марки СДМ4-Х может входить в состав автоматизированной линии или работать ав-

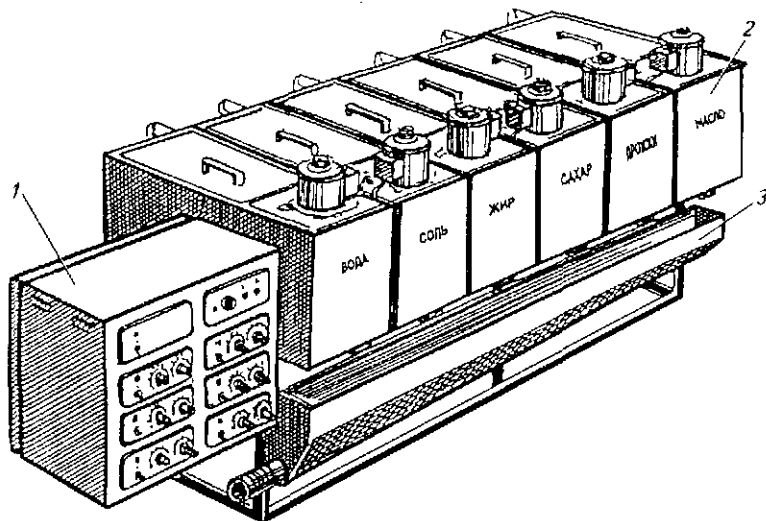


Рис. 7.4. Дозирующая многокомпонентная станция марки СДМ4-Х6:  
1 — пульт управления; 2 — дозирующие емкости; 3 — приемный лоток

тономно. В зависимости от количества дозируемых компонентов выпускается пять модификаций станций: СДМ4-Х2, СДМ4-Х3, СДМ4-Х4, СДМ4-Х5 и СДМ4-Х6.

Станция СДМ4-Х6 (рис. 7.4) предназначена для автоматического дозирования жидких компонентов в опару или тесто и может работать в режиме как непрерывного, так и порционного дозирования.

Станция, работающая в режиме непрерывного дозирования, производит периодически (каждые 15 с) слив компонентов, обеспечивая их необходимые расходы. Станция, работающая в режиме порционного дозирования, выдает необходимые порции компонентов в виде десяти единичных доз. Это существенно облегчает работу станции и позволяет производить настройку в процессе работы.

Станция в основном состоит из дозирующих емкостей 2, число которых равно числу дозируемых компонентов, приемного лотка 3, в который производится слив компонентов из дозирующих емкостей, пульта управления 1.

### 7.3. ЗАМЕС И ОБРАЗОВАНИЕ ТЕСТА

Замес теста — важнейшая технологическая операция, от которой в значительной степени зависят дальнейший ход технологического процесса и качество хлеба. При замесе теста из муки,



воды, дрожжей, соли и дополнительного сырья получают однородную массу с определенной структурой и физическими свойствами. С самого начала замеса в полуфабрикатах начинают происходить физико-химические, коллоидные и биохимические процессы. Замес теста производится периодическим или непрерывным способом. По степени механической обработки различают обычный замес и интенсивный.

Степень интенсивности замеса пшеничного теста зависит от температуры теста и хлебопекарных свойств перерабатываемой муки. Чем «сильнее» мука, тем интенсивнее следует обрабатывать тесто при замесе.

Для периодического замеса применяют тестомесильные машины А2-ХТ2-Б производительностью 633, 870 и 1350 кг/ч с подкатными дежами вместимостью 0,33 м<sup>3</sup>, А2-ХТМ — 475 кг/ч с дежами вместимостью 0,14 м<sup>3</sup> и др. Интенсивный замес осуществляют в тестомесильной машине Ш2-ХТ2-И производительностью 1220 кг/ч с месильной камерой вместимостью 0,3 м<sup>3</sup> и РЗ-ХТИ-3 производительностью 1170 кг/ч с месильной камерой вместимостью 0,35 м<sup>3</sup>. Шебекинский машиностроительный завод разработал тестомесильную машину МТМ-330 (рис. 7.5) производительностью 1400 кг/ч с подкатной дежей вместимостью 0,33 м<sup>3</sup>.

Для непрерывного замеса теста применяют тестомесильные машины, входящие в состав тестоприготовительных агрегатов: И8-ХТА-12/1 производительностью 1308 кг/ч и А2-ХТТ — 1300 кг/ч.

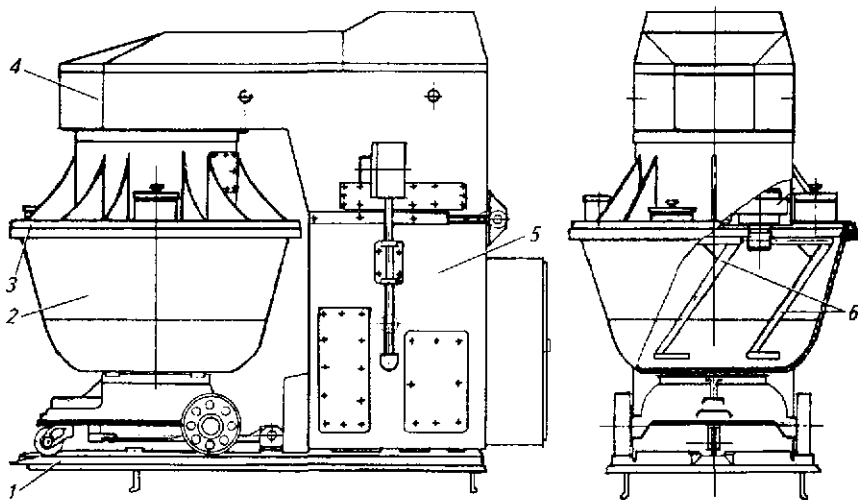


Рис. 7.5. Тестомесильная машина МТМ-330:

1 — фундаментная плита; 2 — подкатная дежа; 3 — крышка; 4 — траверса; 5 — станина; 6 — месильный орган

Для предприятий малой мощности применяют тестомесильные машины А2-Т2-64 производительностью 200 кг/ч и вместимостью дежи 0,064 м<sup>3</sup>; Л4-ХТВ — 550 кг/ч с подкатными дежами вместимостью 0,14 м<sup>3</sup>; А2-ХТЗ-Б — 240 кг/ч с подкатными дежами Т1-ХТ2-Д и ХПО/3 производительностью 490 кг/ч.

Весьма существенную роль в процессе замеса играет температура, так как именно с помощью этого параметра технолог регулирует интенсивность созревания полуфабрикатов.

### **7.3.1. Роль компонентов пшеничной муки в образовании теста**

Ведущая роль в образовании пшеничного теста принадлежит белковым веществам муки и крахмалу, которые в присутствии воды способны набухать. Однако эти компоненты муки обладают различной водопоглощательной способностью, которая в значительной степени зависит от температуры и химического состава жидкой фазы теста, структуры белка и физического состояния крахмальных зерен.

Набухшие нерастворенные в воде белки и увлажненные крахмальные зерна составляют твердую фазу теста. Жидкая фаза теста представляет собой многокомпонентный водный раствор, состоящий из растворимых органических и минеральных веществ муки (белки, декстрины, сахара, соли и др.) и водорастворимых рецептурных компонентов теста.

При соприкосновении частичек муки с водой происходит осмотическое связывание воды свободным промежуточным белком, затем белком, окружающим отдельно лежащие крахмальные зерна, и наконец, белком крупных частиц муки — неразрушенных клеток эндосперма или их группы.

Набухание коллоидов протекает в две стадии. Вначале происходит адсорбция молекул воды на поверхности частичек муки за счет активных гидрофильных групп коллоидов. Процесс гидратаций сопровождается выделением теплоты.

В результате теплового движения гибких цепей белка благодаря тому, что макромолекулы белка и крахмала упакованы неплотно, между этими составляющими образуются весьма малые зазоры, в которые проникают молекулы воды. В этот момент начинается вторая стадия набухания — осмотическое связывание воды.

Набухание крахмальных зерен зависит от температуры и степени их механического повреждения. Целые зерна крахмала связывают воду в основном адсорбционно, поэтому их объем увеличивается незначительно (адсорбционно может быть связано до 44 % воды). При помоле зерна на муку около 15--20 % крахмальных зерен повреждается. Такие зерна поглощают до 200 % воды на СВ.

В хлебопекарной муке набухают только высокомолекулярные соединения, однако этот процесс не всегда заканчивается раство-

рением. Так, альбуминовая и глобулиновая фракции белков пшеничной муки после набухания растворяются и переходят в раствор. Количество воды, которую проламинавая и глютелиновая фракции, набухая, связывают, в 2,0—2,5 раза превышает их массу, и при этом их объем резко увеличивается.

Оптимальная температура, обеспечивающая максимальное набухание клейковинных белков, 30 °С, так как при более высокой температуре их набухаемость снижается, а для крахмальных зерен максимальная набухаемость обеспечивается при температуре 50 °С. Такие различия в температурном оптимуме набухания белковых веществ и крахмала пшеничной муки обусловлены их молекулярной массой и строением молекул.

Скорости набухания и растворения высокомолекулярных веществ с увеличением молекулярной массы уменьшаются и зависят от длины и строения отдельных цепочек и химической связи между ними.

Белки являются гидрофильными веществами, их молекулы способны связывать значительное количество воды. На поверхности белковой глобулы расположены различные гидрофильные группы, притягивающие к себе дипольные молекулы воды. Гидрофильность различных групп неодинакова. Так, амидная группа ( $-\text{CO}-\text{NH}$ , пептидная связь) притягивает одну молекулу воды, карбоксильная ( $-\text{COOH}$ ) — четыре, аминная ( $-\text{NH}_2$ ) — одну, строго ориентируя их на поверхности молекулы.

Атомные группировки белковой молекулы резко различаются по характеру взаимодействия с молекулами воды в растворе: они содержат полярные группы, образующие водородные связи с водой; заряженные группы, вызывающие сильное электрострикционное сжатие воды в гидратной оболочке; гидрофобные группы, влияние которых на многие характеристики воды качественно отличается от влияния полярных и заряженных групп. Электрострикция (от электро... и лат. *strictio* — стягивание, сжимание) — деформация диэлектриков в электрическом поле, обусловленная их поляризацией. Поэтому гидратная оболочка белковой глобулы гетерогенна, она способствует агрегативной устойчивости белков в растворе.

Значительная доля поверхностных гидрофильных атомных групп биополимеров представлена заряженными группами. Их взаимодействие с водой и ионными компонентами растворителя во многом определяет структуру и стабильность белков и термодинамические свойства их растворов. В результате диссоциации заряженных групп в водном растворе поверхность белковой молекулы приобретает избыточный электрический заряд, а в гидратной оболочке возникает двойной электрический слой, от величины потенциала которого зависят электростатические силы отталкивания.

Агрегативная устойчивость набухших белковых мицелл при замесе теста зависит согласно теории термодинамики тонких пле-

нок и устойчивости дисперсных систем ДЛФО (Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека) от трех составляющих расклинивающего давления в пленках воды, покрывающих белковые мицеллы.

Активная кислотность теста из пшеничной муки не превышает 6 и не соответствует изоэлектрической точке глиадина. В кислой среде молекулы белка представляют собой положительно заряженные частицы дисперсной фазы. Ионизирующие группы белковой глобулы, содействуя ее раскрытию, способствуют образованию множества новых коагуляционных контактов между отдельными участками разветвленной белковой молекулы. Только с этого момента из разрозненных белковых мицелл начинается образование длинных нитей и пленок, а затем формирование трехмерного структурного каркаса.

Набухшие белковые мицеллы, на поверхности которых находятся полярные группы, представляют собой лиофильные коллоидные системы. Состояние молекул в мицеллах близко к их состоянию в монослоях на границе раздела фаз с водой. Такие системы термодинамически устойчивы. На лиофильных поверхностях за счет водородных связей образуются слои жидкости с измененной структурой. Ориентация молекул в пограничных слоях жидкости, повышение вязкости, упругости, сопротивление сдвигу значительно препятствуют сближению набухших белковых мицелл. Перекрывание граничных слоев при сближении частиц приводит к появлению структурной составляющей расклинивающего давления, ответственной за устойчивость гидрофильных коллоидов.

При замесе теста прослойки гидратированной воды между отдельными белковыми молекулами утончаются, возникают коагуляционные константы, термодинамически более благоприятные в данных условиях, приводящие к образованию пространственной структуры.

При образовании коагуляционной сетки и ее агрегатов или цепочек в контакте между белковыми молекулами остается весьма тонкая и равновесная прослойка жидкой дисперсионной среды, толщина которой соответствует минимуму свободной энергии системы. Эти прослойки жидкости в местах коагуляционных контактов препятствуют дальнейшему сближению белковых молекул.

Основная роль в образовании белкового каркаса принадлежит гидрофобным взаимодействиям между неполярными группами белковых молекул. Значительную роль в возникновении структурного каркаса теста играют окислительно-восстановительные реакции. Перемешивание теста в атмосфере воздуха вызывает окисление сульфгидрильных групп кислородом с образованием дисульфидных связей, в том числе и поперечных, что упрочняет структуру белка. Значительная роль в упрочнении структурного белкового каркаса принадлежит водородным связям. Решающее влияние на агрегирование набухших белковых макромолекул оказывают электростатические и структурные силы. Для коагуляции

белковых молекул последние должны преодолеть определенный энергетический барьер.

В набухшем состоянии преодоление этого барьера белковыми молекулами глиадина и глютеина возможно путем внешнего механического воздействия, превышающего сумму сил электростатического и структурного отталкивания.

Механическое воздействие на набухшие белки муки при замесе теста необходимо рассматривать как способ подготовки белковых макромолекул к коагуляции.

В протекании коагуляционных процессов существенную роль играет фактор агрегативной устойчивости, связанный со структурой и свойствами граничных гидратных прослоек у поверхности набухших белковых макромолекул.

Перемешивание массы теста приводит к разрушению и утончению гидратных прослоек у поверхности макромолекул. Этот эффект возрастает с увеличением времени механического воздействия. Процесс сопровождается ослаблением структурного отталкивания. Следовательно, чем продолжительнее или интенсивнее замес, тем быстрее достигается тот критический рубеж дегидратации белковых макромолекул, за которым наступает процесс коагуляции, так как механическое воздействие становится достаточным для преодоления ими электростатического барьера.

Введение при замесе теста поваренной пищевой соли — электролита — несколько нивелирует действие структурных сил, при этом ускоряется разрушение граничных слоев воды.

Снижение активной кислотности среды уменьшает структурные силы отталкивания и препятствует агрегированию молекул белка.

В результате замеса проламиновая и глютелиновая фракции образуют белковый клейковинный структурный каркас, состоящий из тонких пленок. Коагуляция набухших частиц муки, пронизанных клейковинными пленками, приводит к образованию однородной массы, состоящей из муки, воды и другого сырья. При этом образуется непрерывная структура теста, представляющая собой сетку клейковины, в которую включены крахмальные зерна и другие нерастворимые частицы муки и дополнительного сырья.

Пшеничное тесто с оптимальными физическими свойствами образуется при минимальном содержании клейковины 7,5%. При снижении этого значения получить однородную массу теста невозможно, так как из-за недостатка белка он неспособен соединить всю массу крахмальных зерен. При этом существенное влияние оказывают свойства клейковины.

Продолжительность замеса теста из различных партий муки неодинакова, что также обусловлено свойствами клейковинных белков.

При образовании теста пленки гидратированного белка охватывают всю поверхность крахмальных зерен и других включений, и эта система должна соединяться достаточно прочно.

В пшеничной муке и хлебопечкарных прессованных дрожжах (биологическом разрыхлителе) содержится комплекс ферментов, проявляющих свою активность уже при замесе теста и влияющих на его физические свойства. При этом следует отметить, что изменения в тесте, связанные с гидролитическим действием ферментов, зависят от доли вносимой при замесе воды. На этой стадии приготовления изделий из пшеничной муки проявляют активность протсолитические и амилолитические ферменты. В результате действия протеаз происходит частичная дезагрегация клейковинных белков, в результате действия амилаз — дезагрегация крахмала. Вследствие этого увеличивается доля веществ, переходящих в жидкую фазу теста. Присутствие в тесте кислорода воздуха несколько снижает активность протеолитических ферментов в результате окисления их SH-групп.

Во взаимодействии с клейковинным комплексом пшеницы находятся протеазы, их ингибиторы, амилазы и липоксигеназа. Протеазы, частично гидролизуя белки, ослабляют клейковину, а липоксигеназа, при участии которой продукты окисления жирных кислот окисляют —SH-группы белка, напротив, укрепляет ее. Высвобождение липоксигеназы из клейковины происходит в присутствии восстановленного глутатиона, с другой стороны, восстановленный глутатион, принимая участие в тиоловом обмене с клейковиной, уменьшает число —S—S-связей и ослабляет ее. Следовательно, ферментные системы в комплексе с клейковинными белками регулируют качество хлеба из пшеничной муки.

В образовании теста участвуют и липиды муки, доля которых в пшеничной муке достигает 2 %. Из этого количества 20—30 % липидов соединены с белками (липопротеиды) и углеводами (гликолипиды). В процессе замеса теста доля связанных липидов резко возрастает (до 60 %). При соединении с фосфорорганическими соединениями образуются фосфолипиды, которые в первую очередь связываются глиадином и глютелином.

Водорастворимые пентозаны (слизи) муки при замесе теста почти полностью пептизируются и переходят в раствор. Они способны поглощать до 1500 % воды. Целлюлоза и гемицеллюлоза за счет капиллярной структуры также связывают значительную долю воды. Если в тесте воды недостаточно, то происходит конкурентная борьба за воду, так как поглощение ее целлюлозой будет препятствовать набуханию белков и затруднять образование клейковины, что ухудшает свойства теста.

Поэтому тесто из муки высоких выходов замешивают большей влажностью (46—49 %), чем тесто из муки первого и высшего сортов (42—44 %).

При замесе теста в нем кроме твердой и жидкой фаз присутствуют и газообразная фаза, которая образуется в результате захвата воздуха, вносимого с мукой, водой и другими видами сырья и полуфабрикатов при замесе и окклюзии его пузырьков в массе по-

луфабриката. Содержание газообразной фазы зависит от продолжительности замеса и может составлять 10—20 % от общего объема теста. Соотношение между твердой и жидкой фазами зависит от рецептуры теста, массовой доли влаги, количества и качества клейковины.

Следовательно, полуфабрикат после замеса представляет собой систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз. От соотношения их масс в значительной степени зависят реологические свойства теста — вязкость, адгезия и текучесть.

### **7.3.2. Роль рецептурных компонентов в образовании теста**

**Жировые продукты.** В процессе приготовления теста липиды муки и жиры, внесенные при замесе, претерпевают ряд сложных превращений, в результате которых тесто приобретает определенные свойства. Показатели качества готовых изделий, особенно органолептические, улучшаются.

При производстве булочных и слобных изделий в тесто вводят от 1,0 до 15 % жира к общей массе муки. Механизм взаимодействия липидов муки и вносимых с компонентами теста жиров в значительной степени зависит от химического состава и свойств используемого жира и муки. Важную роль при этом играют входящие в состав жира триглицериды насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Чем больше содержится в жире триглицеридов ненасыщенных жирных кислот, тем он больше сорбируется белками.

Жиры в зависимости от состава и свойств изменяют структуру белковых частиц либо путем прямого взаимодействия с различными химическими группами, входящими в состав макромолекул белка, либо путем косвенного воздействия на их структуру, адсорбируясь на поверхности белковой молекулы.

При замесе пшеничного теста жиры изменяют свойства крахмала в результате образования комплексов с амилозной фракцией.

Адсорбируясь на поверхности белковых мицелл и крахмальных зерен, жир препятствует набуханию этих коллоидов муки и увеличивает содержание жидкой фазы теста. Вследствие этого ослабляется связь между компонентами твердой фазы теста, что делает его более пластичным.

Жиры лучше вводить в тесто в виде тонкодиспергированной эмульсии. Тогда частицы жира при замесе теста лучше распределяются в виде тончайших пленок между частицами муки, а при выпечке тестовых заготовок способствуют образованию тонкопористой структуры изделий. Чем тоньше пленки жира и чем больше их в тесте, тем более пористую структуру имеют готовые изделия.

При замесе теста содержание связанных липидов увеличивается. Степень связывания их зависит от способа замеса теста, усилий, затрачиваемых на замес, и среды, в которой он производится.

При замесе теста в атмосфере азота связывание липидов увеличивается, особенно при усиленной механической обработке, и снижается при замесе в атмосфере кислорода. Постепенное введение кислорода в тесто, замешиваемое в среде азота, снижает количество уже связанных липидов. В то же время введение азота в тесто при замешивании его в атмосфере кислорода не снижает степени связывания липидов при интенсивном замесе.

Даниэльс, Вул и др. (США) предположили, что «высвобождение» липидов в тесте, замешанном при обычных условиях, связано с действием липоксигеназной окислительной системы. Они предложили схему взаимодействия липоксигеназной системы и липидов при замесе теста\* (рис. 7.6).

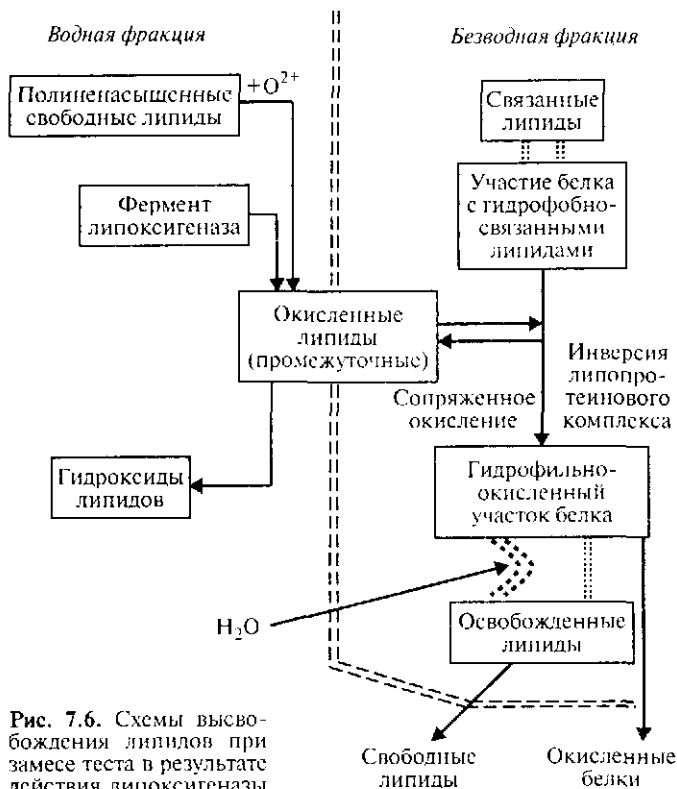


Рис. 7.6. Схемы высвобождения липидов при замесе теста в результате действия липоксигеназы

\* Ауэрман Л. Я., Поландова Р. Д., Пименова Т. И. Применение липоксигеназы в хлебопечении. — М.: ЦНИИТЭИП. — 1975. — С. 17—19.



В соответствии с этой схемой промежуточные липиды участвуют в сопряженном окислении липопротеинового комплекса, в результате чего происходит «высвобождение» связанных липидов. Образующиеся гидропероксиды в этом не участвуют, так как методом газовой хроматографии установлено, что «освобожденные» липиды были неизменными по химической структуре, т. е. не подвергались окислению.

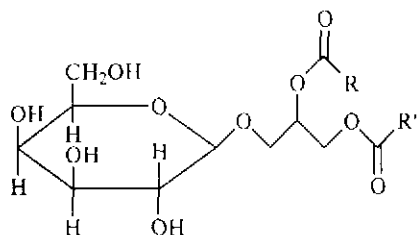
В результате действия липоксигеназной окислительной системы липиды в тесте сохраняются в свободном состоянии.

При брожении полуфабрикатов происходит постепенное разрушение липид-белковых комплексов и одновременно образование вторичных липид-белковых комплексов за счет свободных липидов муки и липидов, вносимых с жировыми продуктами. Образование вторичных липид-белковых комплексов следует рассматривать как положительный процесс, способствующий улучшению качества изделий в результате повышения газоудерживающей способности теста.

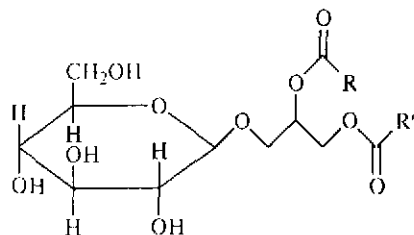
Окисление ненасыщенных жирных кислот в тесте происходит при участии комплекса липоксигеназы и глютенина.

Основными направлениями превращений липидов и жиров, вносимых в соответствии с рецептурой при приготовлении хлебобулочных полуфабрикатов, являются: гидролиз липидов, окислительные и биохимические превращения, которые протекают одновременно в виде идущих параллельно или связанных между собой превращений.

Пшеничная мука содержит около 2,0 % липидов. Липидами называют сложную смесь органических веществ — жирных кислот, спиртов, альдегидов, соединенных с помощью сложноэфирной, простой эфирной, фосфоэфирной, гликозидной связей. Высокая реакционная способность химических группировок молекул белка способствует взаимодействию их с липидами и углеводами и образованию соответственно липопротеидных и гликопротеидных комплексов, оказывающих влияние на структуру и свойства клейковины. В состав простых липидов растительных масел и жиров входят гликолипиды, содержащие остатки моноз:



Галактозилдиацилглицерин



Глюкозилдиацилглицерин

Гликолипиды выполняют структурные функции, так как им принадлежит важная роль в формировании клейковинных белков. Важнейшими представителями сложных липидов являются фосфолипиды, которые образуют сложные комплексы с белками (липопротеиды) и углеводами (гликолипиды).

При замесе теста происходят превращения липидов, интенсивность которых зависит от влажности полуфабриката, активности липазы и липоксигеназы, контакта с кислородом воздуха и др. Все это говорит о многообразии, сложности и противоречивости процессов, протекающих в липидном комплексе. Из общего количества липидов муки около 20—30 % находится в связанном состоянии, в том числе и фосфолипиды. Последние, входя в макроструктуру белка клейковины, наиболее существенно влияют на реологические свойства клейковинного каркаса в тесте, физические свойства теста и качество хлеба.

Основную массу жирных кислот липидов пшеничной муки (3/4) составляют ненасыщенные жирные кислоты, среди которых примерно половина представлена линолевой кислотой.

При замесе теста доля связанных липидов резко (в 3 раза) возрастает, при этом в первую очередь фосфолипиды образуют комплексы с клейковинными белками.

В качестве жировых продуктов используют: маргарин, растительные масла, животные жиры, жир жидкий хлебопекарный, спреды, топленые смеси и др.

Вносимый в тесто жир, так же как и липиды самой муки, влияет на процессы, происходящие при замесе, брожении и разделке теста, а также при выпечке изделий. Жир в тесте в значительной степени связывается белками, крахмалом и другими составляющими твердой фазы теста. Часть жира, находящегося в тесте в жидком состоянии, может находиться в жидкой фазе теста в виде мельчайших жировых капелек. Жировые продукты с температурой плавления 30—33 °С не соединяются с компонентами твердой фазы теста, а остаются в нем в виде твердых частиц, которые плавятся только при выпечке.

Жир, добавленный в тесто в количестве до 3 % от общей массы муки в тесте, улучшает реологические свойства теста, повышает его эластичность и пластичность. Это связано со смазывающими свойствами жира, обеспечивающими относительно скольжение структурных компонентов теста, его клейковинного каркаса и включенных в него зерен крахмала. Благодаря этому увеличивается способность клейковинного каркаса теста растягиваться без разрыва под давлением растущих в объеме газовых пузырьков.

Внесение жиров несколько расслабляет тесто, улучшает его адгезионные свойства, что положительно сказывается на работе тестоделительных и тестоформирующих машин и предотвращает прилипание к поверхностям передаточных устройств.

В период брожения часть жира вступит во взаимодействие с белками клейковины и крахмалом муки. Образующиеся комплексы улучшают реологические свойства теста, повышают его газодерживающую способность. С целью повышения степени взаимодействия жиров с компонентами теста рекомендуется эмульгирование жира перед замесом теста с добавлением в эмульсию поверхностно-активных веществ.

При внесении в тесто жировых продуктов в дозировке 10 % и более к массе муки в тесте спиртовое брожение замедляется. Это обусловлено тем, что жировые пленки оболочивают дрожжевые клетки и препятствуют поступлению питательных веществ к ним.

**Соль.** Пищевая поваренная соль (хлорид натрия) является одним из основных компонентов рецептуры хлебобулочных изделий, за исключением диетических бессолевых (ахлоридных), предназначенных для больных, страдающих заболеваниями почек, сердечно-сосудистой системы и др. Массовая доля соли в тесте может колебаться от 0 до 2,5 %, но в основном ее дозировка составляет 1,3—1,5 % к массе муки в тесте.

Поваренная соль придаст вкус хлебу и оказывает определенное влияние на коллоидные, биохимические и микробиологические процессы, протекающие в тесте. Соль позволяет улучшить реологические свойства теста, приготовленного из хлебопекарной пшеничной муки со слабой и средней по силе клейковиной. Она угнетающе действует на жизнедеятельность микроорганизмов и несколько ингибирует амилитические и протеолитические ферменты муки. Дозу солевого раствора устанавливают в зависимости от фактической его плотности. Рекомендуется применять раствор с постоянной плотностью (1200 кг/м<sup>3</sup>).

Добавление 0,5 % соли в опару влажностью 60 % благотворно влияет на размножение дрожжевых клеток в течение 2 ч, при более продолжительном брожении или большей концентрации соли она угнетающе действует на дрожжи. В тесте, приготовленном с 3 % прессованных дрожжей, внесение поваренной соли от 1 до 3 % к общей массе муки в тесте снижает активность брожения и размножения дрожжевых клеток. Действие поваренной соли нивелируется лишь в том случае, когда дозировка дрожжей в тесте достигает 5...6 %. Осмофильные дрожжи также угнетаются солью.

Заваривание муки раствором поваренной соли или введение ее в приготовленную заварку при производстве жидких дрожжей приводит к ухудшению кислотообразования и размножения молочнокислых бактерий в осажаренной заварке, а также уменьшению содержания редуцирующих сахаров, общего количества водорастворимых и азотистых соединений. Хлеб, приготовленный на жидких дрожжах, содержащих поваренную соль, имеет меньший удельный объем, а верхняя корка в некоторых случаях подорвана.

На консистенцию заварки большое влияние оказывают температура и концентрация раствора поваренной соли, применяемого

для заваривания муки. Чем выше концентрация раствора хлорида натрия, тем более жидкой получается заварка. Заварки, приготовленные на растворах поваренной соли температурой 90 °С, имеют более густую консистенцию. Снижение степени осахаривания солевых заварок обусловлено повышением температуры клейстеризации крахмала, а уменьшение образования сахаров при оптимальных температурах этого процесса — снижением активности амилолитических ферментов.

Применение 5%-ного раствора хлорида натрия для замеса теста из муки, смолотой из зерна, пораженного клопом-черепашкой, позволяет улучшить свойства клейковины в результате прекращения ее гидролиза.

В качестве ингибиторов ферментов протеолитического действия экстрактов, полученных из зерна, пораженного клопом-черепашкой, целесообразно использовать хлорид натрия и сульфат натрия. Хлорид натрия резко тормозит действие ферментов указанных экстрактов и препаратов химозина и трипсина.

Клейковина зерна, пораженного клопом-черепашкой, легче подвергается действию протеолитических ферментов. В этом случае отмечается заметное угнетающее действие хлорида натрия (в концентрациях 0,1—0,2 н.) на процесс дезагрегации клейковины. При приготовлении пшеничного теста кислотностью не более 5 град для снижения риска возникновения дефекта хлеба из муки, смолотой из проросшего зерна, применяют поваренную соль.

Из хлоридов более сильное инактивирующее действие на протеолитические и амилолитические ферменты оказывает хлорид кальция. Соли натрия, калия, магния инактивируют процесс сахарообразования в более слабой степени. В жидких опарах с добавлением поваренной соли (0,7 % к массе муки) образуется меньше сахаров, чем в опарах без соли. Она также тормозит процесс протеолиза в мучных средах.

С помощью методов электрофореза и хроматографии на бумаге, а также оптического и электронного микроскопов установлено, что в период приготовления теста из пшеничной муки с хорошими хлебопекарными свойствами преобразование белка клейковины происходит на уровне третичной и четвертичной структуры за счет нарушения и восстановления электростатических, гидрофобных, водородных и других связей, имеющих сравнительно небольшую энергию активации и обратимый характер. Заметного нарушения ковалентных связей и изменения аминокислотного состава белка клейковины не установлено.

В бродящих полуфабрикатах белок клейковины может находиться в разных состояниях и его условно подразделяют на белок, отмывающийся из полуфабрикатов в виде клейковины; белок, не образующий клейковину, но и не переходящий в фазу водорастворимого; водорастворимые азотистые соединения, включающие небелковый азот. Эти особенности белка свидетельствуют о зако-

номерности возникновения структурно-механических свойств в сложных коллоидных высокодисперсных системах.

Переход клейковины в растворимое состояние осуществляется под действием слабых растворов кислот, накапливающихся в жидких дрожжах, полуфабрикатах и тесте; обратимое растворение белка клейковины может быть вызвано также диоксидом углерода.

Значительное изменение состояния белка клейковины наблюдается под действием поверхностно-активных веществ, при интенсивной механической обработке волно-мучных смесей, изменении ионной силы среды и др.

Под действием электролитов могут также происходить преобразования структуры белка клейковины, сопровождающиеся изменением ее состава и, следовательно, физических свойств теста. Одним из постоянно присутствующих в тесте электролитов является хлорид натрия.

С повышением дозировки соли следует увеличивать продолжительность замеса теста, так как достижение тестом максимальной эластичности замедляется.

Добавление поваренной соли в тесто до 1 % к массе муки при отлежке теста до отмывания клейковины в течение 60 мин увеличивает растяжимость клейковины. Внесение большого количества соли или увеличение срока отлежки теста до отмывания клейковины даже при наличии 1 % соли снижает растяжимость клейковины. В тесте при обычных дозировках поваренной соли последняя дегидратирует и укрепляет клейковину.

Добавление в тесто без дрожжей 1,5 % поваренной соли укрепляет тесто и уменьшает степень его разжижения при отлежке, повышает его вязкость.

Количество клейковины, отмываемой из соленого теста сразу после замеса, повышается на 2—4 % против контроля без соли, а после 2—4 ч выдержки — на 1—3 % из-за повышения гидратационной способности клейковины.

Катионы натрия и калия замедляют набухание клейковинных белков.

Хлорид натрия в дозировке, принятой при производстве хлеба (1,3—2,5 %), повышает гидратацию клейковины. Сущность его действия как улучшителя хлебопекарных свойств муки состоит в увеличении гидратации клейковины, благодаря чему облегчается ее формирование в тесте и уменьшается содержание в нем свободной воды.

Структура теста, состоящая из муки, воды и соли, зависит от распределения в нем клейковины. Равномерность распределения частиц клейковины в массе теста зависит от структурно-механических свойств белка (распределения по фазам его состояния), последнее — от степени его гидратации и растворения.

При переработке муки со слабой клейковиной, в том числе из пшеницы с примесью зерна, поврежденного клопом-черепаш-

кой, хлорид натрия применяется для торможения процессов излишней дезагрегации белка, улучшения физических свойств теста и качества хлеба — его формоустойчивости, объема и состояния мякиша.

Поваренную соль используют также для консервирования полуфабрикатов при вынужденных простоях и необходимости снижения вязкости полуфабрикатов (по условиям производства). При добавлении хлорида натрия в полуфабрикаты, полученные из муки с удовлетворительным качеством клейковины, вязкость их снижается даже при концентрации хлорида натрия 0,4 %; при дальнейшем увеличении дозировки вязкость остается почти на одном уровне. Тесто, приготовленное без соли, — слабое, липкое; тестовые заготовки в период окончательной расстойки расплываются. Брожение теста идет интенсивно, сбраживаются почти все сахара теста, поэтому верхняя корка хлеба имеет бледную окраску.

При добавлении хлорида натрия в полуфабрикаты из муки со слабой клейковиной вязкость повышается.

**Сахар и сахаросодержащие продукты.** В тесте около 40 % воды, адсорбционно связанной крахмалом, белками и другими коллоидами теста, не участвует в растворении соли, сахара и других подобных веществ. Остальная часть воды с растворенными в ней солями, сахарами и другими веществами представляет собой жидкую фазу теста, которая затем осмотически связывается белками в процессе их набухания.

При использовании сахара-песка в сухом виде его растворение происходит в жидкой фазе теста. При этом создаются неблагоприятные условия ввиду недостаточного количества растворителя (воды), имеющего низкую температуру (температура теста 30—32 °С). Поэтому добавление свыше 10 % сахара-песка (по рецептуре) при замесе не создает условий для полного его растворения, что приводит к неравномерному распределению сахара в тесте.

В связи с этим в технологических инструкциях по выработке хлебобулочных изделий указано, что при замесе теста сахар следует дозировать только в виде раствора.

При замесе теста применяют сахарные растворы 50%-ной концентрации, а для изделий с более высоким содержанием сахара по рецептуре используют растворы сахара 70%-ной концентрации, позволяющие обеспечить его дозирование в растворенном виде во все хлебобулочные, сладкие, бараночные, сухарные и мучные кондитерские изделия.

Наличие сахара в тесте оказывает влияние на жизнедеятельность дрожжевых клеток: при его содержании до 10 % к массе муки в тесте интенсифицируется сбраживающая активность дрожжей, стимулируется спиртовое брожение и, как следствие, образование этанола и диоксида углерода. Сахар (сахароза) под действием β-фруктофуранозидазы дрожжевых клеток гидролизруется до глюкозы и фруктозы. Поэтому интенсивность образования этано-

ла и диоксида углерода в тесте не зависит от исходной активности  $\alpha$ -глюкозидазы дрожжей.

Увеличение дозировки сахара (сахарозы) свыше 10 % к массе муки в тесте ингибирует жизнедеятельность дрожжевых клеток, а при 30 % и выше резко снижает газообразование и даже приостанавливает его. Это происходит из-за увеличения осмотического давления в дрожжевой клетке, приводящего к ее плазмолизу. В этом случае сахар влияет на дрожжи так же, как соль, только влияние сахара на осмотическое давление в жидкой фазе теста примерно в 6 раз меньше, чем при той же концентрации соли.

Сахар в тесте оказывает дегидратирующее действие на клейковинные белки, затрудняя их набухание. При повышенных дозировках сахара и жира расход воды на замес теста сокращается. Если рецептурой предусмотрены повышенные дозы сахара и жира, то целесообразно их вносить при замесе теста в два приема — одну часть при замесе теста, вторую — спустя 40—60 мин брожения теста при повторном замесе (отсдобке), при этом вносят еще и муку для обеспечения его нормальной консистенции.

При выработке диетических изделий применяют ксилит, сорбит, фруктозу, лактозу и другие подслащивающие вещества.

С внесением в тесто лактозы в определенных количествах его водопоглотительная способность повышается, сокращается продолжительность брожения теста, улучшается качество хлеба.

Адсорбционная способность сахаров влияет на водопоглотительную способность и продолжительность замеса теста, выход теста и хлеба, сохранность изделий в свежем виде. Например, лактоза наряду с фруктозой, глюкозой и сорбитом обладает большей адсорбционной способностью по сравнению с сахарозой, а адсорбционная способность мелассы выше, чем сахарозы и инвертного сиропа.

Степень сбраживания сахаров дрожжевыми клетками и молочнокислыми бактериями в процессе тестоприготовления различна.

В первую очередь хлебопекарными дрожжами сбраживаются глюкоза и фруктоза. Сахароза сначала расщепляется  $\beta$ -фруктофуранозидазой дрожжей на глюкозу и фруктозу. Лактоза, а также продукт ее гидролиза галактоза сбраживаются специальными «лактозными» дрожжами.

Гексозы (глюкоза и фруктоза) ускоряют сбраживание мальтозы хлебопекарными дрожжами. При использовании смеси мальтозы и глюкозы (9 : 1) процесс газообразования в тесте ускоряется, а качество хлеба улучшается.

Влияние сахара на свойства теста и качество хлеба зависит от хлебопекарных свойств муки, а также от количества, вида и способа внесения сахара в тесто.

В присутствии сахара повышается температура клейстеризации крахмала, усиливается пептизация клейковины, тормозится ее термическая коагуляция при выпечке. Физические свойства клей-

ковины, отмытой из теста с сахаром и без него, непосредственно после замеса несколько различаются, а после отлежки в течение 4 ч имеют показатели вязкости и модуля сдвига примерно одинаковые. Количество сырой клейковины в тесте с сахаром и без него почти не различается, однако по мере увеличения продолжительности отлежки теста выход ее возрастает. Влажность клейковины из теста без сахара после замеса равна 65,5 %, через 2 и 4 ч — соответственно 67,6 и 68,1 %; клейковины из теста с сахаром сразу после замеса — 62,4 %, а спустя 2 и 4 ч — 64,3 и 64,9 %.

Сравнение изменений физических свойств теста и клейковины показало, что при добавлении сахара набухание клейковины понижается, вследствие чего тесто разжижается.

Укрепление клейковины, отмытой из теста с сахаром (особенно при отмывании ее сахарным раствором) после замеса, происходит в результате дегидратирующего действия сахара. Отмечено, что добавление сахара не ускоряет процесс образования теста, а замедляет его.

В процессе приготовления теста сахар обычно дозируют при замесе теста. Однако разработаны и другие варианты введения сахара в тесто. Так, сахар и жир вносят при интенсивном замесе ступенчато через определенные промежутки времени, составляющие не менее 25 % от продолжительности замеса теста.

Целесообразно использовать порошкообразный сахаропаточный полуфабрикат, смешанный с жировым продуктом, и в виде пастообразной массы вносить его через 10—15 мин от начала замеса теста с последующим его замесом в течение 10—15 мин.

Для приготовления сахарных растворов можно использовать молочную сыворотку.

Эффективность применения растворов сахара в молочной сыворотке повышается при добавлении в них хлебопекарных прессованных дрожжей в дозировке 0,05—0,1 % к массе раствора. При этом рекомендуется готовить сахарный раствор 50—55%-ной концентрации; использовать его необходимо в течение 2 сут.

На хлебозаводах применяют высокоосахаренные ферментативные полуфабрикаты, которые получают путем направленного гидролиза крахмалсодержащего сырья (муки, вторично перерабатываемого хлеба, крахмального молока, крахмала-сырца) с помощью ферментных препаратов с активными  $\alpha$ - и глюкоамилазой.

Высокоосахаренные ферментативные полуфабрикаты содержат до 85 % глюкозы на СВ, они интенсифицируют процесс приготовления теста, активизируют дрожжи, улучшают качество, вкус и запах хлеба при ускоренных способах его производства, а также могут быть использованы взамен всего сахара (2,5—5,0 % к массе муки в тесте) по рецептуре изделий.



### 7.3.3. Роль воды и ее взаимодействие с рецептурными компонентами

Вода и продукты ее ионизации — ионы  $H^+$  и  $OH^-$  — оказывают значительное влияние на свойства многих важных компонентов муки: ферментов, белков, нуклеиновых кислот и липидов. Например, каталитическая активность ферментов в значительной степени зависит от концентрации ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Эти ионы определяют пространственную структуру белков, липидов, нуклеиновых кислот и некоторых других органических веществ.

В воде растворены как ионные соединения, так и огромное число молекул, содержащих полярные группы: неорганические соединения, кислород, диоксид углерода и др., и органические — спирты, альдегиды, кетоны, сахара, декстрины, ферменты, водорастворимые белки и пентозаны.

Многокомпонентный водный раствор, состоящий из органических и минеральных водорастворимых компонентов муки и рецептурных компонентов (соль, сахар, жировая фракция и др.), представляет собой жидкую фазу теста.

Вода является жидкой средой, в которой протекают все биохимические процессы в полуфабрикатах хлебопекарного производства. Она активно участвует в реакциях обмена, выполняет важную механическую функцию, облегчая скольжение клейковинных пленок относительно друг друга.

Поглощенная компонентами муки вода распределяется в тесте определенным образом (табл. 7.1).

7.1. Распределение воды между компонентами теста

Компонент	Масса в 100 г муки, г	Масса оводненного компонента		Распределение воды, %
		г/г	г/100 г	
Крахмал:	68,0	2,44	43,8	—
нативный	1,0	0,44	25,4	26,4
поврежденный	67,0	2,00	18,4	19,1
Белки	14,0	2,15	30,0	31,2
Пентозаны	1,5	15,00	22,5	23,4

В пшеничном тесте для различных сортов хлебобулочных изделий масса воды колеблется от 35—40 до 72—75 % к массе муки. Расход воды на замес теста зависит от ряда факторов.

Для каждого сорта изделий установлена предельно допустимая влажность мякиша  $W_{хл}$  или целого изделия, поэтому предельно допустимая влажность теста

$$W_{т} = W_{хл} + K,$$

где  $W_{хл}$  — влажность мякиша хлебобулочного изделия в соответствии с нормативной документацией;  $K$  — коэффициент, который в зависимости от рецептуры изделия может меняться от 0 до 1,5 (для сдобных изделий  $K=0$ , а для хлеба из ржаной муки  $K=1,5$ ).

Наименьшую влажность имеет тесто для бараночных изделий, наибольшую — тесто для формового хлеба из ржаной обойной муки.

Чем выше выход муки, например обойной, тем больше воды должно содержаться в тесте. Это обусловлено тем, что частицы оболочек зерна, содержащиеся в муке высоких выходов, обладают способностью связывать воду в большем объеме, чем частицы эндосперма.

При введении в тесто сахара и жира содержание воды в тесте уменьшают, так как наблюдается эффект разжижения из-за дегидратирующего действия сахара. Оно обусловлено тем, что доля воды, осмотически связанной белками в тесте, при добавлении сахара уменьшается, поэтому содержание жидкой фазы теста увеличивается и оно становится более жидким. Жир также несколько разжижает тесто. Поэтому при внесении в тесто значительных доз сахаров и жира соответственно сокращают расход воды, вносимой при замесе.

При введении в рецептуру теста молока или яиц при расчете количества воды, необходимого для замеса теста, следует учитывать их влажность.

Сила муки обуславливает структурно-механические свойства теста из нее. Поэтому чем сильнее мука, тем относительно выше должна быть дозировка воды, которую необходимо внести для получения хлеба с наибольшим объемом и лучшей пористостью.

При переработке слабой муки тесто в период брожения разжижается и становится липким. Это затрудняет его разделку, при расстойке тестовые заготовки сильно расплываются, поэтому дозировку воды при замесе теста снижают. В результате тесто получается с влажностью меньшей, чем это необходимо для данного сорта изделий. Выход изделий также снижается, что приводит к ухудшению экономических показателей производства.

Способы и режимы приготовления теста, добавки, изменяющие его структурно-механические свойства, также влияют на расход воды при замесе теста. Чем в большей степени эти факторы улучшают структурно-механические свойства теста перед его разделкой, тем выше технологически оптимальное содержание воды в тесте.

Чем больше воды в тесте, тем интенсивнее протекают процессы набухания и пептизации белков, тем больше в нем жидкой фазы и тем скорее происходит разжижение. Увеличение массовой доли влаги ускоряет действие ферментов в тесте, улучшает жизнедеятельность дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий (МКБ).

## 7.4. БРОЖЕНИЕ (СОЗРЕВАНИЕ) ТЕСТА

### 7.4.1. Физические процессы

Процессы брожения в тесте и в других хлебопекарных полуфабрикатах начинаются с момента замеса и заканчиваются во II зоне печи при выпечке. При брожении теста после замеса до разделки происходит его созревание. Сущность созревания теста — оптимальное изменение физических свойств теста, а также накопление в нем определенного количества водорастворимых веществ (аминокислот, сахаров и др.), ароматических и вкусовых веществ (спиртов, кислот, альдегидов).

Биологический способ разрыхления заключается в том, что дрожжи, добавляемые в полуфабрикат, сбраживают сахар с образованием этанола и диоксида углерода. Последний, разрыхляя тесто, придает ему пористую структуру. В результате за счет растягивания клейковинных пленок в набухших частицах муки тесто увеличивается в объеме. Последующее слипание этих пленок при обминке теста и механических операциях его разделки способствует образованию в тесте структурного пространственно-губчатого каркаса, благодаря которому тесто обладает формо- и газодерживающей способностью при окончательной расстойке и выпечке. В результате накапливания в тестовой заготовке диоксида углерода, этанола, летучих кислот и других компонентов, переходящих при выпечке из жидкого состояния в газообразное, образуется мелкая, тонкостенная и равномерная пористость мякиша хлебобулочного изделия.

Число обминок (кратковременный повторный промес полуфабриката) зависит от силы пшеничной муки. Интенсивная обминка теста из слабой муки приводит к дополнительному разрушению структуры набухших белков, их пептизации, к ухудшению структурно-механических свойств теста и, как следствие, качества готовых изделий.

Интенсивность протекания физических процессов зависит от температуры. При брожении теста его температура повышается на 1—2 °С по сравнению с начальной, измеряемой после замеса. Это обусловлено тем, что спиртовое брожение сопровождается положительным тепловым эффектом (+117,3 кДж). Кроме того, адсорбционное связывание влаги крахмалом и другими веществами муки также сопровождается выделением теплоты.

Масса теста к концу брожения уменьшается на 2—3 % (традиционные технологии). В основном это происходит за счет затрат сухого вещества теста, из которого при спиртовом брожении образуются этанол и диоксид углерода, последний при обминках и разделке теста почти полностью удаляется. Однако созданная ими пористая структура полуфабриката сохраняется. Тесто становится разрыхленным, значительно увеличивается в объеме. Созревание

и разрыхление теста происходят не только при его брожении, но и в процессе разделки, расстойки и в первые минуты выпечки, так как по температурным условиям брожение на этих стадиях продолжается.

Созревание теста основано на коллоидных, биохимических и микробиологических процессах.

#### 7.4.2. Коллоидные процессы

При брожении теста наряду с физическими процессами протекают коллоидные. В тесте после замеса продолжается интенсивное набухание коллоидов, набухание и пептизация белковых веществ муки.

Состояние белковых веществ значительно изменяется под действием кислот, спирта, ферментов, активаторов протеолиза, влаги, улучшителей и др. Один из наиболее важных факторов — наличие кислот, которые интенсифицируют как набухание, так и пептизацию белковых веществ. Под действием кислот и спирта увеличивается гидрофильность коллоидов теста. Набухание белков теста может происходить с различной интенсивностью в зависимости от «силы» муки. В тесте из «сильной» муки этот процесс протекает медленно, белки набухают ограниченно и к концу брожения практически прекращают набухать. Ограниченное набухание белков в тесте приводит к уменьшению жирности теста и улучшению его физических свойств. Обминка теста из «сильной» муки способствует ускорению процессов набухания белков и улучшению физических свойств теста. В тесте из «слабой» муки белки теста структурно малопрочны, да к тому же они ослаблены протеолизом, поэтому набухание белков в таком тесте происходит очень быстро. Белки набухают неограниченно и частично пептизируются. Это приводит к быстрому увеличению доли жидкой фазы в тесте и к разжижению теста, что ухудшает его физические свойства.

Под действием кислот снижается масса отмываемой из теста клейковины, возрастает количество водорастворимого азота.

На клейковину муки свободные жирные кислоты муки оказывают сильное укрепляющее действие. С уменьшением длины углеводной цепочки жирных кислот и увеличением степени их непредельности укрепляющее действие на клейковину усиливается. *Цис*-изомеры ненасыщенных жирных кислот оказывают более сильное укрепляющее действие, чем *транс*-изомеры. Метилловые, этиловые и глицериновые эфиры жирных кислот укрепляющего действия на клейковину не оказывают.

Такое действие кислот на клейковину объясняют наличием в их составе двойных связей, гидрофобным взаимодействием кислот с белками или окислением ненасыщенными жирными кислотами сульфгидрильных групп в соседних макромолекулах клейковинного белка, в результате чего возможно их «сшивание» через

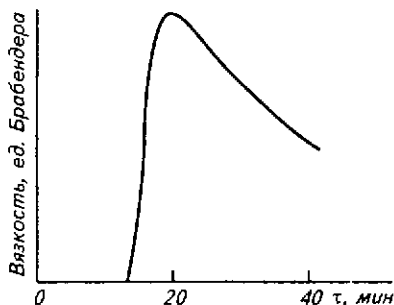
дисульфидные мостики, что усиливает жесткость всего клейковинного комплекса.

Белковые вещества под действием протеолитических ферментов муки, микроорганизмов и глутатиона дрожжей подвергаются протеолизу. Продукты гидролиза белковых веществ (полипептиды, пептиды, аминокислоты) необходимы для жизнедеятельности дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий, а также для протекания реакции меланоидинообразования.

Крахмальные зерна в муке имеют кристаллическую структуру, они нерастворимы в холодной воде, но могут обратнo впитывать влагу и легко набухать. При повышении температуры увеличивается колебание крахмальных молекул, разрушаются межмолекулярные связи, что приводит к освобождению мест связывания для взаимодействия крахмала с молекулами воды через водородные связи. При дальнейшем нагревании (при приготовлении заварок, выпечке) в присутствии воды происходит переход крахмальных зерен из кристаллического состояния в аморфное и крахмальные зерна теряют четкие очертания. Температуру, при которой происходит разрушение внутренней структуры крахмальных зерен, называют *температурой клейстеризации*. В процессе клейстеризации зерна крахмала набухают очень сильно. Изменение вязкости в процессе клейстеризации крахмальной суспензии показано на рис. 7.7. При набухании крахмальных зерен кривая резко поднимается вверх. Затем набухшие крахмальные зерна разрываются и дилептизируются, поэтому вязкость суспензии резко снижается.

Клейстеризация крахмала, вязкость крахмальных растворов зависят также от присутствия в них таких веществ, как сахар, белки, жиры, пищевые кислоты и вода. Агенты, связывающие воду, тормозят клейстеризацию крахмала, поскольку они уменьшают количество воды, доступное для участия в клейстеризации. Жиры, образующие комплексы с амилозой, тормозят набухание крахмальных зерен. Моноацилглицериды жирных кислот ( $C_{16}-C_{18}$ ) приводят к увеличению температуры клейстеризации. Это связано с тем, что компоненты жирных кислот в моноацилглицеридах могут образовывать соединения с амилозой, а также с амилопектином (рис. 7.8). Образование этих комплексов препятствует доступу воды в крахмальные гранулы. Значение активной кислотности теста (pH) лежит в пределах 4—6, соответствующие концентрации  $H^+$  не оказывают значительного влияния на набухание крахмала и его клейстеризацию.

Рис. 7.7. Изменение вязкости крахмальной суспензии в процессе клейстеризации



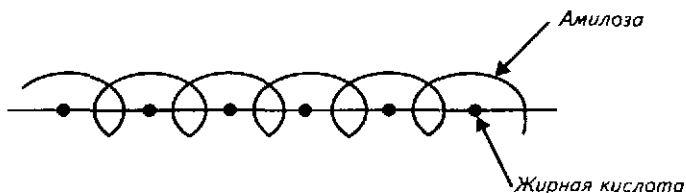


Рис. 7.8. Образование комплексов амилозы с жирными кислотами

Для пшеничного теста большое значение имеет взаимодействие белка с крахмалом с точки зрения формирования структуры теста, которая, в свою очередь, связана с образованием клейковины, клейстеризацией крахмала и денатурацией белка.

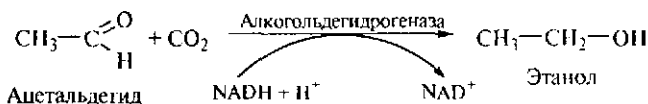
### 7.4.3. Микробиологические процессы

Основные микробиологические процессы — это спиртовое и молочнокислое брожение.

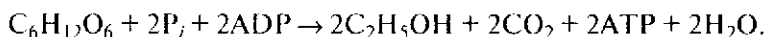
**Спиртовое брожение.** Осуществляется дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжеподобными микроорганизмами (*Monilia*, *Oidium* и др.), а также некоторыми микромицетами. В технологии хлеба этот сложный процесс протекает в несколько стадий, под воздействием *Saccharomyces cerevisiae* при участии многочисленных ферментов. Превращение пирувата в этанол идет в двух последовательных реакциях. В первой происходит его декарбоксилирование:



Реакция необратима, она катализируется пируватдекарбоксилазой, содержащей в качестве кофермента тиаминпирофосфат (TPP). Декарбоксилирование пирувата осуществляется через ряд промежуточных реакций. На последнем этапе оксиэтильная группа отщепляется от TPP в виде свободного ацетальдегида. Вторая реакция заключается в восстановлении ацетальдегида в этанол за счет восстановления никотинамидадениндинуклеотида (NADH):



Суммарная реакция спиртового брожения имеет вид:



В это уравнение не входят NADH и NAD<sup>+</sup>, так как образованный в процессе гликолиза NADH вновь превращается в NAD<sup>+</sup> в результате восстановления уксусного альдегида в этанол. Такая регенерация NAD<sup>+</sup> поддерживает в анаэробных условиях непрерывное течение гликолитического процесса. Если бы этого не происходило, то гликолиз не мог бы идти дальше образования глицеральдегид-3-фосфата и, следовательно, невозможно было бы образование ATP.

При спиртовом брожении, вызываемом дрожжами, используются гексозы; пентозы не сбраживаются. Легче всего дрожжи сбраживают глюкозу и фруктозу, значительно труднее — маннозу и особенно галактозу. Сахароза и мальтоза сбраживаются только после предварительного гидролиза до гексоз, осуществляемого β-фруктофуранозидазой и α-глюкозидазой соответственно. Лактозу сбраживают только особые дрожжи *Saccharomyces fragilis*, содержащие β-галактозидазу, которая гидролизует этот дисахарид с образованием глюкозы и галактозы. Дрожжи сбраживают весьма высокие концентрации сахара, достигающие 60 %, и накапливают в среде 10—15 % этанола. Высокмолекулярные полисахариды (крахмал, инулин, гемицеллюлозы, целлюлоза) и продукты их неполного гидролиза не сбраживаются дрожжами, поскольку они не способны проникать через клеточные мембраны, а сами дрожжи не синтезируют ферменты, которые могли бы выделиться в окружающую среду и осуществить гидролиз этих полисахаридов до сбраживаемых сахаров.

Брожение начинается уже при замесе теста. В первые 1—1,5 ч дрожжи сбраживают собственные сахара муки — глюкозу, фруктозу; пентозы не сбраживаются. Мальтозу, которая образуется под воздействием фермента β-амилазы на крахмал, дрожжи сбраживают после гидролиза ее ферментом дрожжей — α-глюкозидазой — на 2 молекулы глюкозы. Установлено, что пока концентрация глюкозы в среде не упадет до 0,2...0,6 %, мальтоза дрожжами не сбраживается. Глюкоза активирует «мальтозимазную» репрессивную систему, ингибирующую синтез мальтазы (α-глюкозидазы). Сбраживание мальтозы начинается, как правило, только после *лаг*-периода; дисахарид проникает в клетку с помощью пермеаз.

Наличие *лаг*-периода обусловлено тем, что индуцирование фермента α-глюкозидазы требует некоторого времени. Таков характер спиртового брожения в безопарном тесте.

При опарном способе приготовления теста дрожжевые клетки начинают свою жизнедеятельность в опаре — полуфабрикате, в котором сбраживаемыми сахарами служат собственные са-

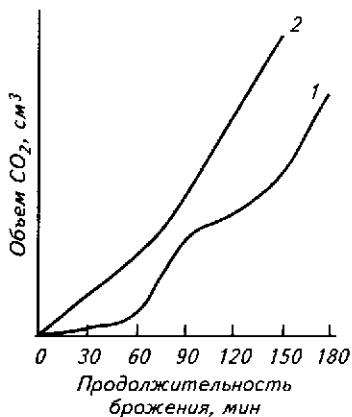


Рис. 7.9. Динамика газообразования в приготовленном тесте безопарным (1) и опарным (2) способами

хара муки и образующаяся мальтоза. Следовательно, создаются условия, обеспечивающие индукцию фермента  $\alpha$ -глюкозидазы в дрожевой клетке. После замеса теста на опаре дрожжи уже адаптированы и имеют повышенную мальтазную активность, поэтому газообразование в тесте идет равномерно (рис. 7.9).

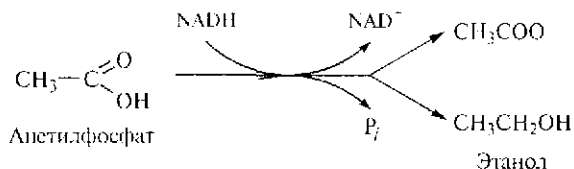
Интенсивность спиртового брожения зависит от количества дрожжей и их бродильной активности, температуры, рецептуры, влажности теста, степени обработки теста, дозировки и вида улучшителей. Так, с повышением температуры с 26 до 35 °С интенсивность газообразования возрастает в 2 раза. Интенсивный замес теста ускоряет брожение на 20—60 %.

Значительное влияние на процесс брожения оказывает наличие в полуфабрикатах растворимых форм азота, минеральных соединений и витаминов, необходимых дрожжам. Оптимум рН спиртового брожения 4—6.

**Молочнокислое брожение.** Отличается от спиртового тем, что пируват не декарбоксилируется, как при спиртовом брожении, а непосредственно восстанавливается лактатдегидрогеназой при участии NADH. Молочнокислое брожение вызывают молочнокислые бактерии родов *Lactobacillus* и *Lactococcus*. Они представляют собой факультативные анаэробы, т. е. способны осуществлять свою жизнедеятельность в присутствии кислорода воздуха. В их клетках отсутствуют цитохромы и каталаза.

Известны две группы этих бактерий. В одну из них входят гомоферментативные бактерии, которые образуют только молочную кислоту. Некоторые бактерии образуют ее не менее 90 % от количества всех продуктов брожения. Особенно большое количество молочной кислоты накапливают термофильные бактерии, например *Terrobacterium cereale*. Микроорганизмы второй группы (гетероферментативные) кроме молочной кислоты образуют уксусную кислоту, этанол и диоксид углерода. При гетероферментативном брожении катаболизм глюкозы до глицеральдегид-3-фосфата протекает по фосфоглюконатному пути. Глицеральдегид-3-фосфат превращается в пируват, а затем в молочную кислоту. Брожение сопровождается образованием апетилфосфата. Образовавшийся ангидрид уксусной и фосфорной кислот превращается в уксусную кислоту или восстанавливается в этанол:





В пшеничных полуфабрикатах хлебопекарного производства наиболее активны мезофильные молочнокислые бактерии с температурой их действия 30—37 °С.

Молочнокислое брожение особенно интенсивно протекает в тесте из ржаной муки. При созревании ржаного теста основным видом брожения является молочнокислое, при котором накапливается как молочная, так и уксусная кислоты. Благодаря тому что в ржаной закваске наряду с молочнокислыми бактериями присутствуют и дрожжевые клетки (причем эти микроорганизмы проявляют свою жизнедеятельность в условиях симбиоза), в ржаном тесте протекает также и спиртовое брожение.

На интенсивность молочнокислого брожения влияют температура и влажность полуфабрикатов, дозировка закваски или других продуктов, содержащих МКБ, состав кислотообразующей микрофлоры, интенсивность замеса теста. Отмечено, что молочнокислое брожение протекает более интенсивно в полуфабрикатах густой консистенции. В процессе брожения кислотность полуфабрикатов возрастает.

В пшеничное тесто молочнокислые бактерии попадают с мукой, дрожжами, молочной сывороткой и др.

Активная кислотность (рН) пшеничного теста в конце брожения равна 4,8—5,6 (у ржаного — 3,5—4,5). Кислотность готовых изделий не должна превышать норму, предусмотренную стандартом.

Кислотность — объективный показатель готовности полуфабрикатов.

В пшеничном тесте доля молочной кислоты составляет около 70 %, а летучих кислот (уксусная, муравьиная и пропионовая) — 30 % от общего количества кислот. В результате брожения в небольшом количестве образуются и другие кислоты: масляная, валериановая, яблочная, винная. Летучие кислоты наряду с другими соединениями формируют аромат хлеба и его вкус.

В ржаном тесте доля молочной кислоты составляет 60, а летучих — около 40 %, так как более интенсивно идет гетероферментативное брожение. При низком содержании летучих кислот хлеб кажется пресным, при повышенном — кислым.

При брожении пшеничных полуфабрикатов часть гексоз затрачивается на увеличение дрожжевой массы при размножении дрожжей в опаре и заквасках. На интенсивность размножения дрожжей влияют исходное количество дрожжей, консистенция полуфабриката, его температура, массовая доля влаги и содержание питатель-

ных веществ, необходимых клетке. Чем меньше начальное количество дрожжей, тем быстрее идет их размножение. В густых полуфабрикатах дрожжи размножаются медленнее, чем в жидких, так как обмен веществ в густой среде затруднен. Период генерации дрожжей в хлебопекарных полуфабрикатах составляет 2,0—2,5 ч. При содержании в тесте 2 % дрожжей и более размножения дрожжей практически не происходит.

#### **7.4.4. Биохимические процессы**

Спиртовое и молочнокислое брожение являются результатом многих сложных химических и биохимических превращений, протекающих под действием ферментов муки, дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий.

Крахмал при брожении теста частично осахаривается, превращаясь под действием  $\beta$ -амилазы муки в мальтозу. Мальтоза  $\alpha$ -глюкозидазой дрожжей гидролизуется на две молекулы глюкозы. Глюкоза зимазным комплексом дрожжей превращается в этанол и диоксид углерода. Высокомолекулярные пентозаны под действием соответствующих ферментов муки также подвергаются гидролизу.

Белковые вещества частично гидролизуются под действием протеолитических ферментов муки, дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий. Протеолиз в тесте из муки нормального качества идет медленно, и в основном изменяется структура белковой молекулы. Гидролиз белков до аминокислот практически не происходит. В тесте из сильной муки частичный гидролиз способствует улучшению реологических свойств теста. Протеолиз в тесте необходим также для обеспечения реакции меланоидинообразования. Интенсивность протеолитических процессов не должна превышать оптимума, особенно при переработке слабой муки. Дезагрегация белков, в том числе клейковинных, такой муки приводит к их неограниченному набуханию и пептизации. Доля жидкой фазы в объеме теста увеличивается, в результате чего тесто разжижается и механическая его разделка и формование чрезвычайно затрудняются. Тестовые заготовки из такого теста расплываются, что отрицательно сказывается на показателях качества готовых изделий. В этих случаях необходимо применять ингибиторы протеолитических ферментов, в качестве которых используют улучшители окислительного действия и специальные технологические приемы. Определенную роль в ингибировании протеаз играет пищевая поваренная соль.

Липиды претерпевают превращения из-за ферментативного гидролиза липазами и окисления продуктов гидролиза липоксигеназой в присутствии кислорода воздуха. Глубина и интенсивность этих процессов зависят от химического состава липидов, рецептурных компонентов, массовой доли влаги, активности ферментов, наличия кислорода воздуха и др.

### **7.4.5. Влияние температуры на созревание теста**

Интенсивность биохимических, микробиологических и коллоидных процессов, происходящих в хлебопекарных полуфабрикатах, зависит в первую очередь от температуры. Так, наиболее благоприятной температурой для набухания клейковинных белков является температура 20—30 °С; для размножения дрожжевых клеток 30 °С, термофильных молочнокислых бактерий (при производстве жидких дрожжей) 48—54 °С, оптимальная температура для спиртового брожения 32—34 °С.

Повышение температуры теста до 35 °С усиливает действие амилолитических и протеолитических ферментов, повышает степень дезагрегации крахмала и белковых веществ, увеличивает скорость процессов набухания и пептизации коллоидов муки, что ведет к ухудшению реологических свойств теста как в начале, так и в конце брожения. Поэтому повышать температуру теста до 34 °С рекомендуется при приготовлении его из сильной муки или в ускоренных способах. Тесто из слабой муки целесообразно замешивать при начальной температуре не выше 28 °С. С повышением температуры интенсифицируются процессы спиртового и молочнокислого брожения.

Для обеспечения заданной температуры теста рассчитывают температуру воды, необходимой на замес, с учетом расхода муки, массы основного и дополнительного сырья, температуры сырья и опары и их удельной теплоемкости. Основными компонентами теста являются мука и вода [удельная теплоемкость воды равна 4,186 кДж/(кг · К), муки при влажности 14,5 % — 2,025 кДж/(кг · К)].

При расчете температуры воды необходимо учитывать тепловую энергию, выделяющуюся при работе тестомесильных машин интенсивного действия, климатические условия и температурные параметры тестоприготовительного цеха.

### **7.4.6. Регулирование процессов созревания теста**

Усиление механической обработки теста при замесе, особенно в сочетании с улучшителями окислительного действия, является эффективным средством ускорения процесса созревания пшеничного теста. Это средство может быть использовано для значительного сокращения периода брожения теста до его разделки или для существенного улучшения качества хлеба при сохранении обычной длительности процесса брожения теста.

Существует также химический путь ускорения созревания теста: использование химических ускорителей процесса созревания теста (например, смесь цистеина, порошка из сыворотки и бромата или йодата калия) в сочетании с окислителями и восстановителями;

добавление органических кислот в сочетании с увеличенным количеством прессованных дрожжей (2—3 %) при усиленном или удлинённом замесе и повышенной температуре (32—33 °С) теста. Тесто подают сразу на разделку;

добавление ПАВ. Внесение в тесто жиров и пищевых ПАВ улучшает качество хлеба и продлевает период сохранения его свежести, ускоряет образование теста при замесе и его последующее созревание.

Хлеб из теста, приготовленного любым ускоренным способом, не должен по показателям качества уступать хлебу, приготовленному классическим способом.

В практике работы хлебопекарных предприятий может возникнуть необходимость ускорить процессы брожения в полуфабрикатах или, наоборот, замедлить их на некоторое время. Интенсификация брожения теста необходима после перерыва в работе, при снижении температуры цеха, при переработке сильной муки. Для этого увеличивают дозировку дрожжей, повышают температуру полуфабрикатов, добавляют при замесе порцию спелого теста или различные закваски. Брожение теста также ускоряется при введении улучшителей — неферментированного солода, заварок, фосфорнокислых солей и азотсодержащих ферментных препаратов. В жаркое время года процесс накопления кислот в полуфабрикатах происходит слишком быстро и его необходимо замедлять. При внезапных перерывах в работе полуфабрикаты консервируют. Особое значение имеет консервирование опар, заквасок, жидких дрожжей на 4...6 ч при двухсменной работе производства.

Для замедления брожения полуфабрикатов (пшеничных), а также для консервации их на несколько часов добавляют поваренную соль и гидрокарбонат натрия (двууглекислую соду) и резко снижают температуру. Поваренная соль значительно тормозит жизнедеятельность микрофлоры, а следовательно, задерживает все виды брожения в полуфабрикатах. В то же время соль существенно влияет на состояние белково-протеинозного комплекса муки: снижает активность протеолитических ферментов и уплотняет структуру белков, задерживая в целом их протеолиз.

Гидрокарбонат натрия рекомендуется применять для снижения кислотности пшеничных полуфабрикатов в дозировке 0,3—0,5 % от массы муки в них. Сода нейтрализует кислоты, содержащиеся в полуфабрикатах, и кроме того, повышая рН среды, тормозит процесс спиртового брожения. Добавление соды в указанной выше дозировке позволит сохранить нормальную кислотность в пшеничных полуфабрикатах только в том случае, если они бродят на 3—6 ч дольше обычного.

Охлаждение полуфабрикатов,готавливаемых в емкостях без теплообменных устройств, технически затруднено. В холодное время года для охлаждения полуфабрикатов снижают температуру

производственного помещения, летом опару или закваски зал авают холодной водопроводной водой.

При двухсменной работе предприятия на жидких дрожжах или заквасках снижают их температуру или оставляют в бродильной емкости небольшое количество питательной смеси для дрожжей. В таких условиях резко уменьшается количество бродильной микрофлоры, в результате чего все микробиологические процессы приостанавливаются.

## 7.5. ОБМИНКА ТЕСТА

При порционном приготовлении пшеничного теста в тестомесильных машинах периодического действия с подкатными дежами тесто целесообразно подвергать обминке.

*Обминка теста* — кратковременное (обычно 1,5—2,5-минутное) перемешивание теста в период брожения, цель которого — улучшение структурно-механических свойств теста (получение наибольшего объема хлеба с мелкой, тонкостенной и равномерной пористостью мякиша).

Пшеничное тесто обычно подвергают одной-двум обминкам.

Число и длительность обминок зависят от ряда факторов:

чем сильнее мука, тем больше должно быть число и длительность обминок, чем слабее мука — тем меньше обминок (или вообще исключены);

чем длительнее брожение теста, тем больше должно быть обминок;

чем больше выход муки, тем меньше обминок должно применяться. Так, например, тесто из пшеничной муки второго сорта обычно обминают один раз. Тесто из обойной муки, как правило, вообще не подвергают обминке.

При необходимости одной обминки теста ее обычно проводят по истечении примерно  $2/3$  общей длительности брожения теста. При большем числе обминок последнюю обминку следует проводить не позднее чем за 20 мин до начала разделки теста.

Улучшение структуры пористости мякиша изделий в результате обминок теста вызвано тем, что относительно более крупные газовые пузырьки в тесте как бы дробятся на более мелкие и равномернее распределяются в массе обминаемого теста. Повторный промес теста при его обминке, так же как и начальный замес теста, связан с захватом воздуха, а следовательно, с образованием в тесте новых, дополнительных газовых пузырьков — «зародышей» будущих пор в мякише хлеба. Дополнительное насыщение теста пузырьками захваченного воздуха вызывает и дополнительное окислительное воздействие на компоненты белково-протеинового комплекса теста, способствуя улучшению его структурно-механических свойств.

В некоторых новых технологических схемах пшеничное тесто сразу после замеса или через 15—20 мин брожения в тестоспуске над делителем направляют на разделку. В этом случае обминку теста не проводят. В отдельных схемах (в том числе американских и английских) отсутствие обминки теста в какой-то мере компенсируется усиленной дополнительной механической обработкой уже замешенного теста с обязательным внесением в него улучшителей окислительного действия.

Обминка теста практически отсутствует при приготовлении теста в отдельных отечественных бездрожевых агрегатах (бункерных и ХТР).

## 7.6. СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

### 7.6.1. Безопарный способ

Тесто замешивают в один прием из всей массы сырья, предусмотренного рецептурой, и воды (табл. 7.2).

#### 7.2. Рецептура приготовления теста

Рецептура и режим	Расход сырья
Мука пшеничная хлебопекарная, кг	100
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	По рецептуре
Соль поваренная пищевая, кг	По рецептуре
Вода, кг	По расчету
Дополнительное сырье, кг	По рецептуре

Режим приготовления теста приведен ниже.

Влажность, %, не более	$W_T = W_{хл} + (0,5...1,0)$
Начальная температура, °С	28...32
Конечная кислотность, град	$K_{холеч} = K_{хл} + 0,5$
Продолжительность брожения, мин	120...240

Безопарный способ приготовления теста рекомендуется применять при выработке булочных и слобных изделий из пшеничной муки высшего и первого сортов.

Тесто для булочных и слобных изделий безопарным способом готовят как непрерывно, так и порционно. Непрерывный способ рекомендуется использовать при выработке булочных изделий, порционный — при выработке булочных и слобных изделий.

Тесто готовят с повышенным расходом дрожжей (1,5—2,5 % к общей массе муки). Увеличение расхода объясняется тем, что

для жизнедеятельности дрожжей в тесте создаются худшие условия, чем в опаре (густая среда, наличие соли и др.), а разрыхление теста должно быть достигнуто за сравнительно короткий срок (2—3 ч).

Для уменьшения расхода дрожжей и улучшения вкусовых свойств изделия дрожжи перед замесом безопарного теста обычно активируют. Через 50—60 мин после замеса тесто рекомендуется обминать. При приготовлении безопарного теста обминка имеет большее технологическое значение, чем для теста, приготовленного на опаре. В тесте, приготовленном безопарным способом, содержится меньше кислот, ароматообразующих и вкусовых веществ, чем в тесте, приготовленном на опаре. Микробиологические, коллоидные и биохимические процессы в безопарном тесте протекают менее интенсивно вследствие густой консистенции теста и более короткого цикла брожения.

### **7.6.2. Опарный способ**

Пшеничное тесто готовят на жидкой или густой опаре как порционным, так и непрерывным способами в агрегатах различной конструкции.

Действующие рецептуры на хлебобулочные изделия рассчитаны на применение прессованных дрожжей, соответствующих требованиям стандарта. Количество дрожжей можно изменять в зависимости от их подъемной силы, качества муки и условий работы производства.

На предприятиях в соответствии с принятым способом приготовления теста устанавливают технологический режим тестоведения и рассчитывают рецептуру опары и теста.

Влажность пшеничного теста выше влажности мякиша готовых изделий на 0,5—1 %: для сдобных изделий влажность теста равна влажности мякиша изделия; для булочных она выше влажности мякиша изделия на 0,5 %.

**Порционный способ приготовления теста на густой опаре.** Количество муки в опаре можно изменять в зависимости от хлебопекарных свойств муки, условий работы данного предприятия и времени года.

Температуру воды для приготовления опары рассчитывают с учетом температур муки и помещения, а также количества муки и ее хлебопекарных достоинств.

Густую опару рекомендуется готовить с увеличенным количеством муки (60—70 %). Особенностью этого способа является интенсивный замес опары и теста. Продолжительность брожения опары до 4,5—5,5 ч, теста до 40 мин.

Температура опары или теста к концу замеса повышается на 1—2 °С.

Готовность опары определяют по кислотности и по органолептическим показателям. Так, к концу брожения опары увеличивается в объеме в 1,5—2 раза. затем наступает момент, когда она начинает опадать. Этот момент считают одним из факторов готовности опары.

Для улучшения качества готовых изделий, особенно из пшеничной муки пониженных хлебопекарных достоинств, целесообразно применять различные улучшители.

Для приготовления теста в дежах готовую опару тщательно перемешивают с водой и дополнительным сырьем, а затем вносят муку и вновь перемешивают. После интенсивного замеса продолжительность брожения теста составляет 40 мин. Готовность теста определяют по его кислотности, установленной технологическим режимом в зависимости от кислотности готовых изделий по стандарту, верхний предел которой на 0,5 град выше или равен кислотности мякиша, а нижний — равен или на 0,5 град ниже.

По органолептическим показателям готовое тесто должно быть разрыхленным, на ощупь эластичным, иметь характерный запах.

**Непрерывный способ приготовления теста на густой опаре в бункерном агрегате.** Приготовление теста на густой опаре в бункерных агрегатах с секционной емкостью для брожения опары позволяет комплексно механизировать процесс. Отсутствие специальных емкостей для брожения теста позволяет легко переходить с выработки одного вида изделий на другой, разнообразить ассортимент выпечаемых хлебобулочных изделий.

Сущность данного способа приготовления пшеничного теста состоит в следующем.

Опару готовят из 65—70 % муки от всей массы, расходуемой на приготовление теста. Ее влажность 42—44 %. Брожение опары протекает в секционном бункере в течение 4—5 ч. При замесе теста вносят опару, 35—30 % муки, воду, солевой раствор и другие ингредиенты. Тесто подвергают дополнительной механической обработке и после 20—25-минутного брожения направляют на разделку.

Способ и аппаратурную схему приготовления теста выбирают в соответствии с планируемым ассортиментом продукции, объемом производства, имеющимся оборудованием, климатическими условиями и другими факторами.

Для массовых сортов хлеба из пшеничной муки первого и второго сортов целесообразно готовить тесто на жидких опарах с использованием непрерывных или непрерывно-периодических аппаратурных схем, а для массовых сортов хлеба и булочных изделий из муки первого и высшего сортов — на больших густых (65—70 % муки), традиционных (50 % муки) опарах, а также безопарным или ускоренными способами. При этом непрерывные аппаратурные схемы, в частности включающие агрегаты И8-ХГА/12(6), рекомендуется использовать при работе на высокомеханизирован-



ных линиях со сравнительно небольшим (один—пять сортов) ассортиментом продукции из муки одного сорта.

Необходимо иметь в виду, что в регионах с жарким климатом целесообразно использовать ускоренные способы, особенно с применением подкисляющих средств: жидких дрожжей, молочной сыворотки, мезофильных молочнокислых заквасок, концентрированной молочнокислой закваски и др., либо готовить тесто на жидких опарах, которые легче поддаются охлаждению. Применение подкислителей в летний период снижает вероятность заболевания хлебобулочных изделий картофельной болезнью.

Большие густые и традиционные густые опары, особенно с использованием непрерывных аппаратурных схем (т), агрегатов И8-ХТА/12(6) и др. можно рекомендовать для получения массовых сортов хлеба в средней полосе и северных регионах РФ.

Тесто для слобных и мелкоштучных изделий из муки первого и высшего сортов можно готовить любым из перечисленных способов. При выработке широкого ассортимента изделий с частыми переходами с одного сорта на другой наиболее целесообразно использовать ускоренные способы приготовления теста.

При двухсменном режиме работы предприятия лучше использовать либо жидкие опары с периодическим приготовлением полуфабрикатов, либо ускоренные (безопарные) способы тестоприготовления.

Для ускорения процессов приготовления теста, а также повышения пищевой ценности готовых изделий рекомендуется использовать молочную сыворотку в дозировке 5—20 % к массе муки в тесте. Внесение молочной сыворотки проводят в соответствии с Технологическими рекомендациями по применению молочной сыворотки и сывороточных концентратов в хлебопекарной промышленности.

### ***7.6.3. Преимущества и недостатки безопарного и опарного способов приготовления теста***

При сравнении отдельных способов приготовления теста учитывают такие факторы, как качество готовых изделий, универсальность способа, его экономичность, возможность регулировать технологический процесс и переходить от выработки одного изделия к другому, а также аппаратурное оформление технологической схемы.

Опарный способ приготовления теста по сравнению с безопарным более сложен и трудоемок. Однако наличие опары позволяет стабилизировать технологический процесс и активировать дрожжи. Наибольшее распространение получил способ приготовления теста на густой опаре. Этот способ универсален. На густых опарах готовят все виды хлеба, булочных, слобных и бараночных изде-

лий, в то время как другие виды опар применяют лишь для определенных групп продукции.

Опарному способу присуща большая технологическая гибкость. Регулируя должным образом режим приготовления опары и теста на опаре, легче предупредить дефекты хлеба, перерабатывая муку с низкими хлебопекарными свойствами. Тесто, приготовленное на опаре, обладает при прочих равных условиях лучшими структурно-механическими свойствами.

Качество изделий, выработанных на густой опаре, в большинстве случаев более высокое. Изделия имеют лучший вкус и аромат, более эластичный мякиш. Расход дрожжей при опарном способе приготовления теста в 2—3 раза ниже, чем при безопарном.

Особенно эффективен вариант приготовления теста на большой густой опаре с сокращенным периодом брожения. По сравнению с традиционным опарным способом при приготовлении теста на большой густой опаре несколько сокращается (на 10—15 %) потребность в бродительных емкостях. Сахар, добавленный в тесто, сбраживается в меньшей степени, так как тесто бродит всего 25—40 мин. Общие затраты СВ муки на брожение уменьшаются примерно на 0,3 %. Тесто имеет большую однородность и плотность, что повышает точность его деления.

При подобной технологии облегчается переход от выработки одного изделия к другому, так как брожению подвергается небольшая масса теста, которая перерабатывается за 30—40 мин.

Хлебулочные изделия из сортовой муки, приготовленные на больших густых опарах, отличаются высоким качеством.

Использование жидких опар вместо густых имеет определенные преимущества. Так, в жидких опарах на 0,7—0,9 % уменьшаются затраты сухих веществ муки на брожение. Дрожжи в жидких опарах более активны, так как для обмена веществ в дрожжевой клетке создаются лучшие условия. Ферменты в жидкой среде действуют более активно. Жидкие опары легче транспортировать и дозировать, что создает предпосылки для комплексной механизации процесса.

При приготовлении жидких опар легко регулировать процесс их созревания, охлаждая или нагревая массу или добавляя различные улучшители. Жидкие опары закисают медленнее, чем густые, поэтому лучше сохраняются.

Преимущества безопарного способа приготовления теста по сравнению с опарным сводятся к следующему. Значительно (на 50—65 %) сокращается цикл приготовления теста, а следовательно, уменьшается потребность в производственных площадях и бродительных емкостях. Затраты сухих веществ на брожение при безопарном способе снижаются примерно на 1,2 %, что сокращает расход муки и увеличивает выход изделий. При безопарном способе в 2 раза сокращается число тестомесильных ма-

шин и дозаторов, повышается производительность труда, облегчается комплексная механизация процесса и улучшаются условия труда.

#### **7.6.4. Ускоренные способы**

Сущность ускоренных способов приготовления теста — интенсификация микробиологических, коллоидных и биохимических процессов, происходящих при созревании теста, в результате:

усиленной механической обработки теста при замесе;

использования подкисляющих или активированных полуфабрикатов;

повышения температуры теста;

увеличения дозировки биологических разрыхлителей.

Преимущества ускоренных способов — сокращение до минимума числа емкостей для брожения теста, возможность работы предприятий в две смены и с неполной рабочей неделей, снижение затрат муки при брожении, повышение культуры производства и т. д.

Ускоренные способы целесообразно применять при выработке хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего и первого сортов. Среди ускоренных способов различают: приготовление теста на молочной сыворотке, на концентрированной молочнокислой закваске, на органических кислотах, на жидком диспергированном полуфабрикате, с добавлением яблочного шпоре, белково-жировой композиции, чечевичной муки и др.

**Приготовление теста на молочной сыворотке.** Молочную сыворотку с увеличенным на 0,5—1,0 % количеством дрожжей вводят при усиленной механической обработке теста в процессе замеса в таком количестве, чтобы обеспечить требуемую кислотность готовых изделий. Она способствует повышению ферментативной активности дрожжей (путем обеспечения рациональной кислотности для их метаболизма сразу после замеса) и улучшения азотного питания. Для этого способа рекомендуется использовать натуральную молочную сыворотку или сывороточные концентраты.

Сывороточные концентраты применяют для производства изделий, в состав которых по рецептуре входит сахар, с целью замены 0,5—1,0 % его лактозой.

Аппаратурное оформление процесса такое же, как и при безопарном способе.

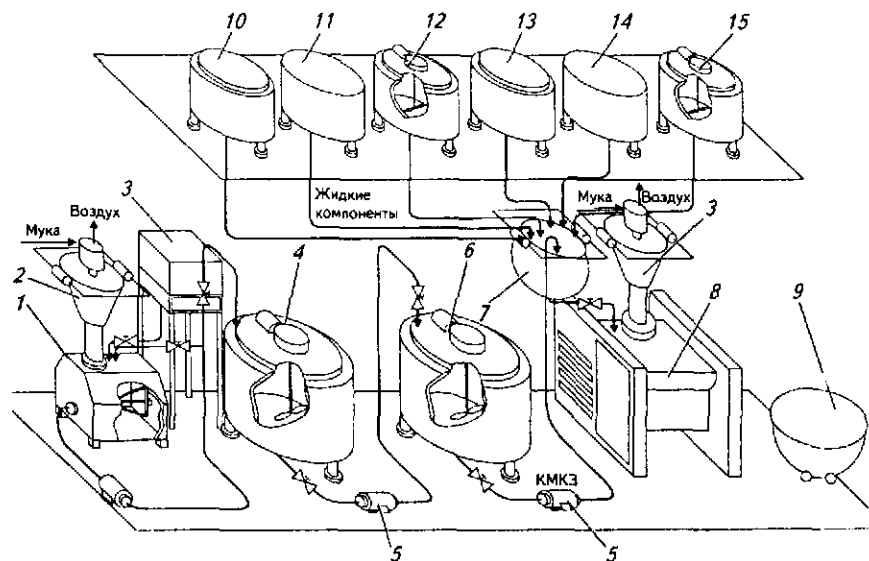
**Приготовление теста на концентрированной молочнокислой закваске.** Введение концентрированной молочнокислой закваски при замесе теста обеспечивает повышение кислотности теста и способствует быстрому протеканию коллоидных и биохимических процессов, а также активации жизнедеятельности дрожжей. Наличие предшественников вкуса и аромата в закваске позволяет получить хлеб высокого качества при сокращенной продолжительности

ти брожения теста. При выработке хлеба ускоренным способом на концентрированной молочнокислой закваске разрешено увеличить кислотность хлеба на 1 град.

При приготовлении теста в две стадии (закваска + тесто) расходуют 0,5—1,0 % прессованных или 10 % жидких дрожжей; в три стадии (закваска + опара + тесто) — 0,5—0,6 % прессованных дрожжей. В опаре сбраживается 60 % муки от общего ее расхода на замес теста, в том числе 5—10 % муки, вносимой с закваской. Температуру теста повышают на 2—3 °С.

На приготовление закваски расходуют 3—5 % муки, а на замес теста — 95—97 %. Продолжительность брожения теста 40—90 мин.

Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления теста из ржаной и смеси пшеничной и ржаной муки на концентрированной молочнокислой закваске влажностью 70 % приведена на рис. 7.10.



**Рис. 7.10.** Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления теста из ржаной и смеси пшеничной и ржаной муки на концентрированной молочнокислой закваске с массовой долей влаги 70 %:

1 — заварочная машина ХЗ-2М-300 для многократного смешивания компонентов; 2 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 3 — бачок водосолеподготовительный Ш2-ХДИ; 4 — чан дрожжевой РЗ-ХЧД с мешалкой и водяной рубашкой; 5 — насос ХНЛ-300; 6 — чан расходный для закваски; 7 — дозатор Ш2-ХД2-Б для жидких компонентов; 8 — тестомесильная машина Ш2-ХТ2-И; 9 — дежа Т1-ХТ2-Д; 10—15 — напорные бачки для жидких компонентов (слева направо): для горячей воды (10), холодной воды (11), дрожжевой суспензии (12), сахарного раствора (13), солевого раствора (14), жидкого жирового продукта (15)

**Приготовление теста с добавлением органических кислот.** При выработке мелкоштучных и булочных изделий целесообразно применение ускоренных способов приготовления теста, которые дают возможность сократить продолжительность брожения полуфабрикатов до минимума. Рекомендован ускоренный способ приготовления пшеничного теста с применением органических кислот.

Органические кислоты вносят в тесто при его замесе. Такой одностадийный способ приготовления теста позволяет получать хлебобулочные изделия за 2,5—3 ч. Для ускорения приготовления теста хлебопекарные прессованные дрожжи вносят в дозировке 3 % к массе муки в тесте, поддерживают температуру теста на уровне 33—35 °С и применяют интенсивную механическую обработку теста при замесе. Ниже приведена примерная рецептура и режим приготовления нарезных батонов по этому способу.

Пшеничная мука первого сорта, кг	100
Вода, дм <sup>3</sup>	По расчету
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	3,0
Соль, кг	1,3
Сахар, кг	5,0
Маргарин с массовой долей жира 82 %, кг	3,5
Кислота, кг:	
лимонная	0,15
яблочная	0,143
уксусная (80%-ной концентрации)	0,05
Температура теста в конце замеса, °С	33—35
Кислотность теста, град	3,3—3,5

Кроме того, для ускорения процесса приготовления хлебобулочных изделий вместо органических кислот можно использовать молочную сыворотку.

Существует модификация способа приготовления теста с добавлением органических кислот, согласно которой при замесе в тесто вносят все компоненты по рецептуре, при этом стадию брожения теста до его разделки исключают за счет введения органических кислот, увеличения дозировки дрожжей, повышения температуры теста, интенсивной механической обработки путем удлинения замеса с последующим пропусканием теста через шнековые устройства.

После замеса тесто делят на куски и формуют. Расстойку и выпечку хлеба проводят обычным путем.

При этом способе применяют пищевые кислоты: молочную, лимонную или яблочную в сочетании с уксусной. Доза вносимых кислот для каждого сорта хлеба зависит от кислотности муки, выхода теста и заданной кислотности теста.

Количество вносимых кислот (г):

$$G_k = m_k \frac{k(m_T K_T - m_M K_M) T}{C},$$

где  $m_k$  — масса кислоты, г;  $m_T$  — масса теста (определяется расчетным путем и уточняется при проведении пробной выпечки), г;  $k$  — коэффициент, выражающий долю вносимой кислоты к общему количеству кислот;  $K_T$  — заданная кислотность теста, град;  $m_M$  — масса муки, г;  $K_M$  — кислотность муки, град;  $T$  — титр кислоты, г/см<sup>3</sup> (молочной 0,09; лимонной 0,07; яблочной 0,067; уксусной 0,06);  $C$  — концентрация кислоты, %.

Для уксусной кислоты  $k_1 = 0,2-0,35$ ; для нелетучих кислот (молочная, лимонная, яблочная)  $k_2 = 0,65-0,8$ ;  $k_1 + k_2 = 1$ .

Следует учесть, что заданная кислотность теста должна быть на 0,5—0,7 град выше общей кислотности хлеба.

При порционном приготовлении теста желателен применять тестомесильные машины с двумя Z-образными лопастями, частота вращения которых 0,7 с<sup>-1</sup>.

Тесто после замеса подвергают отлежке в течение 20—40 мин, а затем направляют на разделку. Разделку, расстойку тестовых заготовок и их выпечку проводят обычным способом.

**Приготовление теста на жидком диспергированном полуфабрикате.** Диспергированный полуфабрикат — это смесь, состоящая из части муки, молочной сыворотки, воды и дополнительного сырья. На этом полуфабрикате готовят тесто для булочных и слобных изделий, в рецептуру которых входят молочные продукты. Продолжительность брожения теста 20—40 мин. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на жидком диспергированном полуфабрикате приведена на рис. 7.11.

В смеситель (диспергатор) дозируют все сырье, кроме муки и соли, молочную сыворотку, воду и дрожжи в дозировке на 0,5 % больше, чем по рецептуре, затем смесь в течение 5—8 мин диспергируют путем рециркуляции через насос до получения однородной суспензии.

Полученный полуфабрикат перекачивают в расходную емкость, где он бродит в течение 20—40 мин. На замес теста подают выброженный диспергированный полуфабрикат, солевой раствор и оставшуюся часть муки. После замеса тесто бродит в течение 20—40 мин.

**Приготовление теста с добавлением яблочного пюре.** Для улучшения качества изделий и экономии муки в качестве кислотосодержащего сырья используют яблочное пюре в количестве 24—32 %, а при замесе дополнительно вводят амилотический ферментный препарат в количестве 0,02—0,025 % и иодат калия в количестве 0,0006—0,0008 % от массы муки.

Способ приготовления булочных изделий с внесением яблочного пюре в качестве кислотосодержащего сырья предусматривает интенсивный замес теста из основных компонентов: пшенич-

ной муки, воды, дрожжей, соли, жира и сахара, разделку полученного теста, расстойку тестовых заготовок и выпечку изделий.

Эффект от совместного применения яблочного пюре, амилолитического ферментного препарата и иодата калия заключается в следующем. Молекулы пектина, находящиеся в виде свернутых в клубок нитей, при замесе теста в результате теплового движения и диссоциации изменяют свою конфигурацию, что способствует быстрому окислению пектина. Кроме того, происходит интенсивное окисление амилозы яблочного пюре и крахмала муки. Ферментный препарат амилолитического действия в присутствии пектина и амилозы интенсифицирует окисление крахмала иодатом калия, а также усиливает вкус и запах изделий. При гидролизе крахмала за счет появления большего числа точек для действия иодата калия и образования в крахмале альдегидных групп повышается реакционная способность фрагментов крахмала.

При окислении крахмала и амилозы пюре происходит их деструкция и окисление спиртовых и альдегидных групп, что значительно повышает реакционную способность этих полисахаридов.

Полисахариды, в том числе и окисленный пектин, вступают в физико-химическое взаимодействие с белковыми компонентами теста, обеспечивая совместно с ферментным препаратом амилолитического действия и органическими кислотами пюре благодаря их синергетическому действию, реологические свойства тесту, аналогичные созревшему. Это, в свою очередь, позволяет полностью исключить стадию брожения теста.

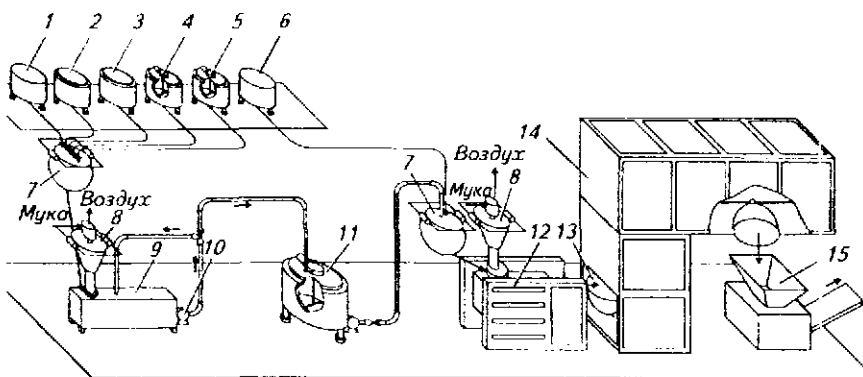


Рис. 7.11. Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления теста из пшеничной муки на жидком диспергированном полуфабрикате:

1 - 6 — напорные бачки соответственно для холодной и горячей воды, сахарного раствора, дрожжевой суспензии, жидкого жирового продукта, солевого раствора; 7 — дозатор Ш2-ХД2-Б для жидких компонентов; 8 — дозатор сыпучих компонентов Ш2-ХД2-А; 9 — ультразвуковой диспергатор; 10 — лопастной нагнетатель; 11 — чан РЗ-ХЧД с мешалкой и водяной рубашкой; 12 — тестомесильная машина Ш2-ХТ2-И; 13 — дежа Т1-ХТ2-Д; 14 — конвейер Ш2-ХББ для брожения теста; 15 — тестоделительная машина А2-ХТН

Кроме того, необходимая вязкость теста достигается за счет частичной диссоциации пектиновой молекулы, при этом каждая диссоциированная карбоксильная группа получает отрицательный заряд. Некоторые из них взаимодействуют с иодатом калия, а другие, близко расположенные к одноименно заряженным электрическим центрам, между которыми действуют силы отталкивания, выпрямляют спиральную молекулу, увеличивая ее линейные размеры и вязкость теста. Используемые дозировки компонентов обеспечивают именно то количество окисленных полисахаридных комплексов и диссоциированных молекул пектина, за счет которых достигается положительный эффект.

Кроме указанного эффект заключается еще и в том, что образовавшиеся полисахаридные комплексы, обладающие окислительным действием, резко снижают активность ферментов муки *o*-дифенилоксидазы и пероксидазы, поэтому фенольные соединения, а также ароматические амины яблочного пюре практически не окисляются. Кроме того, при указанных дозировках яблочного пюре создается та концентрация органических кислот, которая оказывает инактивирующее действие на *o*-дифенилоксидазу и пероксидазу муки.

**Приготовление пшеничного теста с добавлением белково-жировой композиции.** В настоящее время разработан способ приготовления хлеба и булочных изделий по интенсивной технологии с добавлением в качестве составных ингредиентов свиной шкурки и шквары, влияющих на ход технологического процесса, биотехнологические характеристики полуфабриката и качество готовых изделий.

Свиная шкурка после удаления наружного слоя (эпидермиса) представлена двумя слоями: дермой (средний слой) и подкожной клетчаткой. Дерма — соединительная ткань кожи, состоящая из жировой ткани, пучка коллагеновых волокон (промежутки между которыми заполнены межволоконным веществом) и эластина. Жировую ткань, разновидность соединительной ткани, называют подкожной клетчаткой.

Коллаген относится к волокнистым (фибрилярным) белкам. Растворимая фракция коллагена свиной шкурки может служить связующим веществом, а нерастворимая — структурообразователем.

Шквара образуется при перегонке говяжьего и свиного жирсырья. Наиболее ценную в пищевом отношении шквару получают на установках, обеспечивающих низкотемпературную (40—45 °С) вытопку жира. Шквара удаляется из жиромассы в некоагулированном состоянии. Общее содержание белка в ней составляет от 65 до 80 %, в состав которого входит от 22 до 24 % коллагена и от 19 до 30 % эластина. Содержание жира в шкваре колеблется от 5 до 20 %. Выход шквары составляет в среднем 10 % к массе свиного или говяжьего жирового сырья.



Принцип подготовки свиной шкурки и шквары основан на их воднотермической обработке при повышенной температуре.

В качестве исходного продукта используют шквару, полученную при мокром способе вытопки жира. Шквару предварительно смешивают с водой, разваривают в автоклавах и гомогенизируют. Наиболее рациональный режим обработки достигается при соотношении шквары и воды от 1:1 до 1:1,5, автоклавировании при давлении от 0,075 до 0,1 МПа в течение 45—60 мин и гомогенизации при частоте вращения рабочего органа от 84 до 100 с<sup>-1</sup> в течение 3—5 мин. Структура коллагеновых волокон разрушается, при этом повышается водосвязывающая способность коллагена, часть которого переходит в глютин. Последний частично гидролизует. В среде образуется слабый раствор глютина и продуктов его распада, обладающий эмульгирующим действием. Характеристика гомогенизированной шквары (ГШ) и белково-жировой композиции (БЖК) из свиной шкурки приведена в табл. 7.3.

**7.3. Характеристика гомогенизированной шквары и белково-жировой композиции из свиной шкурки**

Показатели	Добавки	
	ГШ	БЖК
Цвет	Белый	Белый
Консистенция	Пастообразная, однородная	Мазеобразная, однородная
Вкус	Пресный	Характерный для свиного жира
Содержание СВ, %	19,2—15,2	35—33
В том числе:		
жира	5,1—3,0	24,2—21,5
белка	6,0—3,4	10,8—11,5
Влажность, %	80,8—84,8	65—67
Зольность, %	0,4—0,32	0,16

Полученные композиции характеризуются новыми свойствами по сравнению с исходным сырьем. Жир с белками шквары и водой образует сложные структурные системы, в которых эти вещества играют роль связующего звена. Гомогенат шквары обладает эмульгирующими свойствами и в связи с этим проявляет свойства амфолитных ПАВ.

Белково-жировая композиция (БЖК) представляет собой тонкодисперсную нежирную массу. Значительная часть нерастворимого коллагена в результате разрыва пептидных связей его молекулы в процессе термической обработки в воде переходит в растворимое состояние. Наличие жировой фракции и водорастворимого коллагена обеспечивает такую консистенцию добавки.

При выработке хлеба гомогенизированную шквару вносят в качестве улучшителя и обогатителя в количестве 5—7 % к массе муки

в тесто при интенсивном его замесе. Использование гомогената шквары в указанной дозировке позволяет сократить период брожения в 1,3 раза, улучшить органолептические и физико-химические показатели изделий, снизить затраты на усушку, улучшить физические свойства мякиша и формоустойчивость подового хлеба на 8—10 %.

Применение белково-жировой композиции в дозировках от 4 до 17 % (при соотношении шкурки и воды 1:1,25) и от 5 до 18 % (при соотношении шкурки и воды 1:1,5) к массе муки в тесте пластифицирует полуфабрикат, способствует снижению адгезионных свойств и затрат энергии на обработку. Не целесообразно использовать в качестве жирового продукта при выработке булочных и слобных изделий.

#### **Приготовление пшеничного теста с добавлением чечевичной муки.**

Разработан способ приготовления хлеба, по которому при замесе теста из пшеничной муки, дрожжевой суспензии и солевого раствора вносят чечевичную муку, взятую в количестве 20—22 % к массе пшеничной муки в тесте, предварительно заваренную и модифицированную ферментами ржаного неферментированного солода. Заварку предварительно обрабатывают в течение 40—50 мин при температуре 55—60 °С ферментами ржаного неферментированного солода, который дозируется в количестве 2,0—3,0 % к общей массе муки в тесте. Дополнительно в тесто при замесе вносят аскорбиновую кислоту в дозировке 0,015—0,020 % к массе пшеничной муки.

В соответствии с теорией сбалансированного питания А. А. Покровского для людей, испытывающих средние физические нагрузки, и детей старшего возраста указанные дозировки чечевичной муки позволяют приблизить соотношение белка и крахмала в готовых изделиях к рекомендуемому.

Непосредственное внесение чечевичной муки в тесто приводит к снижению объема и пористости изделий (на 5 и 4 % соответственно) из-за реакционной способности ее белков. Кроме того, в готовых изделиях ощущаются запах и привкус бобов.

Устранение такого эффекта достигается при предварительном заваривании и обработке чечевичной муки амилазами и протеазами ржаного неферментированного солода.

Перед замесом теста чечевичную муку заваривают водой температурой 90—95 °С в течение 15—20 мин. Для заваривания чечевичной муки берут воду из расчета получения суспензии с массовой долей влаги 70—75 %. После охлаждения заварки до 55—60 °С в нее вносят ржаной неферментированный солод в дозировке 2—3 % к общей массе муки в тесте и проводят модификацию чечевичной муки его ферментами при температуре 55—60 °С в течение 40—50 мин.

Готовый полуфабрикат поступает на замес теста, включающий внесение пшеничной муки, дрожжевой суспензии, солевого ра-

створа, в котором растворяют аскорбиновую кислоту в дозировке 0,015—0,020 % к массе пшеничной муки в тесте, а также оставшуюся воду (по расчету). Замешанное тесто бродит при температуре  $32 \pm 3$  °С в течение 60—70 мин до накопления кислотности 5,0—5,5 град.

Разделку, расстойку и выпечку тестовых заготовок осуществляют традиционным способом.

Данный способ приготовления хлеба позволяет снизить затраты сухих веществ основного сырья в процессе брожения теста, что увеличит выход готовых изделий; улучшить состав белков и углеводов, приблизить их соотношение к рекомендуемому теорией сбалансированного питания для детей старшего возраста и взрослых, испытывающих средние физические нагрузки; повысить содержание белков, улучшить скор по самой дефицитной аминокислоте — лизину на 30 %.

Биологическая ценность белка хлеба из пшеничной муки первого сорта составляет 58 %, с добавлением чечевичной муки — 82 %, что обеспечивает его наиболее полное усвоение организмом.

Потребление 100 г хлеба, выработанного по предлагаемому способу, позволит удовлетворить суточную потребность взрослого человека: в белках — на 10,5 %, жирах — на 1, углеводах — на 11, железе — на 19, витаминах В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР на 12, 4 и 8 % соответственно, в энергии — на 8 %. В отличие от хлеба из пшеничной муки первого сорта выработанные по предлагаемому способу изделия содержат необходимый организму иод и обладающий радиопротекторными свойствами пектин.

### **7.6.5. Приготовление теста на основе быстрозамороженных полуфабрикатов**

Создание гибких технологий с использованием быстрозамороженных полуфабрикатов позволит наладить выпуск продукции широкого ассортимента на предприятиях любой мощности.

Технологию быстрого замораживания применяют для приготовления различных видов теста: для хлеба традиционных и специальных сортов, пиццы, слоеных изделий, сдобы и др.

Быстрое замораживание относится к технологиям, суть которых заключается в замедлении или приостановлении брожения на стадии расстойки; замораживании теста после расстойки; частичной выпечке (с замораживанием или без).

Технология быстрого замораживания состоит из следующих этапов: замес теста; деление его на куски; предварительная расстойка или, иными словами, релаксация (как можно более короткая); формование тестовых заготовок; быстрое низкотемпературное замораживание; хранение тестовых заготовок в морозильной камере; возобновление процесса по мере необходимости: размораживание, расстойка, выпечка (рис. 7.12).

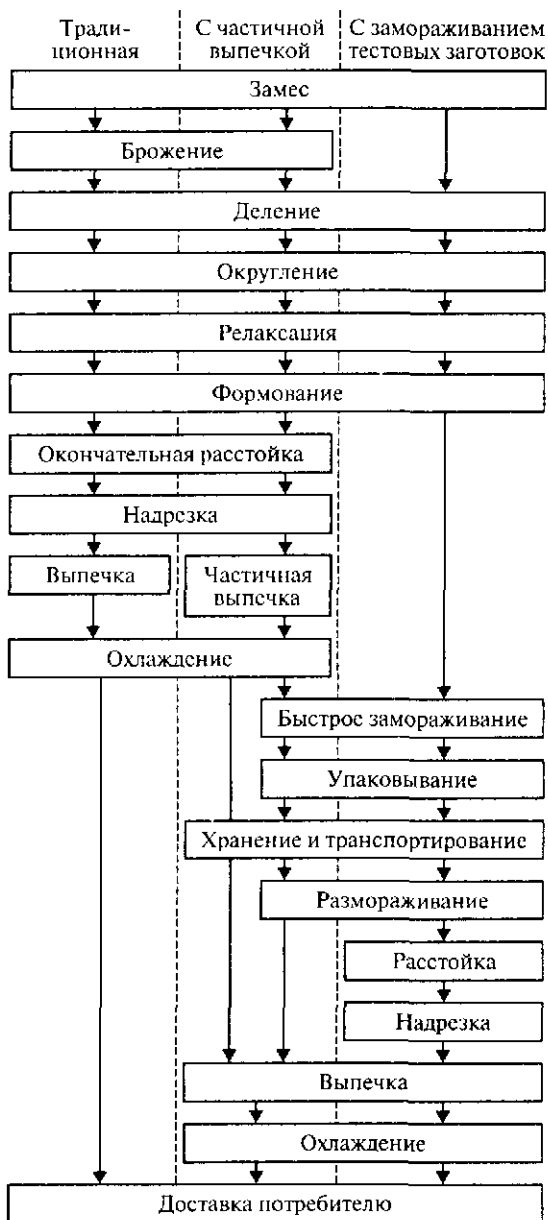


Рис. 7.12. Технологии производства хлебобулочных изделий с использованием технологии быстрого замораживания

Промышленное замораживание теста в основном ориентировано на ускоренные способы его приготовления с использованием хлебопекарных улучшителей. При этом в традиционный технологический процесс вносят ряд изменений, с тем чтобы обеспечить стабильность теста при замораживании.

В хлебопекарной промышленности Швейцарии в зависимости от имеющейся на предприятиях тестомесильной техники используют следующие режимы замеса: при частоте вращения месильного органа  $0,4-0,7 \text{ с}^{-1}$  замес следует проводить в течение 15—20 мин; при  $0,7-1,0 \text{ с}^{-1}$  — 15—20; до  $2 \text{ с}^{-1}$  — 10—12; до  $2,7 \text{ с}^{-1}$  — 7—9 мин.

Французский способ замеса дрожжевого теста состоит из двух этапов — сначала тесто замешивают при небольшой скорости месильного органа в течение 2—3 мин, а затем при увеличенной — 16—17 мин.

Тесто целесообразно замешивать при более низкой температуре, чем обычно, чтобы ограничить ферментативную активность дрожжей. Оптимальная температура теста  $20^\circ\text{C}$ , но допустимы ее колебания от 20 до  $25^\circ\text{C}$ .

Холодный замес теста достигается при использовании либо воды температурой  $1-2^\circ\text{C}$ , либо льда, либо сухого льда (твердого диоксида углерода) и т. д., а также при приготовлении теста в тестомесильных машинах, оснащенных охлаждающими рубашками. При использовании холодного замеса мука должна быть сильной или средней силы, с содержанием белка не менее 12 % или сырой клейковины 27—28 %, иметь эластичную клейковину и среднюю газообразующую способность.

Ключевой в технологии замораживания тестовых полуфабрикатов является проблема выживания дрожжевых клеток после замораживания и последующего размораживания.

Жизнеспособность дрожжей и их подъемная сила зависят: от выбранного штамма; содержания белка; физиологического состояния перед использованием, связанного с их устойчивостью к низким температурам; способа замораживания (температура и продолжительность обработки, скорость воздуха, конечная температура в центре тестовой заготовки); продолжительности, температуры и условий (в упаковке или без нее) хранения продукции; способа размораживания и расстойки (продолжительность, температура и влажность воздуха, наличие циркуляции воздуха).

Хлебопекарные прессованные дрожжи со средней скоростью газообразования лучше всего подходят для выработки быстрозамороженного теста.

Прессованные дрожжи с высокой скоростью газообразования («быстрые дрожжи») не следует применять для производства продуктов длительного хранения (более 1 мес в холодильной камере).

Сухие дрожжи не рекомендуется использовать, так как они чувствительны к низким температурам. Этот тип дрожжей можно

применять для изготовления продуктов со сроком хранения 2—3 недели.

Существуют также «полусухие» быстрозамороженные дрожжи, которые специально были созданы для этой технологии. Тесто замешивают с обязательным внесением активных окислителей типа аскорбиновой кислоты. Их использование представляется в высшей степени уместным благодаря способности укреплять белковый каркас теста, обеспечивая лучшие показатели его прочности и эластичности.

За рубежом для приготовления замороженного теста применяют специальные виды жиров — шортенинги, представляющие собой смеси гидрогенизированных растительных масел, эмульгаторов и растительных жиров. Шортенинг способствует улучшению структурно-механических свойств теста при замесе, диспергированию в нем воды, пористости готовых изделий, продлевая тем самым срок хранения замороженных полуфабрикатов и предотвращая их обезвоживание. Слой жира на стенках дрожжевых клеток замедляет процесс их обезвоживания.

Брожение теста перед замораживанием — наиболее важный процесс, влияющий на стабильность замороженного теста при хранении.

Брожение теста перед замораживанием снижает жизнеспособность дрожжей в замороженном тесте. Стабильность замороженного теста обратно пропорциональна продолжительности брожения перед замораживанием. Таким образом, при замораживании дрожжевого теста продолжительность стадии брожения целесообразно сводить к минимуму. Использование ускоренных способов приготовления теста позволяет реализовать это условие, так как при ускоренной технологии продолжительность брожения теста не превышает 40 мин.

После замеса выброженное тесто разделяют. Обязательной стадией приготовления замороженного теста является его предварительная расстойка перед раскаткой и округлением. Продолжительность расстойки должна обеспечить нормальное формирование тестовых заготовок. Длительность предварительной расстойки (релаксации) составляет 5—10 мин в зависимости от массы изделий и продолжительности формирования.

Подготовленные к заморозке тестовые заготовки должны быть длинными и небольшого диаметра. В противном случае будет увеличиваться продолжительность замораживания и приготовленные из них продукты будут непропеченными. Например, тестовые заготовки массой 800 г и более должны иметь длину 28 см при диаметре 7,5 см; массой 400—450 г иметь длину около 16 см перед помещением в скороморозильный аппарат, круглые булки должны быть слегка расплюсены, для того чтобы максимальная глубина в центре не превышала 7,6 см.

Температуру теста в период разделки целесообразно поддерживать на уровне 20—21 °С, чтобы повысить его устойчивость при

производительных задержках и приспособить к обработке. Максимальная длительность разделки теста для хлебобулочных изделий составляет 60 мин, для булочных — 30 мин. Для сокращения указанной продолжительности тесте рекомендуется замешивать небольшими порциями.

Температура заморозки теста, приготовленного из муки и воды, составляет минус 4 °С, теста, в состав которого входят жировые продукты, сахар, соль, дрожжи, минус 7 — минус 9 °С. Замораживание теста способствует замедлению и прекращению в нем ферментативных, микробиологических и окислительных процессов. Для сохранения достаточной бродильной способности дрожжей в тесте температура в центре тестовой заготовки должна быть не выше минус 10 °С.

Медленное замораживание приводит к более интенсивному газообразованию в тестовых заготовках после дефростации, чем быстрое замораживание. При быстром замораживании число живых дрожжевых клеток уменьшается на 10—15 % по сравнению с их числом при медленном замораживании. В процессе последнего кристаллы льда сначала образуются в межклеточном пространстве, затем при дальнейшем понижении температуры они растут за счет воды, находящейся в межклеточном пространстве и в самих дрожжевых клетках, из которых она диффундирует через полупроницаемую мембрану наружу. Вследствие сверхбыстрого замораживания теста происходит внутриклеточное замораживание воды, так как температура изменяется быстрее, чем вода проникает через клеточную мембрану наружу. Маленькие кристаллы льда при последующем понижении температуры превращаются в большие, что приводит к нарушению биохимического равновесия и механическому разрушению протоплазмы и мембраны дрожжевой клетки до такой степени, что она погибает.

Существуют различные мнения об оптимальных температурных режимах замораживания теста в производственных условиях. Так, по данным японских специалистов, лучше всего замораживать тесто для булочных изделий при минус 34,4 °С в потоке холодного воздуха, для мучных кондитерских изделий — при минус 28 — минус 29 °С; французские специалисты независимо от типа скороморозильной камеры предлагают температуру обработки теста минус 30 — минус 35 °С при скорости движения воздуха 4 м/с, что обеспечит скорость замораживания, равную 1 °С/мин.

В промышленности в зависимости от метода отвода теплоты и типа хладоносителя применяют следующие группы скороморозильных аппаратов: контактные (замораживание с погружением в криогенную жидкость или орошение ею), бесконтактные, воздушные, смешанного типа, в зависимости от ведения процесса замораживания — периодического и непрерывного действия; в зависимости от количества секций — односекционные (замораживание), двухсекционные (замораживание, хранение), трехсекционные (замораживание, хранение, размораживание).

### **7.6.6. Особенности приготовления хлебобулочных изделий для экологически неблагоприятных регионов**

Во многих регионах нашей страны степень загрязнения биосферы превышает экологически безопасный уровень. В атмосфере крупных промышленных центров зафиксировано значительное превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов, сернистого ангидрида, оксидов азота, углеводородов, и в том числе тех, которые могут влиять на развитие раковых заболеваний. После аварии на Чернобыльской АЭС перечень вредных выбросов пополнился радионуклидами.

Отрицательные последствия таких аварий сказываются на здоровье нескольких поколений представителей животного и растительного мира. Увеличивается вероятность заболевания раком, снижается продолжительность жизни, ослабляется иммунная система, увеличивается частота наследственных болезней, пороков развития и т. д.

Как известно, от рациона питания в значительной степени зависит здоровье нации, причем на конкретный состав рациона влияют как устойчивые национальные традиции, так и уровень бытовой культуры народа, информированность его о полезных и вредных свойствах различных продуктов и веществ и другие факторы.

Хлеб — основной продукт питания населения России, является самым удобным объектом, с помощью которого можно в нужном направлении корректировать питательную и профилактическую ценность рациона.

Для выработки хлебобулочных изделий специального назначения используют различное дополнительное сырье, в состав которого входят кальцийсодержащие продукты,  $\beta$ -каротин, пшеничные отруби, порошковая микрокристаллическая целлюлоза, порошок из водоросли ламинарии, пшеничные отруби, морская капуста, пектин, минеральные соли. С учетом терапевтического и профилактического действия используемых добавок разработанный ассортимент хлебобулочных изделий специального назначения подразделяют на следующие группы.

1. Изделия с кальцием, который необходим для нормального обмена веществ. Для жителей регионов с повышенным загрязнением окружающей среды радионуклидами он необходим в повышенных дозах, поскольку кальций обеспечивает конкурентное замещение и выведение из организма радиоактивного стронция и снижает опасность его воздействия в 1,5 раза. К этой группе хлебобулочных изделий относятся батон и булка, обогащенные кальцием, детские булочки «Лада» и «Аппетитная». Во все изделия кальций в количестве 0,5—1,0 % вводится в виде пищевого химического осадочного мела. Введение в рецептуру пищевого мела существенно влияет на ход технологического процесса, а также на



показатели качества теста и готовой продукции. Для повышения усвояемости кальция разработаны технологии обогащенных кальцием булочных изделий с использованием полуфабрикатов, содержащих молочную кислоту, а именно жидкой опары, концентрированной молочнокислой закваски, молочной сыворотки (натуральной, сгущенной, сухой). Использование этой технологии обеспечивает переход плохо усвояемого кальция пищевого мела в хорошо вовлекаемый в обмен веществ лактат кальция и одновременно улучшает физико-химические показатели теста и качество готовых изделий. Введение в рецептуру молочной сыворотки увеличивает количество лактата кальция в булочках, что особенно важно для детей. Использование разработанной технологии позволяет получать специальные хлебные изделия, содержащие 200—300 мг кальция в 100 г изделий при рекомендуемой суточной норме 900—1000 мг.

2. Хлеб, батоны и булки с  $\beta$ -каротином, который способствует ослаблению отрицательных последствий радиационного воздействия на организм человека: восстановлению нормальных иммунных реакций, снижению риска сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний. Функции  $\beta$ -каротина в защитном механизме организма весьма разнообразны. Он превращает синглетный кислород (синглетный кислород — это активная форма кислорода, которая способна разрушить мембрану клетки и образовать свободные радикалы) в менее активную форму, способен захватывать и разрушать свободные радикалы, сдерживая тем самым повреждение клеточных структур, является важным стимулятором иммунных реакций. По защитному воздействию на организм человека  $\beta$ -каротин сходен с витамином А, но имеет то преимущество, что даже при применении доз, превышающих рекомендуемые в 100 раз, не проявляется какого-либо токсического эффекта. Основным фактором, лимитирующим используемую дозу  $\beta$ -каротина, является его оранжевый цвет, который может придавать готовым изделиям необычную окраску. Суммарные потери  $\beta$ -каротина при производстве пшеничного хлеба составляют 12—15%, а ржаного и ржано-пшеничного — 25—30% от первоначального количества. Основное разрушение добавленного  $\beta$ -каротина происходит на стадии замеса теста при контакте с воздухом. Поэтому разработанные технологические компоненты, в состав которых входит  $\beta$ -каротин, вводят при замесе теста, чтобы избежать длительного их воздействия на клейковину и физико-химические свойства теста.

3. Хлеб и булочки, содержащие одновременно несколько рекомендуемых медицинскими организациями защитных компонентов. Это хлеб янтарный с  $\beta$ -каротином и порошком микрокристаллической целлюлозы, хлеб отрубяной с кальцием, содержащий пшеничные отруби, сухую молочную сыворотку и пищевой мед; булочки для детского питания с отрубями, сухой молочной сыво-

роткой, пищевым мелом и патокой. Технологии этих изделий отработаны с учетом особенностей всех входящих в рецептуру компонентов. Хлебобулочные изделия этой группы благодаря их разнообразному составу рекомендованы не только для населения экологически неблагоприятных регионов, но и для более широкого контингента потребителей. Так, например булочки «Звездочка» пониженной энергетической ценностью и высоким содержанием пищевых волокон и кальция, могут быть рекомендованы для питания детей, страдающих ожирением.

## 7.7. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА СОЗРЕВАНИЯ ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Тесто, поступающее на разделку, должно быть выброженным (созревшим). Недостаточно выбродившее («моложавое») тесто содержит мало продуктов протсоллиза, клейковинный каркас не имеет оптимальной структуры. Несозревшее тесто — липкое на ощупь, так как процессы набухания полимеров муки еще не закончены и его кислотность не достигла нормы. В тесте остается много несброженных сахаров. Хлеб из такого теста имеет ряд недостатков: пониженную и грубую пористость, сыропеклый мякиш, пресный вкус и др. И, напротив, перебродившее тесто характеризуется повышенной кислотностью, ослаблением клейковинного каркаса, содержит небольшое количество несброженных сахаров. У хлеба из такого теста бледная корка, пустоты и разрывы в мякише, кислый вкус.

В процессе брожения систематически контролируют температуру и длительность брожения полуфабрикатов, общую кислотность и изменение объема. Продолжительность брожения теста до готовности зависит от температуры и консистенции теста, от массы дрожжей, сахара, жира, хлебопекарных свойств муки и др.

**Определение готовности теста.** Готовое к разделке, выброженное и созревшее тесто должно обладать свойствами, оптимальными для проведения дальнейших стадий технологического процесса (разделка и выпечка) и получения изделий наилучшего качества.

К сожалению, пока еще не разработаны достаточно обоснованные критерии и показатели готовности теста к разделке.

При приготовлении теста способами, предусматривающими определенный период его брожения до поступления на разделку, готовность теста в основном определяют по его общей кислотности с учетом структурно-механических свойств, определяемых органолептически, а готовность теста на жидких и густых разрыхлителях еще и по подъемной силе.

Кислотность теста, как уже отмечалось, является существенным, однако далеко не единственным показателем готовности теста к разделке.

Хорошо выброженное и созревшее тесто должно обладать достаточной газообразующей и газодерживающей способностями, чтобы сохранять форму при расстойке и выпечке, а также содержать определенное количество несброженных сахаров и продуктов протеолиза, которые обеспечивают реакцию меланоидинообразования и нормальную окраску поверхности продукта.

В нем должны быть также накоплены в необходимом количестве и оптимальном соотношении основные и побочные продукты спиртового и молочнокислого брожения (кислоты, спирт, ароматические вещества), обуславливающие приятный специфический вкус и аромат хлебобулочных изделий.

Рассматривая процессы, происходящие при брожении теста, некоторые авторы изучали изменения, происходящие в клейковине при отмывании ее из теста, а также изменения содержания в тесте водорастворимых азотсодержащих веществ. Эти факторы принимали за объективные показатели степени созревания или готовности теста к разделке. Анализ этих и других работ не позволяет еще, к сожалению, говорить о практической возможности использования этих показателей для контроля готовности теста к разделке на предприятия.

**Определение готовности полуфабрикатов.** Окончание периода брожения определяют либо по объективному показателю, либо органолептически.

Объективный показатель — это значение общей или активной кислотности (табл. 7.4). По органолептическим показателям выброженная опара должна иметь равномерно-сетчатую структуру, резкий спиртовый запах. При слабом нажатии пальцем на ее поверхность она должна опадать.

7.4. Общая кислотность выброженных полуфабрикатов (град)

Вид и сорт муки	Опара	Закваска			Тесто
		густая	жидкая без заварки	жидкая с заваркой	
<b>Пшеничная:</b>					
высшего и первого сортов	До 3,0	—	—	—	3,0—3,5
второго сорта	4,0—5,0	—	—	—	4,5—5,0
обойная	5,0—6,0	—	—	—	6,0—6,5
<b>Ржаная:</b>					
обойная	—	13—16	11—14	9—12	11—12
обдирная	—	11—14	9—13	9—12	10—11
Смесь пшеничной и ржаной муки	—	10—12	9—12	9—10	10

Тесто во время брожения увеличивается в объеме в 1,5—2 раза, имеет выпуклую поверхность и специфический аромат, обладает упругостью и пористостью. Брожение теста (в отличие от опары) должно быть закончено до его опадания. У невыброженного теста вмятина от надавливания выравнивается быстро, у выброженно-го — медленно, у перебродившего — остаются углубления.

1. Какие способы приготовления пшеничного теста вы знаете? По каким признакам их разделяют на соответствующие группы?
2. В чем заключаются преимущества жидких опар по сравнению с густыми? Как изменяются затраты на брожение теста при переходе с густых опар на жидкие?
3. Какие специальные полуфабрикаты используют при приготовлении пшеничного теста с сокращенным периодом брожения?
4. В чем заключаются преимущества приготовления теста на высококислотных жидких заквасках?
5. Получение каких жидких полуфабрикатов связано с направленным культивированием их микрофлоры?
6. Каковы преимущества приготовления теста на жидком диспергированном полуфабрикате?
7. Назовите преимущества и недостатки безопасного способа приготовления теста.
8. Какие основные технологические мероприятия необходимо предпринимать при приготовлении теста ускоренными способами?
9. Какие органические кислоты применяют в ускоренном способе приготовления теста и какова их роль в интенсификации процесса его созревания?
10. Перечислите ускоренные способы приготовления пшеничного теста.

## Глава 8

### ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТЕСТА ИЗ РЖАНОЙ И СМЕСИ РЖАНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Ржаной хлеб получают из ржаной обойной и обдирной муки. В последние годы производство хлеба из ржаной обойной муки резко сократилось, а хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки увеличилось.

Ржано-пшеничный хлеб готовят по тем же технологическим схемам, что и хлеб из ржаной обдирной муки.

#### 8.1. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Химический состав ржаной муки определяет особенности приготовления ржаного теста.

Крахмал ржаной муки более атакуем амилолитическими ферментами, чем пшеничный, из-за различия в активности  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз. В ржаной муке содержится активная  $\alpha$ -амилаза, которая превращает крахмал в декстрины, а  $\beta$ -амилаза интенсивно гидролизует декстрин до мальтозы. Это объясняется тем, что  $\beta$ -амилаза гидролизует декстрины в несколько раз быстрее, чем нативный пшеничный крахмал. В ржаной муке содержится 2—3 % сильно набухающих (водорастворимых) пентозанов — слизи, препят-

ствующих образованию клейковины ржаной муки и обеспечивающих вязкость ржаного теста. Белковые вещества ржаной муки в отличие от пшеничной при замесе теста быстро набухают и пептизируются, переходя в вязкий коллоидный раствор и увеличивая жидкую фазу теста.

По структуре ржаное тесто значительно отличается от структуры пшеничного. Ржаное тесто менее эластично и менее упруго, так как в нем нет губчатого клейковинного каркаса, свойственного пшеничному тесту. Основные свойства ржаного теста определяются его жидкой фазой. В ней находятся набухшие, а также частично пептизированные белки и слизи, декстрины, сахара, соли, органические кислоты, водорастворимые витамины и аминокислоты. В жидкую фазу ржаного теста вкраплены отрубистые части зерна, крахмал, а также ненабухшие или ограниченно набухшие белки.

Кислотность ржаного теста и в первую очередь содержание в нем молочной кислоты существенно влияют на степень пептизации белков. Повышение кислотности теста до 10—12 град способствует пептизации белков и одновременно набуханию и улучшению физических свойств ограниченно набухшей части белков. Поэтому повышенная кислотность ржаного теста благоприятно влияет на физические свойства ржаного теста, особенно на тесто из ржаной муки с низким содержанием белковых веществ.

При недостаточно высокой кислотности в таком тесте не был бы обеспечен переход в жидкую фазу значительного количества пептизированного белка.

Однако чрезмерная пептизация белковых веществ в ржаном тесте нежелательна, так как это может привести к чрезмерному разжижению теста и снижению его способности удерживать форму при расстойке и выпечке подовых сортов хлеба.

Добавление соли в ржаное тесто тормозит набухание и пептизацию белков, повышает температуру клейстеризации его крахмала в процессе выпечки. Вследствие повышенной атакваемости ржаного крахмала и присутствия в ржаной муке активной  $\alpha$ -амилазы такое повышение температуры клейстеризации крахмала способствует улучшению физических свойств мякиша хлеба.

Высокая кислотность ржаного теста необходима не только для достижения достаточной пептизации его белков, но и для торможения действия присутствующей в ржаной муке  $\alpha$ -амилазы. Повышение кислотности ржаного теста резко снижает температуру инактивации  $\alpha$ -амилазы. В связи с этим при выпечке ржаного хлеба сокращается длительность периода гидролиза крахмала, в котором  $\beta$ -амилаза уже инактивирована, а  $\alpha$ -амилаза, действуя на частично клейстеризованный крахмал, еще продолжает его гидролиз.

Накопление в мякише хлеба декстринов вызывает его повышенную липкость. Поэтому при недостаточной кислотности ржаного теста мякиш хлеба имеет повышенную липкость и заминае-

мость. Такой мякиш по своему состоянию напоминает мякиш непеченного хлеба или хлеба из муки, смолотой из проросшего зерна. Поэтому кислотность выброженного теста из ржаной обойной муки (перед его разделкой) доводят примерно до 12 град. Для достижения такой кислотности ржаного теста необходима специфическая бродильная микрофлора. В пшеничном тесте из сортовой муки основным видом бродильной микрофлоры являются дрожжи, наряду с которыми определенную роль играют и спонтанные кислотообразующие бактерии, обуславливающие накопление кислоты в тесте.

## 8.2. СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

При приготовлении ржаного теста необходимо обеспечить активную жизнедеятельность молочнокислых бактерий. Для этого в ржаном тесте должны быть созданы такие условия, при которых число кислотообразующих бактерий во много раз (обычно 60—80) превышало бы число дрожжевых клеток. Необходимое соотношение дрожжей и кислотообразующих бактерий достигается при приготовлении ржаного теста на заквасках.

*Закваска* — это густой или жидкий полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный сбраживанием питательной смеси из ржаной, ржано-пшеничной или пшеничной обойной муки, молочнокислыми или пропионовокислыми бактериями и хлебопекарными дрожжами. Закваску готовят из некоторого количества уже готовой закваски, в которую добавляют муку и воду. Остальную часть готовой закваски (обычно в количестве 1/2, 2/3 или 3/4) используют при приготовлении теста. В замешенной закваске в период брожения (примерно 4...4,5 ч) развивается бродильная микрофлора и накапливается кислота, после чего готовую закваску можно вновь использовать для приготовления теста и возобновления новой порции закваски.

Такой сокращенный двухстадийный способ приготовления ржаного теста называется *производственным циклом* и применяется при непрерывной работе предприятия (от 1 мес до 1 года).

Для постепенного размножения дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий и увеличения их количества до объемов, необходимых производству, ржаные закваски готовят заново по разводочному циклу в несколько стадий.

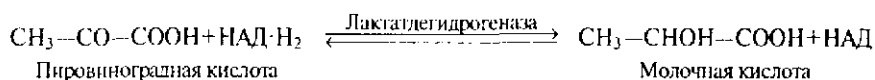
Ржаные закваски содержат в небольшом количестве дрожжи и в большом количестве молочнокислые бактерии. Дрожжи вносят в закваску при разводочном цикле ее приготовления. Дрожжевые клетки попадают в закваску также из муки и воздуха и при благоприятных условиях развиваются в ней. Поэтому в заквасках присутствуют десятки штаммов дрожжей. Основные виды дрожжей, встречающихся в ржаных заквасках, — *Saccharomyces minor* и *Saccharomyces cerevisiae*.

В густых заквасках преобладают дрожжи вида *Saccharomyces* *tinog*, устойчивые к высокой кислотности среды, в жидких заквасках с заварками — дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. В ржаных заквасках присутствуют и другие специфические дрожжи, образующие диоксид углерода и способные быстро размножаться в кислой среде. Но основная бродильная микрофлора заквасок — это кислотообразующие бактерии.

Состав и свойства кислотообразующих бактерий в ржаной закваске непостоянны. Они могут значительно изменяться в зависимости от среды, состава заквасок и условий ведения технологического процесса.

В зависимости от состава ферментного комплекса, вызывающего сбраживание сахара, молочнокислые бактерии делятся на гооферментативные и гетероферментативные.

К первой группе принадлежат бактерии, подобные *Streptococcus lactis* и *Termobacterium cereale* (*Bacterium delbrückii*), которые являются настоящими анаэробами и сбраживают гексозы в соответствии с нижеприведенным уравнением молочнокислого брожения:



Молочнокислые бактерии как живые организмы содержат комплекс ферментов, которые могут повлиять на характеристики хлебопекарного теста, осуществляя протеолиз и даже амилолиз. К гооферментативным молочнокислым бактериям относятся также *Lactobacillus casei* и *Lactobacillus plantarum*.

Ко второй группе бактерий принадлежат гетероферментативные микроорганизмы, образующие кроме молочной кислоты яблочную, пировиноградную, янтарную, уксусную и другие кислоты, этанол, диоксид углерода и др. К ним относятся *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermenti*. В качестве источников энергии эти бактерии используют глюкозу, фруктозу и мальтозу. На образование янтарной и уксусной кислот, этанола и диоксида углерода они расходуют до 50 % сбраживаемых сахаров. Источником энергии могут служить и органические кислоты — лимонная, яблочная и даже молочная. Промежуточными продуктами метаболизма гетероферментативных молочнокислых бактерий являются спирты, эфиры, карбонильные соединения, выход которых у некоторых штаммов достигает нескольких процентов. Эти вещества играют определенную роль в формировании аромата хлеба.

Характерным представителем второй группы бактерий является *Bacterium lactis aerogenes*, который образует молочную и уксусную кислоты, этанол, диоксид углерода, водород и метан. Выход

уксусной кислоты при сбраживании сахаров подобными микроорганизмами может превышать выход молочной кислоты.

Из группы гетероферментативных бактерий в заквасках и в тесте постоянно размножаются  $\beta$ -бактерии. Продуктами их метаболизма кроме молочной кислоты является уксусная кислота и иногда диоксид углерода. Оптимальная температура их роста 25 °С. Эти бактерии участвуют в созревании ржаного теста, обеспечивая не только накопление в нем кислот, но и его разрыхление.

В последние годы в производстве ржаного хлеба и хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки применяют закваски, приготовленные на чистых культурах молочнокислых бактерий: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermenti*.

Заметное содержание молочной и уксусной кислот в ржаном тесте и хлебе объясняется тем, что при брожении ржаного теста основным является молочнокислое, при котором накапливается 2/3 молочной и 1/3 летучих кислот, в основном уксусной. Особенно большое количество молочной кислоты образуется при сбраживании сахара некоторыми термофильными молочнокислыми бактериями *Thermobacterium cereale* (*Bacterium delbrückii*).

В ржаных заквасках и в тесте всегда присутствуют и другие виды бактерий. Они попадают с мукой при освежении заквасок, но не играют существенной роли в технологическом процессе, так как при непрерывном приготовлении теста вытесняются основными вышеуказанными группами молочнокислых бактерий.

Соотношение дрожжей и молочнокислых бактерий в заквасках густой консистенции составляет 1 : 60 или 1 : 80, в жидких — 1 : 30 или 1 : 40. В жидких заквасках создаются лучшие условия для жизнедеятельности дрожжей, чем в густых. Это объясняется тем,



Рис. 8.1. Способы приготовления ржаного теста



что в жидкой среде ниже кислотность, меньше концентрация продуктов обмена, угнетающих дрожжевые клетки.

Ржаное тесто в зависимости от консистенции и дозы закваски готовят различными способами (рис. 8.1).

### **8.2.1. Приготовление теста на густых ржанных заквасках**

В общем объеме хлебобулочной продукции до 60 % составляет хлеб из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки, технология которого сложна и своеобразна.

При производстве ржанных сортов хлеба и изделий из смеси ржаной и пшеничной муки используют разнообразные технологические схемы культивирования микроорганизмов, обеспечивающих процессы образования органических кислот и разрыхления полуфабрикатов. Эти процессы вызываются молочнокислыми бактериями и дрожжевыми клетками и протекают в симбиотических условиях.

В разводочном цикле закваску получают из муки, воды, чистых культур дрожжей *Saccharomyces minor* (штамм «Чернореченский») и молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* 63, *Lactobacillus brevis* 5, *Lactobacillus brevis* 78 или закваски прежнего приготовления с добавлением в начале цикла прессованных дрожжей.

Микрофлора заквасок поддерживается в активном состоянии путем постоянных освежений по заданному технологическому циклу. При нарушении ритма отбора выброженной закваски происходит ее переокисление, подъемная сила резко снижается и закваска становится непригодной для приготовления теста.

Кислотность закваски 11,5—12 град; подъемная сила 19—23 мин; продолжительность брожения после освежения 240 мин. Соотношение дрожжей и молочнокислых бактерий 1 : 40.

При перерывах в работе, переходе на двухсменный режим и в других производственных ситуациях необходимо консервирование густой закваски с последующей ее активацией.

Известны следующие приемы консервирования густой закваски: охлаждением до 5—10 °С с последующей реактивацией подогревом до 26—28 °С и соляно-кислый способ в сочетании с охлаждением, но с обязательным введением прессованных дрожжей; одноразовым добавлением поваренной соли (2,0 %) или бикарбоната натрия (0,5 % к массе муки в закваске); уменьшением количества выброженной закваски при освежении; охлаждением до 5—10 °С и разжижением. Хранение закваски в течение суток при 20—23 °С с уменьшенной дозой выброженной закваски (10 %) ведет к переокислению и утрате подъемной силы.

При сохранении густой закваски путем охлаждения решающее значение имеет показатель ее готовности и продолжительность снижения температуры до 8—10 °С. При медленном охлаждении

свежеосвеженной закваски начинают активно размножаться дрожжи. В результате при активации закваска содержит повышенное количество этанола и имеет пониженную кислотность, поэтому целесообразно охлаждать зрелую закваску кислотностью 12—14 град. Но этот процесс происходит чрезвычайно медленно и неравномерно из-за низкой теплопроводности закваски. При приготовлении густых заквасок в бункерных агрегатах (типа И8-ХТА) консервировать ее путем охлаждения практически невозможно.

Густую закваску консервируют путем разжижения ее холодной водой до влажности 70 %. В этом случае температура выброженной закваски снижается с 28—30 °С до 16—20 °С, а кислотность с 13—14 до 7—7,5 град. Уменьшение концентрации сбраживаемых веществ тормозит микробиологические процессы. Через 24 ч хранения кислотность разжиженной закваски составляет 13—14 град при подъемной силе 21—26 мин. После освежения с доведением влажности закваски до 49—50 % и температуры до 26—28 °С показатели брожения ее полностью восстанавливаются. Брожение теста на заквасках, консервированных разжижением, протекает нормально, а по качеству хлеб не отличается от хлеба, приготовленного на густых заквасках круглосуточного ведения.

Прогрессивный технологический процесс производства ржаных сортов хлеба на густой закваске, приготовленной на чистых культурах молочнокислых бактерий с консервированием ее путем разжижения, создан под руководством Л. Н. Казанской (филиал ГосНИИХП, г. Санкт-Петербург) и нашел широкое применение на хлебозаводах России и Финляндии.

За рубежом для биологического подкисления теста используют в основном густые закваски, кислотообразующая микрофлора которых представлена видами *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus leichmannii*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus pastorianus*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus farciminis*, *Lactobacillus fructivorans*. Из представителей дрожжевой микрофлоры присутствуют *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida krusei*, *Torulopsis holmii* и др.

### **8.2.2. Приготовление теста на жидких ржаных заквасках**

В настоящее время применяют более 10 различных схем приготовления жидких заквасок, отличающихся друг от друга составом чистых культур бродильной микрофлоры, технологией разводочного цикла и составом питания для закваски. Многие технологические параметры каждой схемы изменяются с учетом местных условий.

Первые жидкие закваски готовили по саратовской схеме (С-1). В последнее время широко применяют ивановскую, ленинградскую схемы и универсальную схему ВНИИХПа.

**Саратовская схема.** В разводочном цикле дрожжи не применяют, а берут только штаммы молочнокислых бактерий группы В (*Betabacterium*). В состав питания входит 50 % заварки. Температура закваски составляет 34—35 °С, отбор спелой закваски (50 %) на замес теста осуществляется через 70—75 мин.

**Ивановская схема.** В разводочном цикле применяют дрожжи и молочнокислые бактерии группы В (*Betabacterium*). Питание для производственной закваски содержит 33—34 % заварки, 14 % муки и 52 % воды. Температура закваски в весенне-летний период года составляет 30 °С, в осенне-зимний — 35 °С. Продолжительность брожения 2 ч, конечная кислотность 9—11 град, подъемная сила 17—25 мин.

**Ленинградская схема.** Питательная смесь с массовой долей влаги 75 % состоит из 28,5 % муки и 71,5 % воды. Заварка в состав питания не входит. Для выведения закваски заново применяют чистую культуру дрожжей и комбинацию пяти штаммов молочнокислых бактерий, относящихся к группам А (*Streptobacterium plantarum*) и В (*Betabacterium*). Начальная температура производственной закваски составляет 32—35 °С, продолжительность брожения 2—2,5 ч, конечная кислотность 9—11 град, подъемная сила 30—35 мин.

**Универсальная схема ВНИИХПа.** Существует два варианта схемы. В первом варианте в составе питания отсутствует заварка, во втором — в состав питания для закваски входит 20 % заварки. В универсальной схеме применяют четыре вида молочнокислых бактерий, относящихся к группам А и В, и дрожжи. Культуры дрожжей и бактерий, применяемые в универсальной схеме, активны и хорошо сохраняются в производственных условиях.

**Жидкая закваска без заварки.** По первому варианту производственная закваска имеет следующие параметры: температура 28—30 °С, массовая доля влаги 70—75 %. Питание закваски состоит из смеси муки и воды. Подъемная сила закваски составляет 25—30 мин, конечная кислотность 11—13 град. Пониженная влажность закваски стимулирует размножение кислотообразующих бактерий, а температура 28—29 °С благоприятна для размножения дрожжей.

Тесто на жидких заквасках независимо от принятой схемы можно готовить при обычном брожении в течение 2—3 ч, а при ускоренном способе — в течение 30—60 мин. В первом случае на замес теста берут 50—70 % закваски, с которой в тесто поступает 15—20 % сброженной муки.

Приготавливая тесто ускоренным способом, максимально увеличивают дозировку закваски, вместе с закваской необходимо вносить уже около 25—35 % сброженной муки. Ускоренный способ применяют, как правило, для теста из смеси ржаной и пшеничной муки. Тесто из ржаной муки при ускоренном брожении не достигает необходимой кислотности.

Иногда при более высокой массовой доле влаги в закваске с целью увеличения ее дозировки тесто готовят без воды (за исключением воды в растворе соли). При недостаточной дозировке закваски (мало сброженной муки) и ускоренном приготовлении теста хлеб имеет липкий и пресный мякиш, низкую пористость и другие недостатки. Обычно при ускоренном приготовлении теста одновременно с увеличением расхода закваски повышают температуру и интенсивность замеса теста, а также добавляют в тесто жидкие дрожжи.

Жидкая ржаная закваска с заваркой. Жидкие закваски с заваркой имеют следующие параметры: массовая доля влаги 80—85 %, кислотность 9—12 град, подъемная сила до 30 мин. Закваску освежают по достижении указанной кислотности (через 3—5 ч в зависимости от массовой доли влаги) путем отбора 50 % выброженной закваски в расходный чан и добавления в культиватор питательной смеси, состоящей из муки, воды и заварки. Доля заварки в питательной смеси при массовой доле влаги закваски 80 % составляет 20 %, а при 85 % — 35 %. При замесе теста с закваской вносят 15—20 % муки от общей массы ее в тесте.

В разводочном цикле закваску с заваркой готовят, используя жидкие культуры молочнокислых бактерий *Lactobacillus brevis*-1, *Lactobacillus casei*-26, *Lactobacillus plantarum*-30 и *Lactobacillus fermenti*-34 или сухого лактобактерина из этих же штаммов. Дрожжевая микрофлора представлена чистой культурой дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* П-1.

### **8.3. АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА ПЕРИОДИЧЕСКИМ И НЕПРЕРЫВНЫМ СПОСОБАМИ**

В промышленности применяют два способа приготовления ржаного теста с использованием разного количества густой закваски.

Традиционный способ предусматривает внесение в тесто порции закваски, содержащей 25—30 % муки от общей ее массы в тесте.

Традиционным способом тесто готовят в дежах или в бункерных агрегатах. В первом случае приготовленную в деже закваску делят вручную или шнековым дозатором на три равные части. Две части закваски расходуют на замес двух дежей теста, а третью (она остается в деже) направляют на возобновление закваски.

Ритм переработки содержимого одной дежи должен быть равен удвоенному ритму переработки теста, но не превышать 60 мин. Поваренную соль в густые закваски не добавляют, так как она снижает подъемную силу.

Доза закваски на замес теста составляет 40—50 % к общей массе муки в тесте. Вместе с закваской в тесто поступает 25—30 % сбро-

женной муки. Замешивая тесто, сначала перемешивают порцию закваски с соевым раствором, водой и другими компонентами, затем добавляют муку и продолжают замес до получения однородной массы. Брожение теста продолжится в течение 1,5—2 ч. Конечная кислотность теста в зависимости от вида изделия колеблется от 7 до 12 град.

Ускоренный способ отличается от традиционного тем, что брожение теста длится всего 30—60 мин. Такой короткий цикл брожения обусловлен увеличенной дозой закваски (с ней вносят в тесто 45 % муки от общей ее массы) и повышенной температурой теста (32—33 °С).

Основной фактор, ускоряющий брожение теста, — увеличение дозы закваски. В некоторых случаях для сокращения продолжительности брожения теста не только увеличивают дозу закваски, но и повышают интенсивность замеса.

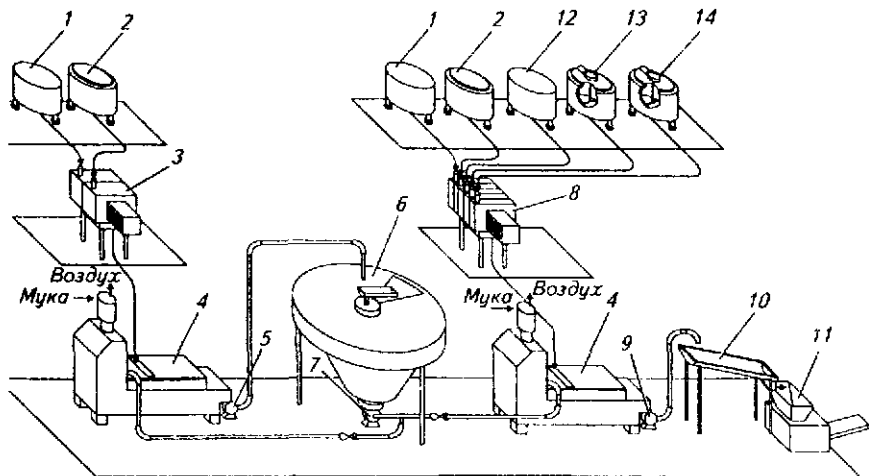
### **8.3.1. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного приготовления теста на большой густой закваске**

Схема приготовления теста из ржаной или ржаной и пшеничной муки на большой густой закваске в бункерном агрегате непрерывного действия И8-ХТА-6/12 приведена на рис. 8.2. Закваску готовят из ржаной обойной муки (в этом случае массовая доля влаги в закваске составляет 48—50 %, кислотность 13—16 град) или из ржаной обдирной муки (кислотность закваски 11—14 град). Подъемная сила закваски по «шарику» составляет до 25 мин.

Закваску замешивают в машине непрерывного действия И8-ХТА-12/1, в которую непрерывно дозируют воду, муку и 1/3 выброшенной закваски. Замешанную закваску лопастным нагнетателем И8-ХТА-12/3 подают по трубопроводу и с помощью поворотного лотка загружают сверху в одну из секций бункера для брожения. В момент загрузки последней секции первая секция разгружается. Период загрузки всех секций бункера равен продолжительности брожения закваски.

Выброженную закваску разгружают через отверстие в днище бункера. С помощью лопастного нагнетателя 60 % закваски по одному трубопроводу направляют в тестомесильную машину для замеса теста, а 40 % по другому трубопроводу возвращают в тестомесильную машину для воспроизводства самой закваски.

Замес теста осуществляется в машине непрерывного действия И8-ХТА-12/1, в которую кроме закваски с помощью дозаторов непрерывного действия подаются вода, мука и другие жидкие компоненты по рецептуре. Начальная температура теста при замесе не



**Рис. 8.2.** Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста из ржаной или ржаной и пшеничной муки на большой густой закваске:

1, 2, 12—14 — напорные бачки для жидких компонентов: холодной и горячей воды, солевого раствора, дрожжевой суспензии и мочки соответственно; 3 — дозировочная станция для жидких компонентов Ш2-ХДМ; 4 — тестомесильная машина И8-ХТА-12/1 для замеса закваски и теста; 5 — нагнетатель закваски И8-ХТА-12/3; 6 — бункер И8-ХТА-12/2 для брожения закваски; 7 — дозатор закваски; 8 — дозировочная станция для жидких компонентов Ш2-ХДМ; 9 — нагнетатель теста И8-ХТА-12/5; 10 — емкость И8-ХТА-12/6 для брожения; 11 — тестоделательная машина А2-ХТН

превышает 30 °С. Замешенное тесто лопастным нагнетателем по трубопроводу подают в емкость для брожения, откуда оно поступает на разделку, затем на формование тестовых заготовок, их расстойку и выпечку обычным способом.

### **8.3.2. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на жидкой закваске без заварки**

В промышленности широкое распространение получил способ приготовления ржаного хлеба на жидких заквасках с порционным их приготовлением и с непрерывным замесом и брожением теста в агрегате ХТР.

По унифицированной ленинградской схеме на жидкой закваске без применения заварки вырабатывают хлеб из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки. Массовая доля влаги в закваске 69—75 %, кислотность 9—13 град (в зависимости от сорта перерабатываемой ржаной муки), подъемная сила «по шарик» до 35 мин.

При замесе теста на жидкой закваске (массовая доля влаги  $70 \pm 1\%$ ) вносят 30—35 % муки от общей массы, расходуемой на тесто, а при массовой доле влаги 75 % — 25 %.

Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления жидкой закваски без заварки и непрерывного приготовления теста приведена на рис. 8.3.

При порционном приготовлении жидкой закваски питательную смесь из муки и воды с массовой долей влаги 70—75 % замешивают в машинах ХЗ-2М-300 или другом смесителе. Брожение закваски происходит в чанах РЗ-ХЧД с мешалкой и водяной рубашкой. Выброженную закваску поочередно из каждого бродильного чана перекачивают в расходный чан, а к оставшейся массе добавляют питательную смесь в том же объеме (50 %) для воспроизводства полуфабриката. Циклы отборов и освежений закваски проводят через каждые 3—4 ч до достижения ею кислотности 9—13 град.

Из расходного чана закваску дозируют на непрерывный замес теста. Тесто с начальной температурой 29—31 °С бродит в емкости агрегата ХТР или в секциях бункерных агрегатов, или в других емкостях.

Разновидностью приведенной аппаратурно-технологической схемы является схема порционно-непрерывного приготовления жидкой закваски без заварки и непрерывного приготовления теста (рис. 8.4).

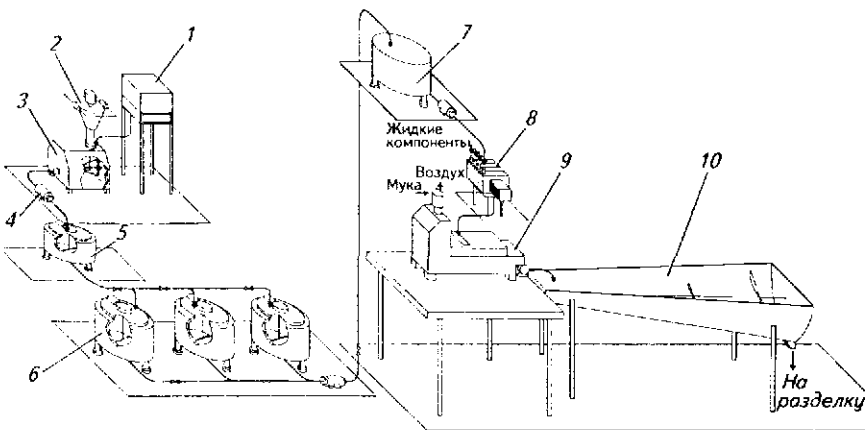
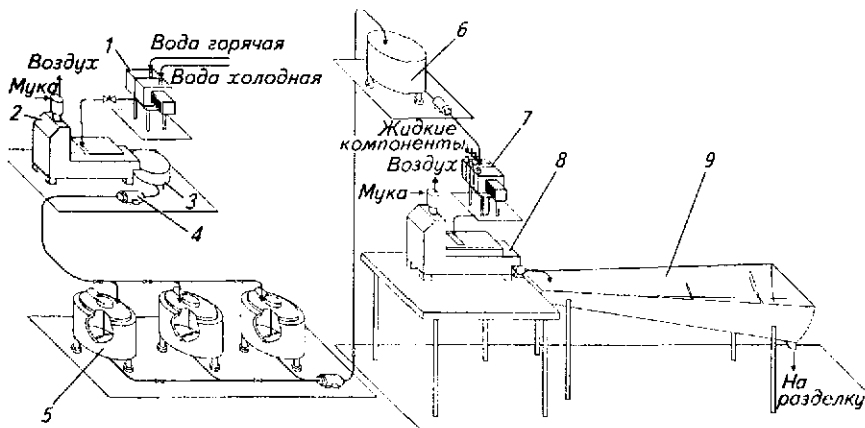


Рис. 8.3. Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления жидкой закваски без заварки и непрерывного приготовления теста:

1 — бак водосолеподготовительный Ш2-ХДИ; 2 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 3 — заварочная машина ХЗ-2М-300; 4 — насос ХНЛ-300; 5 — чан-сборник; 6 — чан дрожжевой РЗ-ХЧД; 7 — расходный чан; 8 — дозировочная станция Ш2-ХДМ; 9 — тестомесильная машина И8-ХТА-12/1; 10 — емкость ХТР для брожения теста



**Рис. 8.4.** Аппаратурно-технологическая схема порционно-непрерывного приготовления жидкой закваски без заварки и непрерывного приготовления теста: 1, 7 — дозировочные станции Ш2-ХДМ; 2, 8 — тестомесильные машины И8-ХТА-12/1; 3 — чан-сборник; 4 — насос ХНЛ-300; 5 — чан дрожжевой РЗ-ХЧД; 6 — расходный чан; 9 — емкость ХТР для брожения теста

В тестомесильную машину непрерывного действия дозируют часть муки, часть выброженной закваски и воду. Полученный таким образом полуфабрикат самотеком поступает в сборник, а затем в бродильный чан РЗ-ХЧД. Из чана полуфабрикат перекачивают насосом в чаны для созревания. Выброженная закваска кислотностью 9—13 град поочередно полностью перекачивается в расходный чан. Из расходного чана 50 % закваски расходуют на возобновление закваски, а оставшиеся 50 % — на непрерывный замес теста с последующим брожением.

Способы приготовления теста на жидких заквасках без заваривания части муки освоены на многих предприятиях при выработке разных сортов хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки.

### **8.3.3. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на жидкой закваске с заваркой**

Тесто на жидких ржаных заквасках с заваркой для выработки хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки готовят в агрегате ХТР (рис. 8.5).

Для приготовления водно-мучной смеси в заварочную машину ХЗ-2М-300, используемую в качестве смесителя, дозаторами подают муку и воду. Полученную однородную массу направляют в сборник с мешалкой. Во вторую заварочную машину дозаторами



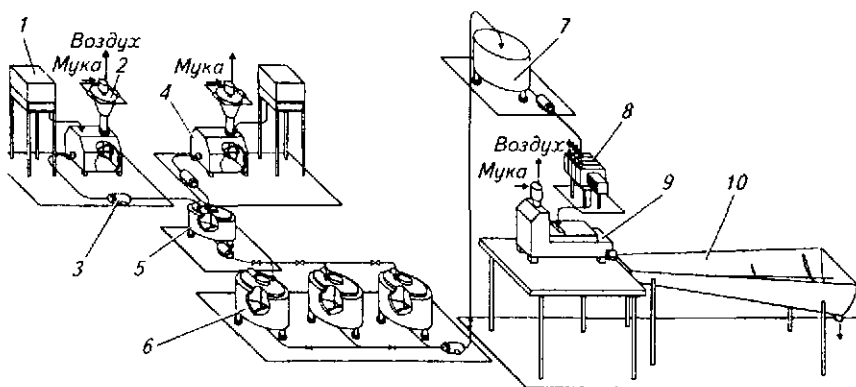
подают муку и горячую воду (или холодную + острый пар) и готовят заварку. Охлажденную в этой же машине заварку перекачивают в сборник с мешалкой, где ее перемешивают с водно-мучной смесью.

Питательную смесь перекачивают в бродильные чаны РЗ-ХЧД для освежения выброженной жидкой закваски. При этом 50 % выброженного полуфабриката в установленной последовательности отбирают из бродильных чанов в расходный, а затем в дозатор для дозирования на замес теста. К оставшейся массе добавляют недостающее количество питательной смеси для продолжения производственного цикла.

Тесто на жидкой закваске с заваркой замешивают в тестомесильной машине непрерывного действия без добавления воды, за исключением воды, содержащейся в солевом растворе и хлебной мочке.

Жидкие закваски длительное время сохраняют стабильные, биотехнологические показатели, они менее подвержены закисанию. Консистенция позволяет их легко транспортировать, что создает возможность механизировать процесс приготовления теста. Продолжительность технологического цикла сокращается, в соответствии с этим уменьшаются необходимая вместимость бродильного оборудования и площадь тестоприготовительного отделения. Хлеб, полученный на жидких ржаных заквасках, отличается более выраженным вкусом и ароматом, медленнее черствеет.

Технологическая схема приготовления заквасок состоит из двух циклов — многоступенчатого разводочного (с применением чис-



**Рис. 8.5.** Аппаратурно-технологическая схема порционного приготовления жидкой закваски с заваркой и непрерывного приготовления теста:

1 — бакоч водосолеподготовительный Ш2-ХДИ; 2 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 3 — насос ХНЛ-300; 4 — заварочная машина ХЗ-2М-300; 5 — сборник МВ-500 с мешалкой; 6 — чан дрожжевой РЗ-ХЧД с мешалкой и воляной рубашкой; 7 — расходный чан; 8 — дозировочная станция Ш2-ХДМ; 9 — тестомесильная машина И8-ХТА-12/1; 10 — емкость ХТР для брожения теста

тых культур молочнокислых бактерий и дрожжей) и производственного.

В развочном цикле для упрощения и ускорения приготовления закваски используют лиофилизированные препараты молочнокислых бактерий в виде сухого лактобактерина в сочетании с чистыми культурами заквасочных дрожжей *Saccharomyces minor* и *Saccharomyces cerevisiae*.

В производственном цикле часть закваски используют для приготовления теста в качестве биологического разрыхлителя, содержащего активную специфическую бродную микрофлору и большое количество органических кислот. Оставшуюся часть направляют на производство новой порции закваски.

#### **8.3.4. Приготовление ржаного теста на подкислителях**

В условиях некоторых производств технологии приготовления ржаного теста предусматривают применение функциональных добавок — подкислителей, обеспечивающих подкисление теста до необходимой кислотности и снижение активности  $\alpha$ -амилазы ржаной муки. Для этих целей применяют порошкообразные и пастообразные подкислители. К порошкообразным относятся: «Форшрит» с общей кислотностью 250 град (фирма «Арома», Германия), «Бакзауер» с общей кислотностью 350 град (фирма «Ульмер Шпац», Германия), «Ибис» с общей кислотностью свыше 500 град (фирма «Лесафр», Франция), «RS-2» с такой же кислотностью (фирма «Пуратос», Бельгия).

К пастообразным относится комбинированная закваска ВАЗ общей кислотностью 200 град (фирма «Бакальдрин», Австрия).

Турецкой фирмой «Пакмая» для хлебопекарной промышленности предложена сухая пищевая добавка на основе натуральных органических кислот (молочной и уксусной), дозировка которой составляет от 1,5 до 2,0 %.

В ГосНИИХПе (г. Москва) разработана сухая добавка «Поли-мол» на основе натуральных кислотосодержащих продуктов.

Во МГУППе запатентована хлебопекарная добавка-улучшитель «Биоэкс», гарантирующая сокращение технологического цикла приготовления ржаного и ржано-пшеничного хлеба, это стабильное качество при дозировке 1,5—3,5 % к массе муки в тесте.

Многофункциональная добавка «Экстра-Р» разработана фирмой «Нива-хлеб» на основе натуральных компонентов. Этот улучшитель применяют в дозировке 1,5—2,7 % к массе муки при ускоренных способах приготовления теста из смеси пшеничной и ржаной муки.

Приготовление теста на этих добавках предусматривает применение прессованных дрожжей. Замес теста проводят в течение

5—8 мин. Температура теста после замеса 30—32 °С, продолжительность брожения 30—60 мин.

В Санкт-Петербургском филиале ГосНИИХПа разработана комплексная подкисляющая добавка «Цитрасол», в состав которой входит натуральное пищевое сырье: ржаная мука (обойная или обдирная), лимонная кислота, сыворотка сухая молочная творожная, солодовая мука или ферментный препарат Амилоризин П10х и другие компоненты в оптимальном соотношении. В зависимости от входящих в рецептуру компонентов (солодовая мука или Амилоризин) и их количества (максимальное или минимальное) «Цитрасол» может вырабатываться в четырех вариантах.

Ржаная мука способствует равномерному распределению в ней остальных рецептурных компонентов смеси, обеспечивая сыпучесть подкисляющей добавки, а также участвует в процессе брожения теста как самостоятельный функциональный компонент.

Лимонная кислота в отличие от молочной существует в кристаллической форме и поэтому удобна для практического использования. В сочетании с молочной кислотой, содержащейся в сухой творожной сыворотке, она обеспечивает высокую кислотность подкисляющей добавки (330—360 град), что позволяет сократить продолжительность технологического процесса производства ржаного и ржано-пшеничного теста на 3—4 ч и уменьшить количество вносимой в тесто подкисляющей добавки до 2,7—4,5 %. Кроме того, содержащиеся в сухой творожной сыворотке молочные белки, аминокислоты, минеральные вещества, лактоза стимулируют жизнедеятельность дрожжей, способствуют повышению пищевой ценности хлеба и образованию ароматических веществ в корке хлеба. Введение в подкисляющую добавку ржаного ферментированного солода положительно влияет на цвет корки и мякиша хлеба, на его вкус и особенно аромат, а внесение солодовой муки или Амилоризина П10х стимулирует жизнедеятельность дрожжей благодаря накоплению декстринов, мальтозы, глюкозы, что позволяет сократить на 10—20 % расход хлебопекарных дрожжей и обеспечивает длительное сохранение свежести хлеба при хранении.

Комплексная подкисляющая добавка «Цитрасол» используется для приготовления ржаных и ржано-пшеничных сортов хлеба вместо традиционной закваски и обладает рядом преимуществ: сокращает трудозатраты, снижает продолжительность технологического процесса в 2,5—3,0 раза и расширяет ассортимент изделий, позволяет предприятиям работать при нестабильных заказах. Кроме этого «Цитрасол» может применяться при выработке заварных сортов хлеба в комплексе с сухими или ржаными заварками «Вега-1» и «Вега-2», разработанными Санкт-Петербургским филиалом ГосНИИХПа. «Цитрасол» имеет срок хранения 3 мес, удобен при хранении и транспортировании.

### **8.3.5. Сравнительная оценка способов приготовления ржаного теста**

Приготовлению ржаного теста на густых заквасках присущи преимущества и недостатки по сравнению с приготовлением теста на жидких заквасках.

Густые закваски содержат больше молочнокислых бактерий, кислотность таких заквасок выше на 3—4 град. В связи с тем что кислоты улучшают структуру ржаного теста и тормозят декстринизацию крахмала, с помощью густых заквасок легче получить хлеб с сухим эластичным мякишем. Тесто, приготовленное на густых заквасках, созревает быстрее, хлеб имеет необходимую кислотность. В связи с повышенной плотностью густых заквасок емкостей для их приготовления требуется меньше.

В то же время режим приготовления густых заквасок в ходе технологического процесса изменить трудно, тогда как жидкие закваски можно легко охладить, подогреть или смешать с различными улучшителями. Густые закваски труднее консервировать при перерывах в производственном цикле. Процессы приготовления, транспортирования и дозирования густых заквасок технически более сложны по сравнению с теми же операциями для жидких заквасок. Приготовление жидких заквасок менее трудоемко. Затраты сухих веществ муки на сбраживание в жидких заквасках несколько ниже, чем в густых.

Сравнивая между собой отдельные технологические схемы приготовления жидких заквасок, необходимо отметить достоинства универсальной схемы ВНИИХПа, которая разработана на основании обобщенного опыта использования других схем приготовления жидких заквасок.

Технологические схемы, в которых заварка не применяется, в техническом отношении более просты, чем схемы, где используется заварка.

Саратовская схема по сравнению с ивановской имеет много недостатков. Отсутствие дрожжей в разводочном цикле снижает подъемную силу закваски. Через некоторое время после выведения в ней накапливаются спонтанно развивающиеся дрожжи. Частые отборы закваски (через 70—75 мин) нарушают нормальное размножение дрожжей. В состав питания входит очень много заварки.

#### **Контрольные вопросы и задания**

1. Как химический состав ржаной и пшеничной муки влияет на технологию хлеба из этих видов муки?
2. Какие закваски используют в производстве изделий из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки?
3. Какие микроорганизмы отвечают за процесс брожения в различных видах ржаных заквасок?

4. Какие схемы производства жидкой ржаной закваски существуют? Назовите отличительные особенности.
5. Какие схемы приготовления ржаного теста существуют? Охарактеризуйте их особенности и приведите сравнительную характеристику.
6. Как можно интенсифицировать процесс созревания ржаного теста?
7. Какие факторы влияют на метаболизм микрофлоры ржаных заквасок и теста?
8. Как проводят консервирование и реанимирование густых ржаных заквасок?
9. Чем технология приготовления ржаного теста на густых заквасках отличается от других технологий?
10. Какие микроорганизмы составляют микрофлору густых и жидких заквасок? Существуют ли различия в ее качественном составе?
11. Какова роль подкислителей в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки?
12. Какие подкислители применяют для приготовления хлеба из смеси пшеничной и ржаной муки?

## Глава 9

### РАЗДЕЛКА ТЕСТА

После созревания тесто разделяют. Разделка теста из пшеничной муки включает следующие операции: деление на куски, округление, их предварительную расстойку, формование, окончательную расстойку, пересадку на под печи, надрезку и отделку тестовых заготовок. В зависимости от вида изделий могут быть исключены те или иные операции.

При разделке теста из ржаной муки предусматриваются следующие операции: деление теста на куски, для подового хлеба — формование, для формового — укладка в формы, расстойка, накладка или отделка, если это предусмотрено технологическими инструкциями.

#### 9.1. РАЗДЕЛКА ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

В табл. 9.1 приведены основные операции разделки теста различных хлебобулочных изделий.

##### 9.1. Основные операции разделки теста для различных хлебобулочных изделий

Изделия из пшеничной муки				Изделия из ржаной муки	
формовой хлеб	подовый хлеб	батоны, булки и др.	халы и другие фигурные изделия	подовый хлеб	формовой хлеб
<i>Деление теста</i>					
Округление тестовых заготовок				Округление на ленточных округлителях	
<i>Предварительная расстойка</i>					
Укладка в формы	Формование	Закатка	Плетение хал и формование фигурных изделий	Формование	Укладка в формы

Изделия из пшеничной муки			Изделия из ржаной муки		
формовой хлеб	подовый хлеб	батоны, булки и др.	халы и другие фигурные изделия	подовый хлеб	формовой хлеб

*Укладка на устройство для расстойки*

*Окончательная расстойка*

Надрезка, наколка, отделка	Надрезка, наколка, отделка	Отделка	Наколка, отделка
----------------------------	----------------------------	---------	------------------

Разница в способах разделке ржаного и пшеничного теста обусловлена различиями в их свойствах.

Первая операция разделки пшеничного теста — деление его на куски заданной массы. Тесто делят на куски с таким расчетом, чтобы масса штучного готового хлеба соответствовала норме, установленной в нормативной документации, с допустимыми отклонениями. Массу тестовой заготовки для каждого сорта определяют исходя из установленной массы готового изделия с учетом точности работы делителя в соответствии с паспортными данными, величины упека и усушки при хранении на данном предприятии.

В процессе работы необходимо стремиться обеспечить постоянный уровень теста в воронке тестоделителя, а также периодически контролировать массу кусков теста, выходящих из тестоделителя.

Пшеничное тесто вследствие своей упругости и сравнительно небольшой адгезии (прилипания) должно подвергаться более интенсивной механической обработке при разделке, чем ржаное. Многократная обработка пшеничного теста необходима для получения однородной структуры по всей массе куска, в результате чего хлеб получается с ровной мелкой пористостью.

Для создания поточно-механизированных линий отдельные виды оборудования объединяют в единый комплекс, позволяющий производить последовательные операции деления теста и посадки тестовых заготовок в печь.

Для выработки подовых изделий круглой формы вместо закаточной машины устанавливают второй округлитель. Люльки в расстойном шкафу должны быть оборудованы мешочками круглой формы или чашками. Посадник тестовых заготовок в расстойный шкаф может быть использован ленточный или маятниковый.

**Деление теста на куски.** Эта операция должна обеспечить получение заданной массы хлеба. Допустимое отклонение отдельных кусков от заданной массы не должно превышать  $\pm 1,5\%$ . Деление осуществляют на тестоделительных машинах по объемному прили-

ципу. Существуют машины, отсекающие тесто от жгута, разделяющие его на куски мерными карманами при различном способе нагнетания теста (шнековым, валковым, лопастным) и штампующие куски теста.

Масса куска теста

$$m_T = m_{хл} + Z_{ул} + Z_{ус} \pm \Delta m_{ТЗ},$$

где  $m_{хл}$  — установленная масса готового изделия, кг;  $Z_{ул}$  — упек (уменьшение массы тестовой заготовки при выпечке, кг;  $Z_{ус}$  — усушка (уменьшение массы) готового изделия в период остывания и хранения), кг;  $\Delta m_{ТЗ}$  — отклонение массы тестовой заготовки от заданной при делении, кг.

Для деления пшеничного теста перед укладкой в формы используют тестоделительные машины «Кузбасс 2М-2» и ХДФ-2М. При производстве подового хлеба и булочных изделий из пшеничной муки применяют тестоделительные машины А2-ХГ-2Н для изделий массой 0,2—1,0 кг; РТ-2 — 0,3—1,1 кг. В настоящее время в промышленности используют тестоделительную машину «Восход ТД-1» и др. (рис. 9.1).

**Округление тестовых заготовок.** Производство подового хлеба из пшеничной муки после деления требует обязательного округления кусков теста, для чего используют тестоокруглительную машину Т1-ХТН и др. Этот процесс необходим для придания кускам теста шарообразной формы, сглаживания неровностей на поверхности кусков и создания пленки, которая препятствует выходу газов из теста в процессе предварительной расстойки. Наличие пленки снижает адгезию теста на других этапах разделки. При производстве круглых подовых изделий после округления куски теста направляются на предварительную расстойку, которая длится 3—5 мин, а затем на окончательное формование кусков теста во второй округлитель. После вторичного округления тестовые заготовки поступают на окончательную расстойку. При производстве многих видов изделий (батонов, булок, плетеных изделий и др.) из пшеничной муки высшего, первого и второго сортов округление является лишь первой операцией формования.

Куски теста округляют в тестоокруглительных машинах различных видов: с конической, цилиндрической или плоской рабочей поверхностью. На рис. 9.2 показана тестоокруглительная машина «Восход ТО-1», предназначенная для округления кусков теста массой от 150 до 600 г.

**Предварительная расстойка тестовых заготовок.** В процессе разделки хлебобулочных и мелкоштучных, а также слобных изделий непосредственно после округления тестовых заготовок необходимо обязательно предусматривать предварительную расстойку. Это кратковременный процесс отлежки кусков теста в течение 5—8 мин в условиях цеха, в результате которого ослабляются возникшие в тесте при делении и округлении внутренние релаксацион-

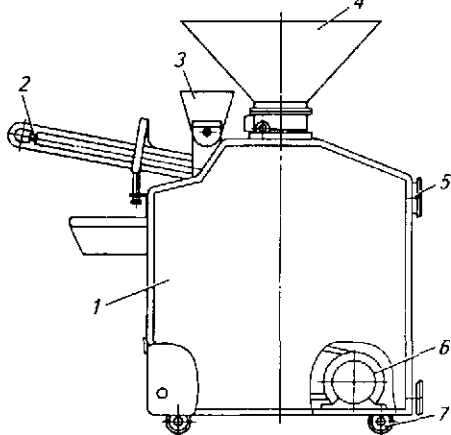


Рис. 9.1. Тестоделительная машина «Восход ТД-1»:

1 — корпус; 2 — ленточный конвейер; 3 — механизм для встряхивания муки; 4 — бункер для загрузки теста; 5 — переключатели, регулирующие массу тестовых заготовок; 6 — привод механизма деления; 7 — опорные колеса

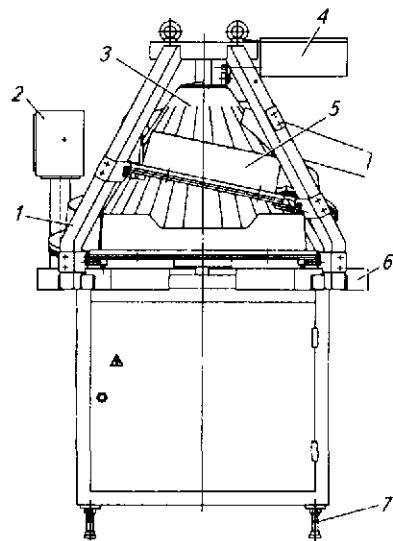


Рис. 9.2. Тестоокруглительная машина «Восход ТО-1»:

1 — корпус; 2 — панель управления; 3 — конус; 4 — механизм для встряхивания муки; 5 — желоб; 6 — бункер для сбора муки; 7 — опорные колеса

ные напряжения и восстанавливаются частично разрушенные отдельные звенья клейковинного структурного каркаса. Предварительная расстойка для слобных изделий продолжается 5—20 мин. Эту операцию можно проводить в шкафу предварительной расстойки, на транспортной ленте, вагонетках, на ленточных транспортерах или на люльках цепного люлечного конвейера. Брожение на этой стадии не играет практической роли, поэтому здесь не нужно создавать особые температурные условия.

**Формование тестовых заготовок.** При выработке батанообразных изделий округленные тестовые заготовки после предварительной расстойки подвергают закатке, для чего используют тестозакаточные машины Т1-ХТ2-3-1 для тестовых заготовок массой 0,22—1,1 кг, Т1-ХТ2-3 — для тестовых заготовок массой 0,055 кг, «Восход ТЗ-3» — для тестовых заготовок массой 0,1—0,8 кг (рис. 9.3). После придания тестовым заготовкам сигарообразной формы они поступают в люльки расстойного шкафа для окончательной расстойки.

Наиболее трудоемкий процесс — изготовление мелкоштучных изделий сложной формы.



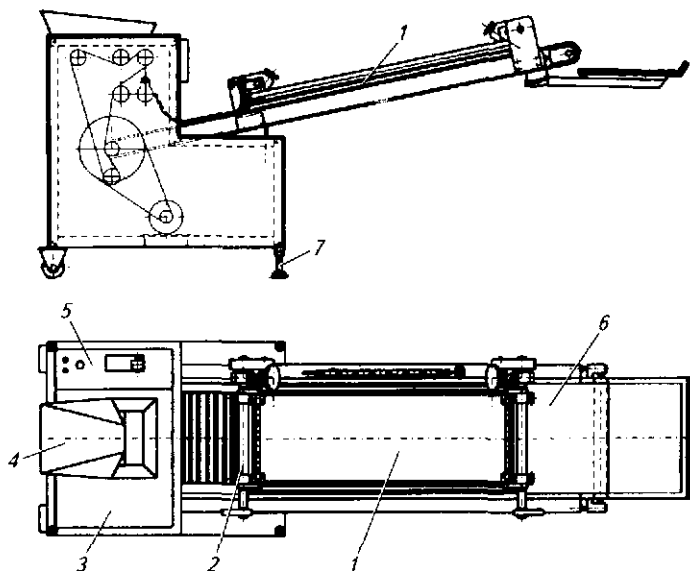
Во избежание прилипания кусков теста к рабочим поверхностям тесторазделочных машин их покрывают антиадгезионными полимерными покрытиями, а тестовые заготовки обдувают теплым воздухом, так как применение муки и растительного масла для этих целей весьма накладно для производства. Объем подаваемого воздуха регулируют с помощью шиберов, устанавливаемых на воздуховодах. В исключительных случаях применяют мукопосыпатели. На подсышку расходуют до 0,1 % муки к общему расходу ее по рецептуре.

После разделки тестовые заготовки поступают на окончательную расстойку.

**Окончательная расстойка тестовых заготовок.** Цель расстойки — восстановление нарушенной при формовании структуры теста и обеспечение разрыхления тестовой заготовки за счет выделения диоксида углерода, а также достижение объема и формы, практически соответствующих готовому изделию.

Для формового хлеба из пшеничной, ржаной муки и их смесей обычно ограничиваются одной расстойкой.

Тестовые заготовки для формового хлеба направляют на расстойку, для чего их укладывают в формы, смазанные растительным маслом или обработанные полимерными составами. Подовые



**Рис. 9.3.** Тестоукаточная машина «Восход ТЗ-3»:

1 — прижимная плита; 2 — раскатывающие фторопластовые валки; 3 — корпус; 4 — подающий лоток; 5 — панель управления; 6 — транспортер; 7 — опорные колеса

изделия для расстойки укладывают в люльки расстойного шкафа или сначала на листы, смазанные специальными эмульсиями с добавлением растительного масла, или доски, посыпанные сухарной крошкой, обтянутые чехлами.

Параметры среды расстойных камер в зависимости от массы, влажности, рецептуры, формы и других показателей тестовых заготовок могут изменяться в значительных пределах. Как правило, температура составляет 35—40 °С, относительная влажность воздуха 75—85 %.

Повышение температуры воздушной среды расстойного шкафа интенсифицирует жизнедеятельность дрожжевых клеток, в результате чего количество диоксида углерода нарастает быстрее. Под действием диоксида углерода растягиваются клейковинные пленки и объем тестовой заготовки начинает увеличиваться. На основании изменившегося объема, формы и физических свойств теста судят об окончании расстойки и готовности тестовой заготовки к выпечке. Окончание расстойки определяют органолептически — легким нажатием влажным пальцем на поверхность тестовой заготовки. При недостаточной расстойке след от нажатия пальцем быстро выравнивается, при нормальной — медленно, при избыточной — не выравнивается.

При недостаточной расстойке выпеченный хлеб получается низким. Формовой хлеб приобретает выпуклую форму со значительными подрывами верхней корки от боковых стенок; подовый хлеб — шаровидную форму с подрывами по окружности от нижней корки.

При избыточной расстойке возможно оседание тестовых заготовок при посадке их в печь, в результате формовой хлеб получается с плоской или вогнутой верхней коркой, а подовый хлеб — с низкой формоустойчивостью и неравномерной пористостью. Продолжительность окончательной расстойки зависит от массы тестовых заготовок, рецептуры теста, вида муки и ее хлебопекарных свойств, формы тестовых заготовок, параметров воздушной среды расстойной камеры и от способа выпечки.

Для расстойки тестовых заготовок формового хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки применяют расстойно-печные агрегаты П6-ХРМ, П6-ХРН, П6-ХРТ и др., для расстойки тестовых заготовок подового хлеба круглой формы массой 0,7—1,0 кг — конвейерные агрегаты Т1-ХР2-3-60, Т1-ХР2-3-120 с последующей автоматической укладкой и посадкой на под печи, для расстойки батанообразных изделий — расстойные шкафы РШВ или ЛА-23М.

Перед посадкой в печь расстоявшиеся тестовые заготовки подвергают различной обработке в зависимости от формы и сорта изделий. Тестовые заготовки для подового хлеба и булочных изделий при пересадке на под печи обычно переворачивают, так как их нижняя поверхность более гладкая и влажная, что обеспечивает

лучшее состояние верхней корки подовых изделий. При необходимости поверхность заготовок перед посадкой в печь опрыскивают водой.

Поверхность заготовок отделяют в соответствии с технологическими инструкциями на каждый сорт.

На тестовые заготовки для булок, батонов и другие хлебобулочные изделия из пшеничного теста перед выпечкой наносят продольные, косые или поперечные надрезы. Число и характер надрезов определяются сортом изделия. Глубина надрезов зависит также от свойств теста, в первую очередь от степени его расстойки. Надрез производят быстрым движением острого, слегка смоченного водой ножа или с помощью надрезающих механизмов.

Цель надрезов — не только украсить поверхность изделия, но и предохранить тестовую заготовку от возникновения при выпечке трещин — разрывов корки. Поверхность надрезанного куска теста разрывается только в местах надрезов, а поверхность ненадрезанного изделия может быть испещрена трещинами в любом месте корки.

Некоторые булочные и слобные изделия перед посадкой в печь смазывают яйцом или яичной смазкой, которую готовят из яиц и воды в соотношении от 1 : 1 до 1 : 2 в зависимости от рецептуры и особенностей сорта. Во избежание порчи яичную смазку готовят на 1—2 ч работы. Разрешается яичную смазку при выпечке булочных и слобных изделий заменять увлажнением (паром). Яйца, предусмотренные по рецептуре для смазки, в этом случае добавляют в тесто, что улучшает вкус изделий и повышает их пищевую ценность.

## 9.2. РАЗДЕЛКА РЖАНОГО И РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Основные операции разделки теста из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки приведены в табл. 9.1 (с. 261).

Ржаное тесто, не имеющее клейковинного каркаса, более пластичное и липкое, поэтому для него требуется минимальная механическая обработка.

Разделка ржаного теста состоит из деления теста на куски, формования тестовых заготовок и окончательной расстойки в формах (для формовых сортов хлеба) или предварительного округления на ленточном округлителе с последующим формованием в мешочках расстойного шкафа.

Первая операция разделки — деление теста на куски заданной массы. Деление на куски проводят с таким расчетом, чтобы после выпечки и усушки масса штучного готового хлеба соответствовала норме.

При производстве формового хлеба из ржаной и ржано-пшеничной муки используют тестоделительные машины «Кузбасс 68-2М»

для изделий массой 0,4—1,0 кг, «Кузбасс 2М-1» и «Кузбасс 2М-2» массой 0,8—1,3 кг.

При выработке подового хлеба из тех же сортов муки применяют делители А2-ХТ-2Н — 0,2—1,0 кг.

Для разделки и выпечки формового хлеба используют специализированные поточные линии. Для деления теста на куски и укладки их в формы расстойного шкафа используют делители — укладчики. В промышленности используют расстойно-печные агрегаты на базе тупиковых (П6-ХРМ, Г4-РПА) и туннельных печей (А2-ХЛФ-25, А2-ХЛФ-50). На рис. 9.4 показан расстойно-печной агрегат Г4-РПА-12.

Разделка теста для подового ржаного хлеба состоит из следующих операций: деления, округления, окончательных формования и расстойки.

Для округления ржаных тестовых заготовок и обеспечения их гладкой поверхности используют ленточный транспортер, имеющий на определенном участке форму желоба. Над этим участком устанавливают фартуки, с помощью которых тестовая заготовка поворачивается и приобретает шарообразную форму.

Разделку теста для подового ржаного хлеба осуществляют на механизированных или комплексно-механизированных линиях. В состав комплексно-механизированной линии входит тестоделитель, транспортер с участком для округления, ленточный укладчик тестовых заготовок на люльки расстойного шкафа Т1-ХР2-3-60 или Т1-ХР2-3-120.

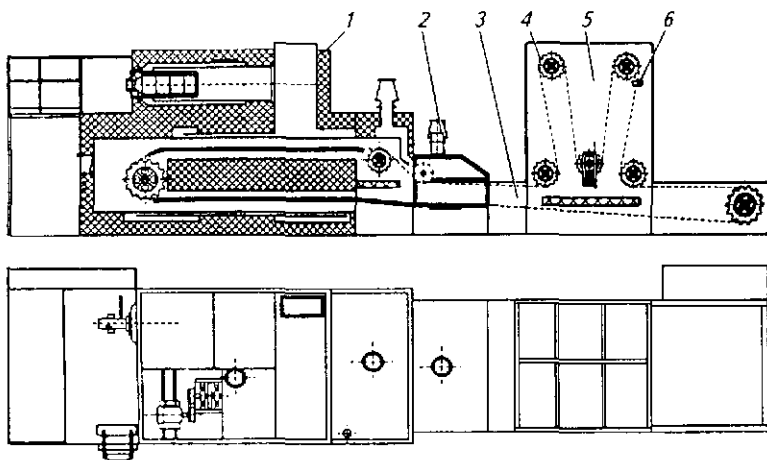


Рис. 9.4. Расстойно-печной агрегат Г4-РПА-12:

1 — печь; 2, 7 — разгрузочная приводная секция; 3 — яставка; 4 — тяговая цепь; 5 — расстойный шкаф; 6 — люльки

Перед посадкой в печь тестовые заготовки обязательно опрыскивают водой для улучшения внешнего вида, обеспечения глянца на верхней корке и снижения упека.

### 9.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛКИ ТЕСТА ДЛЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Для приготовления хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки и хлебобулочных изделий из пшеничной сортовой муки используют замороженные полуфабрикаты. Их производят на хлебозаводе, а размораживание, расстойку и выпечку проводят в мини-печкарнях.

Ассортимент изделий на основе замороженных полуфабрикатов включает: хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки, булочные изделия из пшеничной сортовой муки, сдобные изделия, слоеные изделия из дрожжевого и бездрожжевого теста, а также мучные кондитерские изделия. Для приготовления теста целесообразно применять ускоренные способы с использованием комплексных улучшителей при увеличенной дозировке хлебопекарных дрожжей. Температура теста должна быть на 8—10 °С ниже, чем при традиционных способах (оптимальная температура 18—22 °С). Для снижения температуры теста применяют охлажденное сырье и воду. Дозировку воды уменьшают на 2—4 %. После 40—45 мин брожения тесто делят на куски заданной массы с учетом затрат на упек, усушку и замораживание, тестовые заготовки формуют и укладывают на листы или в кассеты, которые устанавливают в контейнеры и направляют в камеру глубокого замораживания на 60—120 мин, где поддерживается температура (–25)–(–30) °С. Затем замороженные тестовые заготовки укладывают в пластмассовые ящики или коробки из материалов, предназначенных для пищевых продуктов. Каждый ряд замороженных тестовых заготовок выстилают пергаментом, подпергаментом, полиэтиленовой пленкой или другими полимерными материалами, разрешенными органами Госкомсанэпиднадзора РФ.

Замороженные полуфабрикаты хранят в холодильной камере при температуре (–10)–(–18) °С до выпечки. Продолжительность хранения замороженных тестовых заготовок при температуре (–10)–(–15) °С не более 9 сут, при температуре (–16)–(–18) °С — не более 18 сут.

Для приготовления готовых изделий из замороженных полуфабрикатов их размораживают в условиях цеха в течение 40—100 мин или в специальной камере с регулируемым температурным режимом. Замороженные тестовые заготовки укладывают на листы или кассеты, смазанные растительным маслом или эмульсией, и направляют в камеру на размораживание при температуре

18—22 °С в течение 1,0—1,5 ч при массе тестовых заготовок 0,05—0,08 кг, на 1,5—2,0 ч при массе 0,10—0,15 кг или на 2,0—3,0 ч при массе 0,15—0,20 кг. По окончании размораживания тестовые заготовки направляют на окончательную расстойку и выпечку.

#### **9.4. ОСОБЕННОСТИ РАЗДЕЛКИ ТЕСТА ДЛЯ СЛОЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Особенность разделки теста для слоеных изделий заключается в операции слоения теста, которая состоит в придании тесту слоистой структуры путем многократного наложения и раскатывания слоев теста и жирового продукта (масла или маргарина).

Слоение теста осуществляют следующим образом. Выброженное тесто делят на куски массой 5—8 кг, подкатывают их в длину и оставляют для отлежки на 5—10 мин. Тесто для слоев детской, кондитерской, конвертиков слоеных с повидлом и булочки слоенной перед слоением охлаждают до 20—22 °С. Масло, предназначенное для слоения, делят на равные части по числу кусков теста. Охлажденные куски теста после отлежки раскатывают в продолговатую лепешку толщиной 15—25 мм. На 2/3 площади в длину раскладывают мелкими кусочками предварительно размягченное масло или маргарин. Уложенное масло до половины занятой им поверхности лепешки закрывают свободным от масла краем теста. Затем поднимают оставшуюся непокрытой третью часть теста с кусочками масла и накладывают ее на две ранее сложенные части, в результате чего получается три слоя теста, между которыми находятся два слоя масла. Края свернутого теста соединяют, тщательно защипывают во избежание вытекания масла и раскатывают. После раскатки кусок теста с противоположных концов загибают так, чтобы оба края соединились посередине. Образовавшийся кусок теста складывают вдвое, помещают на листы, подпыленные мукой, и выносят в холодное помещение для остывания при температуре 6—10 °С в течение 60—80 мин.

Жировой продукт (масло или маргарин) перед слоением должен быть обязательно охлажден. В последнее время широко используют новый способ внесения жирового продукта при слоении в виде пласта толщиной не более 2 см. Основное требование к жировым продуктам, применяемым для слоения теста, — высокая температура их плавления.

#### **9.5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ПРИЛИПАНИЯ ЗАГОТОВОК К РАБОЧИМ ПОВЕРХНОСТЯМ ОБОРУДОВАНИЯ**

Одним из основных условий долговечности тестоформирующих машин является эффективность способов предотвращения прилипания и размазывания тестовых заготовок по рабочим органам этих машин.

Во избежание прилипания к рабочим поверхностям куски пшеничного теста обдувают прогретым воздухом. Воздух для обдувки забирается непосредственно из верхней зоны помещения и нагнетается вентилятором в воздуховод диаметром 350 мм, откуда по отводам диаметром 100—200 мм он поступает к делительной, округлительной и закаточной машинам. Все воздуховоды изготовляют из листовой кровельной стали. Заканчиваются они насадками (соплами). Насадки располагают так, чтобы в потоке воздуха подсушивались рабочие органы машин и поверхность обрабатываемой тестовой заготовки.

Для регулирования объема воздуха, подаваемого к отдельным машинам, на трубопроводах устанавливают шиберы. Температура воздуха, поступающего на обдувку, колеблется в пределах 28—30 °С, а относительная влажность — в пределах 40—43 %.

К недостаткам этого способа предотвращения адгезии следует отнести громоздкость металлоконструкций воздуховодов и их креплений, а также образование углощенных корок на выпеченных изделиях.

В некоторых случаях для уменьшения прилипания заготовок рабочие поверхности тестоформирующих машин смачивают водой (при производстве ржаного хлеба), растительным маслом или эмульсией.

Наиболее эффективный способ — обработка рабочих органов тестоокруглительных и закаточных машин, деталей и механизмов посадка тестовых заготовок современными полимерными композициями, основу которых составляют фторопласт-4 (тефлон) или кремнийорганические жидкости (силикон).

Для обработки транспортной ленты кремнийорганической жидкостью ГКЖ-94 ленту тщательно промывают теплой водой с мылом или щелочью, после просушивания на воздухе ее погружают на 1—2 мин в 5%-ный раствор ГКЖ-94 в четыреххлористом углероде. После вторичного просушивания ленту термически обрабатывают в сушильной камере при 120 °С в течение 1,5 ч. Пролитку и просушку проводят под вытяжкой. Примерный расход жидкости ГКЖ-94 на 1 м<sup>2</sup> ленты — 214 г.

Для нанесения фторопластовых покрытий металлические детали погружают во фторопластовую эмульсию, а затем проводят полимеризацию тонкого слоя при последующей сушке. Тонкий лист фторопласта можно также прикрепить к рабочим органам тестоформирующих машин при помощи винтов.

Антиадгезионные покрытия позволяют исключить использование растительного масла и пищевых жиров в качестве разделительной смазки формирующих поверхностей, уменьшить потери сырья и готовой продукции, увеличить производительность оборудования, повысить культуру производства, улучшить санитарно-гигиенические условия труда и товарный вид продукции.

Для сокращения производственных затрат в хлебопекарной промышленности целесообразно использовать антиадгезионные покрытия нового поколения, с повышенными био- и термостойкостью на основе порошковых полиолефинов и фторопластов.

От существующих аналогов они отличаются повышенной (в 2,5—3 раза) адгезией к металлу и пониженной (в 1,5 раза) адгезией к продукту, повышенной (в 2—3 раза) прочностью, стойкостью к термическим, механическим и биологическим повреждениям и воздействию агрессивных сред. Полимерные покрытия легко поддаются санитарной обработке, в результате которой уменьшается возможность развития вредной микрофлоры.

Почти полное отсутствие прилипания достигается при охлаждении поверхности раскатывающих машин до температуры 2—4 °С путем подачи в них охлаждаемых жидкостей.

Меньшая адгезия заготовок и более надежная работа характерны для формующих машин с высокой скоростью движения кусков в зоне обработки и специальной рельефной поверхностью рабочих органов (рифление, насечки и др.). Это объясняется уменьшением продолжительности обработки и площади контакта тестовой заготовки с рабочими органами оборудования.

#### 9.6. ФОРМЫ И ЛИСТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ВЫПЕЧКИ ТЕСТОВЫХ ЗАГОТОВОК. АНТИАДГЕЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ФОРМ И ЛИСТОВ. ЭМУЛЬГАТОРЫ

Хлеб выпекают в формах, на листах или непосредственно на поду печи, поэтому от размеров форм, листов и размеров изделий зависит число изделий на поду и производительность печи.

Формовой хлеб выпекают в хлебопекарных формах, соответствующих ГОСТ 17327—88 (табл. 9.2).

**9.2. Размеры прямоугольных форм для выпечки хлеба**

Формы	Масса хлеба, кг		Размер форм, мм	
	ржаного	пшеничного	сверху	снизу
ФАШ-3, ФСМ-3, ФАЛ-3	1,5	1,0	250 × 140	210 × 190
ФАШ-5, ФСМ-5, ФАЛ-5	1,0	0,8	220 × 110	190 × 140
ФАШ-4, ФСМ-4, ФАЛ-4	1,0	0,8	235 × 115	205 × 145
ФАШ-2, ФСМ-2, ФАЛ-2	1,5	1,3	265 × 115	235 × 145
ФАШ-1, ФСМ-1, ФАЛ-1	2,0	—	290 × 150	260 × 120

**Примечание.** Высота всех форм 115 см. ФАШ — форма алюминиевая штампованная; ФСМ — форма стальная многошовная; ФАЛ — форма алюминиевая литая.



В расстойно-печных агрегатах формы для выпечки хлеба крепят на люльки конвейера. Загрузка тестовых заготовок в формы механизирована. При выпечке формового хлеба в печах, монтируемых раздельно с расстойным агрегатом, формы, склепанные по три, устанавливают на люльки конвейера расстойного шкафа и печи вручную.

Большую часть подовых изделий (батоны, булки, хлеб круглый и др.) выпекают непосредственно на поду печи, посадка изделий в печь может производиться как вручную, так и механизированным способом. Механизированную укладку заготовок применяют в линиях, где установлены печи ленточного типа. При выпечке изделий на подиках люлечных конвейерных печей для расстойки можно использовать расстойные доски, размер которых кратен размеру подика печи. Так, при выпечке в печи типа ФТЛ-2 доски для расстойки имеют размеры 950 × 350 мм.

Если шплетенки, сайки, рожки, булочную мелочь, сдобу выпекают на металлических листах размером 620 × 340 мм, то на них же происходит и расстойка тестовых заготовок. На под печи тестовые заготовки укладывают в определенном порядке. Между заготовками, выпекаемыми на поду или на листах, должен быть зазор 2—4 см.

Для обеспечения надежной разгрузки конвейерных печей на многих хлебопекарных предприятиях формы и листы смазывают растительным маслом вручную. При этом невозможно обеспечить одинаковую толщину смазки по всей поверхности форм или листов, что приводит не только к перерасходу масла, но и к неравномерному распределению температурных полей в выпекаемом изделии. Указанные неблагоприятные факторы, в свою очередь, способствуют выходу бракованной продукции.

Разработка и внедрение автоматизированных устройств для смазки форм и листов не могут устранить ряд общих недостатков: усложнение технической схемы и снижение ее надежности, необходимость дополнительных капиталовложений, повышенная загазованность на рабочих местах от распыляемой смазки (масла и жироводных эмульсий). Не может радикально решить проблему экономии растительного масла и использование жироводных эмульсий. Даже наиболее эффективная обратная эмульсия (вода в масле) обеспечивает экономию 20—30 % масла при 50%-ной концентрации его в эмульсии. При использовании наиболее распространенной прямой эмульсии (масло в воде) были выявлены недостатки, обусловившие почти повсеместный отказ от ее применения.

Повышение культуры производства и улучшение условий труда, достигаемые при использовании антипригарных покрытий, всегда рассматривались как обязательный и экономически важ-

ный фактор, так как несоответствие рабочих мест требованиям ГОСТа влечет за собой ощутимые штрафные санкции.

Антипригарные (антиадгезионные) полимерные покрытия предотвращают пригорание хлеба и хлебобулочных изделий при выпечке, сокращают простои оборудования и потери сырья. Отвержденное полимерное покрытие — тонкая эластичная пленка, равномерно покрывающая поверхность, — обладает высокой влаготстойкостью, физиологической и термической стабильностью и антиадгезионными свойствами по отношению к пищевым средам. Благодаря применению таких покрытий исключается необходимость смазки форм и инвентаря, на что ежегодно расходуются десятки тысяч тонн растительных и животных масел, а также жиров. При этом также следует учитывать, что масла и жиры, используемые для смазки рабочих поверхностей, не улучшают пищевой ценности конечных продуктов. Напротив, в ряде случаев их качество снижается, например за счет попадания в продукцию обуглившихся продуктов пиролиза масел или образования подгорелой корочки у готового изделия вследствие недостаточно высокого разделительного эффекта (частичное пригорание продукта).

Антипригарные покрытия на основе кремнийорганических олигомеров (преимущественно каучука СКТН) обладают неплохими антиадгезионными свойствами, технологичны. Главные недостатки покрытий — ограниченные термо- и кислотостойкость — все же позволяют использовать их в печах средней мощности для выпечки формового хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки в условиях непрерывного круглосуточного режима работы.

Снижение загрузки поточных линий до 30—40 % производственных мощностей привело к появлению так называемых «холостых пробегов» (порой на протяжении целой смены) пустых, не загруженных тестовыми заготовками форм через горячую зону печи. В столь жестких условиях кремнийорганическое покрытие быстро утрачивает свои свойства, и даже эпизодические кратковременные «холостые пробеги» и термоудары резко сокращают срок его службы. Повторное покрытие связано с ощутимыми затратами. Поэтому на некоторых предприятиях формы и листы с такими покрытиями используют там, где можно обеспечить щадящие условия эксплуатации, например при периодическом производстве кексов и куличей.

Более термостойки и долговечны антипригарные покрытия на основе силоксановых блоксополимеров. Их применяют для покрытия форм печных агрегатов с интенсивными тепловыми режимами.

Благодаря использованию этих покрытий готовое изделие извлекается из форм без каких-либо механических усилий, исключаются деформации, коробление форм и образование в них сквозных отверстий. В процессе эксплуатации полимерное покрытие

способствует равномерному распределению теплоты по всей поверхности формы, тогда как формы без покрытия подвергаются локальному перегреву (тепловым ударам) в местах образования нагара. Увеличение срока службы форм является также фактором эксплуатационной надежности оборудования и экономии металла.

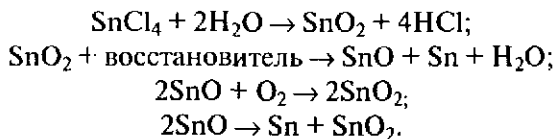
Наиболее перспективны, как показали производственные испытания, так называемые «покрытия третьего поколения», основу которых составляют модифицированные порошковые полиолефины и фторопласты.

Порошковые антипригарные покрытия адаптированы к жестким условиям эксплуатации и обладают рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами, включая покрытия на основе суспензионного фторопласта. Специалисты отмечают, что в географических и климатических условиях России использование суспензионных покрытий нецелесообразно, так как 45–60 % дисперсионной среды (воды) приходится доставлять потребителю на большие расстояния, а хранение или транспортирование суспензии при отрицательных температурах резко ухудшает ее свойства.

Покрытия на базе модифицированных порошковых фторопластов сохраняют антиадгезионные (включая антипригарные) свойства в широком интервале знакопеременных температур — от глубокого замораживания до высокотемпературной выпечки, в том числе в режимах обжарки при производстве ржаных и ржано-пшеничных сортов хлеба с повышенными кислотностью и адгезией теста. Эти покрытия являются полифункциональными, так как обладают не только антиадгезионными, но и противокоррозионными свойствами, а также высокой стойкостью к биодеградации.

Покрытия на основе порошковых полиолефинов можно использовать для защиты оборудования в низко- и среднетемпературных технологических процессах: при замораживании тестовых полуфабрикатов, разделке, формировании, расстойке и транспортировании тестовых заготовок.

В настоящее время созданы специальные антиадгезионные покрытия на основе сложных оксидов. Процесс получения пленок оксида олова нестехиометрического состава можно представить следующими схемами:



Толщина полученных пленок — от 1,0 до 1,5 мкм.

Наилучшими антиадгезионными свойствами и безвредностью обладают пленки оксидов олова нестехиометрического состава. Применение олова в пищевой промышленности разрешено службами санитарной и гигиенической инспекции.

Поставляемое в крупные города и столицу импортное оборудование для хлебопекарной отрасли снабжено тефлоновым покрытием. Это оборудование, как правило, дорогое и находится на гарантийном обслуживании. По мере износа покрытия противни и листы отсылают фирме-изготовителю для повторного нанесения покрытия. Однако эти затраты оправданы, так как преимущества этого чудесного материала полностью компенсируют затраты на него.

Тефлон обладает удивительными свойствами: крайне низкий коэффициент трения; отличные антиадгезионные свойства (к материалу ничего не прилипает); превосходные диэлектрические свойства; устойчивость к окислителям, щелочам, органическим растворителям (можно кипятить в «царской водке»); устойчив биологически (не разрушается ферментами и микробами); механическая прочность сохраняется в области температур от  $-190$  до  $+260$  °С; устойчив к свету и водяному пару; не подвержен воздействию воды; достаточно прочен и долговечен; негорюч; прост в обработке; физиологически нейтрален, разрешен к употреблению в пищевой промышленности организациями ВГА (Федеральный союз оптовой и внешней торговли), FDA (Управление по контролю за лекарственными препаратами и продуктами питания США) и Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора России.

Благодаря своей биоинертности тефлон полностью безвреден для организма. Даже если полимерный слой поцарапан и мелкие частицы его попали в пищу, нет повода беспокоиться — они без изменений проходят через желудочно-кишечный тракт и выводятся наружу. Современные аналитические методы, например газовая хроматография, позволяют детально изучить состав паров, выделяемых при нагревании тефлона. Одно из таких исследований показало, что при нагреве покрытия свыше  $300$  °С из него выделяется бензол, который содержится в одном из компонентов материала. Впрочем, выделение бензола невелико и зависит от степени нагрева посуды. Даже при значительном перегреве концентрация бензола не превышает допустимого для этого вещества безопасного уровня, т. е. тефлон можно отнести к одному из самых безопасных для человека материалов.

Российским аналогом тефлона является фторопласт-4.

В России фторопласты выпускаются с 1949 г. Они в основном используются в качестве теплостойкого изоляционного материала в пищевой промышленности и медицине. Причем российский аналог по качеству не уступает зарубежному, а цена значительно

ниже. Это реальный выход для тех производителей, которые работают на старом оборудовании.

Благодаря инертности фторопласта-4 к жирам, маслам, влаге, кислотам, а также полному отсутствию запаха его можно применять при любых условиях обработки без опасения порчи пищевых продуктов.

Этот материал, используемый хлебопеками как съемное антипригарное полотно, несомненно, облегчает работу и обладает следующими свойствами:

позволяет выпекать неформовые хлебобулочные, кондитерские изделия и мелкоштучную продукцию без использования масла;

готовые изделия легко отделяются, не теряя формы;

в процессе эксплуатации нет необходимости после каждого цикла остужать противень, что увеличивает производительность печи;

противни или листы остаются чистыми;

при необходимости полотно легко можно вымыть водой с любым моющим средством или протереть салфеткой;

полотно можно использовать также в морозильной камере для быстрого замораживания продуктов (абсолютные антиадгезионные свойства даже при 100 °С).

По результатам опроса предприятий, использующих российское полотно, материал выдерживает до 4000 циклов при 12-часовой рабочей смене (6—8 мес) при температуре до 260 °С (кратковременно до 300 °С). Российское полотно выпускается в рулонах шириной от 90 до 100 см с большим диапазоном толщины. Толщина полотна, обеспечивающая хорошее пропекание хлебобулочных и кондитерских изделий, составляет от 0,08 до 0,1 мм. Полотно можно эксплуатировать с любой стороны. Его кладут на противни или листы или закрепляют механически металлическими полосками.

Из полотна могут быть изготовлены транспортные ленты, покрытия для валов и поверхностей для раскатки теста.

В любом технологическом цикле при получении хлебобулочных и кондитерских изделий требуется смазка форм, листов и пода. Даже формы с тефлоновым покрытием для увеличения срока службы рекомендуется смазывать маслом.

До недавнего времени в России для смазки использовали растительное масло. Компания «Русский Бейклс» предлагает альтернативу маслу — широко используемую во всем мире эмульсию «Тинкол».

В России «Тинкол» выпускается в ассортименте, специально разработанном для отечественного рынка с учетом специфики и традиций. Учитывая потребности каждого конкретного пищевого и перерабатывающего предприятия, промышленность предлагает различные виды эмульсий, включая морозостойкий вариант.

Готовая к употреблению водно-масляная эмульсия «Тинкол» служит для смазки, препятствующей прилипанию тестовых заготовок к хлебопекарным формам, листам и подам в процессе выпечки. По качеству она не уступает европейским аналогам, позволяет значительно снизить расходы, традиционно связанные со смазкой.

Эмульсию на листы и формы можно нанести традиционным способом — вручную. Причем при постоянном использовании расход эмульсии сокращается. Если при первых смазках требуется около 1,5 кг на 1 т продукции (для формового хлеба по 800 г), то при последующих смазках расход снижается до 1,25 кг.

Существует также другой способ нанесения эмульсии — распылением с помощью различных устройств. Например, смазчик РС-50 рекомендуется использовать на любых предприятиях, где производится ручная смазка форм, листов и подов. В комплект устройства входят: нагнетательный бак, блок контрольно-измерительной аппаратуры, блок управления и распылительный пистолет для нанесения эмульсии.

Эмульсия из бака подается под давлением в носовую часть пистолета-распылителя и смешивается с воздухом, поступающим в том же направлении по воздушной магистрали. Разбиваясь на мелкие капли и образуя конус, эмульсия «Тинкол» благодаря своей оптимальной вязкости тонким слоем равномерно покрывает все поверхности.

На высокопроизводительных предприятиях для нанесения эмульсии «Тинкол» рекомендуется использовать автоматические смазчики, которые позволяют одновременно смазывать от 1 до 16 форм. Они могут быть разработаны специально для условий конкретного предприятия.

В ГосНИИХПе разработаны рецептуры и технологии высокостойких эмульсий серии «Олина» (ТУ 9142-004-05747152—97) для обработки форм и листов механическим или ручным способом. В рецептуры эмульсий включены высокоэффективные эмульгаторы, в том числе растворимые в масле при температуре 20—25 °С.

### Контрольные вопросы

1. Чем различается разделка пшеничного и ржаного теста?
2. Для чего служит операция округления тестовых заготовок? Каково назначение предварительной и окончательной расстойки тестовых заготовок?
3. Какие мероприятия проводят для устранения прилипания заготовок к рабочим поверхностям оборудования?
4. Какие хлебопекарные формы и листы применяют на предприятиях?
5. Какие антиадгезионные покрытия применяют для обработки форм, листов и подов?

## ВЫПЕЧКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Выпечка — заключительная стадия приготовления хлебобулочных изделий, окончательно формирующая их в продукт, готовый к употреблению. В процессе выпечки внутри тестовой заготовки происходят интенсивные теплофизические, биохимические, микробиологические и коллоидные процессы, в результате которых формируется эластичный, сухой на ощупь мякиш, образуются специфические вкусовые и ароматические вещества, приобретаются характерная окраска и толщина корки.

Быстрота прогрева тестовой заготовки и продолжительность выпечки зависят от нескольких факторов: от температуры в пекарной камере, рецептуры, влажности, объема и массы тестовой заготовки, ее разрыхленности, способа выпечки (на поду или в формах), плотности укладки тестовых заготовок на поду печи.

Все изделия выпекают при перемешном режиме. Режим выпечки в определенной степени зависит от особенностей выпекаемого сорта.

Для большинства сортов подового хлеба и булочных изделий рекомендуется режим, при котором тестовые заготовки последовательно проходят зоны увлажнения, повышенной и пониженной температуры.

Продолжительность выпечки каждого вида изделия устанавливается на предприятии в зависимости от конструкции печей и их технического состояния.

Выпечка — нестационарный процесс теплообмена с изменением агрегатного и коллоидного состояния материала, сопровождающийся перемещением и испарением влаги.

В пекарной камере теплота передается тестовым заготовкам излучением, конвекцией и теплопроводностью. Под воздействием теплоты и влаги в тесте протекают взаимосвязанные физические, биохимические, микробиологические и коллоидные процессы.

Теоретический расход теплоты на выпечку  $Q$  (кДж/кг) в расчете на 1 кг горячих изделий включает расход теплоты на нагрев теста, на испарение влаги из него и на перегрев образующегося из этой влаги пара до температуры паровоздушной смеси в пекарной камере

$$Q = \varphi(i_n - i_b) + m_k c_k (t_k - t_r) + (m_c c_c + W c_b)(t_m - t_r),$$

где  $\varphi$  — утек, отнесенный к массе горячей продукции, кг/кг;  $i_n$  — энтальпия перегретого пара при температуре камерной смеси 180–250 °С и атмосферном давлении, кДж/кг;  $i_b$  — энтальпия воды в тесте, поступающем в пекарную камеру, кДж/кг;  $m_k$  — масса корки в 1 кг горячей продукции, кг/кг;  $c_k$ ,  $c_c$  и  $c_b$  — удельная

теплоемкость корки, сухого вещества мякиша и воды в изделии соответственно, кДж/(кг · К);  $t_k$ ,  $t_t$  и  $t_m$  — температура соответственно корки, теста (поступающего в пекарную камеру), мякиша, °С ( $t_k = 130$  °С,  $t_t = 30$  °С;  $t_m = 98$  °С);  $m_c$  — масса сухого вещества мякиша в 1 кг горячего изделия, кг/кг;  $W$  — влажность 1 кг изделия в момент выхода из пекарной камеры, кг/кг.

Весь процесс выпечки делится на три периода. Первый период выпечки характеризуется интенсивным внешним теплом- и массообменом, в результате которого осуществляются прогрев тестовой заготовки и увеличение ее массы за счет конденсации пара. Во втором периоде выпечки начинается углубление зоны испарения, сопровождающееся повышением температуры тестовой заготовки и образованием корки. В третьем периоде выпечки корка и структура мякиша препятствуют дальнейшему увеличению объема теста, при этом скорость испарения становится постоянной.

Для выпечки 1 кг хлеба теоретически требуется около 293—544 кДж, которые затрачиваются на прогрев тестовой заготовки, на испарение из нее влаги и на перегрев полученного пара до температуры паровоздушной смеси в пекарной камере. Большая часть теплоты (около 55—60 %) расходуется на испарение влаги из тестовой заготовки. Теплота передается тестовой заготовке на 80—85 % излучением (или радиацией) из теплопередающих поверхностей и от нагретой паровоздушной среды, заполняющей камеру. Значительная доля теплоты воспринимается тестовой заготовкой в результате конденсации на ее поверхности водяных паров. Некоторая часть теплоты передается путем теплопроводности от горячего пара и конвекцией с помощью перемещающихся токов паровоздушной смеси пекарной камеры.

При введении в пекарную камеру тестовой заготовки температура и влажность ее отдельных слоев (поверхностного, подкоркового и центрального) изменяется неодинаково (рис. 10.1).

Температура теста, помещенного в печь (35—40 °С), значительно ниже температуры пекарной камеры (180—240 °С), поэтому в первые минуты прогрева на поверхности куска теста конденсируются водяные пары, что приводит к некоторому повышению влажности и массы теста. В этот период (1—3 мин) выпечки пшеничного хлеба относительная влажность воздуха должна быть 70—80 %, температура 100—120 °С. При таких условиях достигается максимальная конденсация паров на поверхности тестовых заготовок.

В зоне увлажнения в результате подачи пара создается высокая влажность среды и устанавливается температура 120—150 °С. Эту зону иногда выносят за пределы печи. Продолжительность нахождения тестовой заготовки в этой зоне составляет около 10 % от общей продолжительности выпечки. Под печи в зоне посадки тестовых заготовок должен быть разогрет до 180—200 °С, особенно при выпечке ржано-пшеничного хлеба. Выпечка пологого хлеба на не-



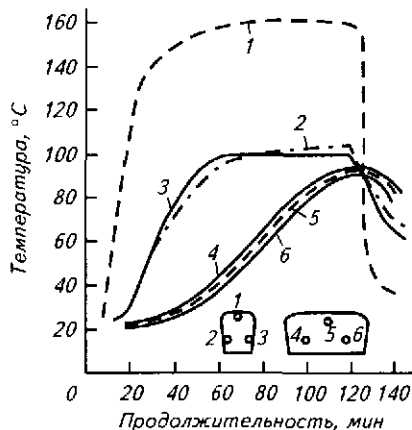


Рис. 10.1. Изменение температуры в различных слоях формового хлеба при выпечке:

1 — кривая температуры верхней корки; 2, 3 — кривые температур боковых корок; 4—6 — кривые температур различных слоев мякиша

достаточно нагретом поду вызывает образование круговых подрывов на нижней корке изделия. В зоне увлажнения заготовки находятся в течение 2—5 мин. После зоны увлажнения температура среды пекарной камеры должна быть повышена до 180—220 °С. Время пребывания изделий в этой зоне составляет около 20 % от общей продолжительности выпечки. Остальная часть выпечки происходит при той же или более низкой температуре.

Для изделий типа городских булок, при выпечке которых в месте надреза должен образовываться «гребешок», в зоне увлажнения рекомендуется поддерживать температуру на уровне 150—160 °С. Сразу после посадки заготовок на под (за 1—2 мин до достижения зоны увлажнения) осуществляют интенсивный подвод теплоты снизу. Продолжительность пребывания заготовок в зоне увлажнения 5—7 мин.

Сдобные изделия выпекают чаще всего на листах при температуре 200—220 °С.

При перемещении паровоздушной среды к поверхности тестовых заготовок плотность потока пара  $[кг/(м^2 \cdot с)]$  определяют по формуле

$$I_{II} = \Delta g / \Delta t F,$$

где  $\Delta g$  — приращение массы конденсата за время  $\Delta t$ , кг;  $F$  — площадь поверхности тестовой заготовки, на которой конденсируется пар,  $м^2$ .

Этому потоку массы пара эквивалентен удельный поток теплоты, выделившейся при конденсации пара,  $q_k$  (кВт/м<sup>2</sup>),

$$q_k = r_n j_n,$$

где  $r_n$  — удельная теплота перегрева пара, кДж/кг;  $j_n$  — количество пара, конденсирующегося на поверхности изделия, [кг/(м<sup>2</sup> · с)].

$$j_n = \alpha(t_c - t_n)/(r + c_n(t_c - t_n)),$$

здесь  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи при конденсации пара, кВт/(м<sup>2</sup> · К);  $t_c$  и  $t_n$  — температуры соответственно паровоздушной смеси и поверхности тестовой заготовки, К.

Коэффициент теплопередачи (Вт/(м<sup>2</sup> · К)

$$Nu = 0,05Ar^{0,69}\epsilon_n^{1,68}Q^{-3,47},$$

где  $Nu$  — число Нуссельта;  $Ar$  — число Архимеда;  $\epsilon_n$  — объемное содержание пара в паровоздушной среде;  $Q = t_{n,n}/t_n$  — температурный симплекс, равный отношению температуры перегретого пара к температуре пара, поступающего из парсувального устройства.

### 10.1. СПОСОБЫ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА

Существуют принципиально различающиеся способы выпечки хлебобулочных изделий, при которых вся масса теста прогревается одновременно и равномерно. Такой прогрев тестовой заготовки достигается при электроконтактном способе выпечки и выпечке в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты. В первом случае тестовую заготовку подвергают воздействию переменного тока промышленной частоты, в результате чего выделяется теплота, количество которой прямо пропорционально силе тока, сопротивлению теста и времени прохождения тока через тестовую заготовку.

Сущность прогрева тестовой заготовки токами высокой частоты состоит в том, что ток, проходя через заготовку, вызывает энергичное трение и колебание молекул, при этом выделяется теплота.

Хлеб, выпеченный с применением электроконтактного способа или в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты, не имеет корок, вкусовые и ароматические свойства его снижены. Выпечка хлебобулочных изделий в электромагнитном поле токов высокой частоты (10—30 МГц) и электроконтактным способом пока дороги. При выпечке хлеба в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (2300—2500 МГц) так же, как и при выпечке хлеба в электромагнитном поле высокой частоты, получается бескорковый хлеб, состоящий полностью из мякиша.

Для интенсификации прогрева теста во время выпечки более широкое применение находят инфракрасные лучи — тепловые лучи, лежащие за красной видимой частью спектра, способные проникать в глубь заготовки на 3—9 мм.

В результате использования инфракрасных лучей предотвращается подгорание поверхности изделия. В печах с генераторами инфракрасного излучения с максимумом длины волны излучения 1—3 мкм теплота ИК-излучения воспринимается как поверхностью выпекаемой тестовой заготовки, так и верхним слоем толщиной в несколько миллиметров. В результате происходит быстрый прогрев выпекаемой тестовой заготовки. Продолжительность выпечки в печах с генераторами инфракрасного излучения сокращается на 25—30 %.

Для ускоренной выпечки хлеба с нормальной коркой целесообразно применять комбинированный прогрев тестовой заготовки: в электромагнитном поле сверхвысокой частоты + ИК-прогрев; электромагнитный способ + ИК-прогрев; в электромагнитном поле высокой частоты + ИК-прогрев.

## **10.2. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ТЕСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ ПРИ РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОЙ ВЫПЕЧКЕ ХЛЕБА**

Теплота передается выпекаемой тестовой заготовке излучением, конвекцией и кондукцией (прямой теплопроводностью) непосредственно от пода или подика. Основная роль, однако, во всех случаях остается за передачей теплоты излучением.

Существенное значение в передаче теплоты куску теста в первый период выпечки имеет теплота конденсации паров паровоздушной смеси пекарной камеры на его поверхности и в поверхностном слое.

Температура любого слоя тестовой заготовки, к концу выпечки превращенного в мякиш, не превышает 100 °С.

Температура поверхности тестовой заготовки очень быстро достигает 100 °С и продолжает расти до 160—180 °С. Стабилизация температуры в мякише теста-хлеба на уровне 100 °С обусловлена наличием подкоркового паровоздушного слоя, расположенного на границе корки и мякиша, температурой 100 °С.

Тесто обладает низкой влагонепроводностью вследствие большой разницы температур поверхностных и расположенных ближе к центру слоев выпекаемой тестовой заготовки. Подвод влаги к ее поверхности отстает от интенсивности обезвоживания поверхностного слоя, и поверхность испарения начинает постепенно проникать внутрь образуемого мякиша. Превращение воды в пар в этой зоне (в слое между уже образовавшейся обезвоженной корочкой и глубже расположенными слоями теста, позднее мякиша) происходит при 100 °С (при нормальном давлении).

Влага в хлебе испаряется при температуре около 100 °С только в зоне испарения, расположенной между коркой и мякишем.

На прогрев тестовой заготовки в процессе выпечки влияют ее технологические характеристики и теплофизические параметры пекарной камеры (температура теплоотдающих поверхностей, температура, относительная влажность и скорость перемещения паровоздушной среды).

От увлажнения атмосферы пекарной камеры в значительной степени зависят упек и увеличение объема хлеба в печи, а также характер поверхности корки готового хлеба и даже его форма.

Конденсация влаги происходит до тех пор, пока температура поверхности тестовой заготовки не превысит температуры точки росы, соответствующей параметрам паровоздушной смеси, заполняющей пекарную камеру. Конденсация водяных паров на поверхности куска теста вызывает клейстеризацию крахмала, растворение декстринов, образовавшихся вследствие термического гидролиза крахмала. Жидкий слой клейстеризованного крахмала заполняет поры и сглаживает неровности на поверхности тестовой заготовки. При высыхании такого слоя в дальнейшем образуется гладкая корка, плотная и блестящая.

Конденсация паров на поверхности тестовой заготовки влияет на качество хлеба, его объем, форму и состояние поверхности корки. Кроме того, конденсирующийся пар оказывает существенное влияние на передачу теплоты тестовой заготовке и на ее прогрев, поскольку при конденсации пара выделяется удельная (скрытая) теплота парообразования.

Увлажнение ускоряет прогрев поверхности тестовой заготовки, корки и ускоряет прогрев слоя мякиша, примыкающего к корке.

Влияние массы и формы тестовой заготовки на ее прогрев в процессе выпечки также значительно. Чем больше ее масса, тем медленнее прогревается центральная часть теста и, естественно, тем длительнее процесс выпечки.

Повышение влажности теста ускоряет, а понижение замедляет прогрев теста при выпечке. Чем выше влажность теста, тем выше его теплопроводность.

Толщина корки вследствие ее более низкой тепло- и влагопроводности сказывается на скорости формирования мякиша хлеба.

Корка представляет собой слой, оказывающий большое сопротивление пару, проходящему через него, из более глубоких слоев тестовой заготовки в пекарную камеру. Часть пара, образовавшегося над нижней коркой выпекаемой тестовой заготовки, может устремляться из корки через поры мякиша в слои, прилегающие изнутри к зоне испарения. Доходя до слоев, расположенных ближе к центру и менее нагретых, пары влаги конденсируются, тем самым повышая влажность слоя, в котором произошла конденсация.

Внутреннее перемещение влаги во влажном материале возможно, если существует разность потенциалов переноса. В тестовой

заготовке перенос влаги обусловлен разностью концентрации влаги в разных участках ее объема и разностью температур.

Разность концентрации влаги является побуждающим моментом для перемещения влаги в материале от участков с большей концентрацией влаги к участкам с меньшей ее концентрацией. Такое перемещение влаги называется концентрационной диффузией или концентрационной влагопроводностью.

Перемещение влаги во влажном материале из-за разности температур в отдельных участках влажного материала называют термодиффузией (в газах и растворах), или термовлагопроводностью (во влажных твердых телах).

К моменту завершения процесса выпечки влажность мякиша в целом повышается на 1,5—2,5 %.

Формовой хлеб из пшеничной муки выпекают при незначительном увлажнении пекарной камеры в первой зоне печи. В этот период заготовки несколько увеличиваются в объеме и нагреваются до температуры 35—40 °С в центре мякиша и до 70—80 °С на поверхности.

В зоне высокой температуры (270—290 °С) среднюю пекарную камеру не увлажняют. Увлажненная ранее тестовая заготовка, попавшая в эту зону, сначала интенсивно увеличивается в объеме в результате перехода спирта в пар и теплового расширения паров и газов, затем достигнутый объем заготовки быстро фиксируется за счет образования твердой корки. Поверхность тестовой заготовки в этой зоне нагревается до 100—110 °С, а центральные слои мякиша — до 50—60 °С. При такой температуре начинаются клейстеризация крахмала и свертывание белков, следовательно, в зоне высокой температуры происходит начальное образование мякиша и корки. Эта часть выпечки занимает 15—22 % общей продолжительности выпечки изделия.

В зоне пониженной температуры (180—220 °С) происходит основная выпечка, при которой продолжают и заканчиваются процессы образования корки и мякиша.

**Микробиологические процессы.** Жизнедеятельность бродильной микрофлоры теста (дрожжевых клеток и кислотообразующих бактерий) в процессе прогрева тестовой заготовки изменяется.

Дрожжевые клетки ускоряют процесс брожения и газообразования до максимума, примерно до 40 °С. При температуре свыше 45 °С газообразование, вызываемое дрожжами, резко снижается, а при 50 °С — совсем прекращается.

Жизнедеятельность кислотообразующей микрофлоры теста в зависимости от температурного оптимума (для мезофильных бактерий 35 °С, а для термофильных — 48—54 °С) в процессе прогрева сначала форсируется, а затем, после достижения температуры выше оптимальной, замедляется и при 60 °С совсем прекращается.

Термофильные молочнокислые бактерии типа бактерий *Lactobacillus delbrueckii* могут находиться в бродильно-активном состоянии при температурах 75—80 °С.

**Биохимические процессы.** Активность ферментов в каждом слое прогреваемого теста сначала возрастает до максимума, а затем снижается до нуля из-за тепловой денатурации ферментов. Наиболее быстро процесс инактивации ферментов протекает в поверхностных слоях теста. В центре куска ферментативные процессы протекают почти до конца выпечки. Коллоиды теста оказывают на ферменты защитное влияние.

В период выпечки в тестовой заготовке происходит ферментативный гидролиз крахмала (под действием  $\beta$ -амилазы) и отчасти кислотный. В пшеничном тесте кислотный гидролиз крахмала практического значения не имеет. На стадиях брожения и расстойки теста нативный крахмал под действием  $\beta$ -амилазы гидролизуется слабо. Клейстеризация крахмала при прогреве теста значительно повышает его атакуемость амилазами. Активность же  $\beta$ -амилазы в определенном интервале температур резко возрастает (рис. 10.2). Температурный оптимум  $\beta$ -амилазы находится в пределах 62—64 °С, а  $\alpha$ -амилазы — 74—75 °С. Температура инактивации этих амилаз соответственно равна 82—84 °С и 97—98 °С. В результате этого содержание крахмала в тестовой заготовке при выпечке в известной степени снижается.

Процессы гидролиза нативного и оклейстеризованного крахмала в тестовой заготовке из ржаной обойной муки при выпечке хлеба протекают более интенсивно. Ржаное тесто имеет кислотность в 3—4 раза более высокую, чем тесто из пшеничной сортовой муки. Вследствие этого инактивация амилаз при прогреве ржаного теста происходит при более низких температурах.

В процессе выпечки ржаного хлеба из обойной муки при обычной для этого вида хлеба кислотности  $\beta$ -амилаза полностью инактивируется при 60 °С, а  $\alpha$ -амилаза — при 71 °С. В то же время было установлено, что накопление в мякише ржаного хлеба продуктов гидролитического распада крахмала продолжается до самого конца выпечки и даже в первые часы хранения еще горячего хлеба. Это значит, что в ржаном хлебе гидролиз крахмала продолжается и после инактивации амилаз.

$\alpha$ -Амилаза в процессе выпечки инактивируется при значительно более высокой температуре, чем  $\beta$ -амилаза. В интервале времени выпечки, когда  $\beta$ -амилаза уже

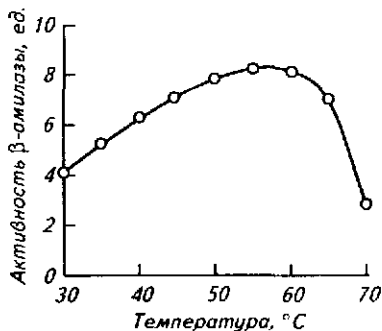


Рис. 10.2. Изменение активности  $\beta$ -амилазы при выпечке пшеничного хлеба

инактивирована, а  $\alpha$ -амилаза еще активна, в мякише хлеба накапливается значительное количество низкомолекулярных декстринов, придающих мякишу липкость и влажность на ощупь.

В процессе выпечки ржаного хлеба происходит также частичный гидролиз высокомолекулярных пентозанов теста, превращающихся в водорастворимые, относительно низкомолекулярные пентозаны.

Таким образом, в процессе выпечки хлеба резко увеличивается количество водорастворимых углеводов, которое обуславливает увеличение общего содержания в хлебе водорастворимых веществ.

Белково-протеиназный комплекс тестовой заготовки в процессе выпечки также претерпевает ряд изменений. Протеиназа пшеничной муки активна при pH от 4 до 5,5 и температуре 45 °С. Начиная с 70 °С белки прогреваемого пшеничного теста подвергаются термической денатурации.

Температура инаktivации ферментов зависит от скорости прогрева тестовой заготовки: чем быстрее происходит прогрев, тем выше температура, при которой инаktivируются ферменты. Тепловая денатурация значительно повышает атакуемость белков протеолитическими ферментами, однако количество водорастворимых азотсодержащих веществ в результате выпечки снижается на 50...70 %. Это снижение объясняется расходом продуктов протеолиза на меланоидинообразование.

Более темный цвет мякиша ржаного хлеба по сравнению с цветом ржаного теста в основном вызван действием *o*-дифенолоксидазы на тирозин. При длительной выпечке ржаного хлеба цвет его мякиша темнеет. Возможно, что это в какой-то мере обусловлено и образованием меланоидинов — продуктов взаимодействия непосредственно восстанавливающих сахаров теста с продуктами распада белков.

Биохимические процессы, происходящие при выпечке хлеба в его корке, также весьма существенно влияют на качество хлеба. В корке содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов, чем в мякише. Ферментативный гидролиз не играет в этом ведущей роли.

Корка и поверхностные слои тестовой заготовки прогреваются очень быстро, в связи с чем ферменты инаktivируются. Накопление декстринов и вообще водорастворимых веществ в корке в значительной мере объясняется термическим изменением крахмала и, в частности, его термической декстринизацией (температура поверхности корки достигает 180 °С, середины корки 130 °С).

**Коллоидные процессы.** Важнейшими коллоидными процессами, протекающими в тестовой заготовке при выпечке, являются клейстеризация крахмала и денатурация белков. Эти процессы превращают тесто в съедобный продукт. Изменения коллоидов теста начинаются при прогреве его до температуры 55—60 °С. Тепловая денатурация белков теста происходит при 50—70 °С. В результате

тепловой коагуляции белки выделяют влагу, поглощенную ранее, уплотняются, лишаются эластичности и растяжимости. Денатурированные клейковинные белки образуют каркас хлеба, фиксирующий форму изделия. Кинетика тепловой денатурации белков в наружных слоях тестовой заготовки имеет большое значение для качества изделия. Увеличение продолжительности процесса коагуляции приводит к снижению удельного объема хлеба и формоустойчивости подовых изделий.

Крахмальные зерна муки интенсивно набухают при 40 °С. При дальнейшем прогреве крахмальные зерна лопаются из-за резкого повышения осмотического давления. Вода, проникая внутрь зерен, разрушает их. Амилоза крахмала переходит в жидкую фазу теста, а амилопектин образует вязкий гель. Для полной клейстеризации крахмала необходимо в 2—3 раза больше воды по сравнению с содержанием ее в тесте, поэтому крахмал во время выпечки клейстеризуется лишь частично, а процесс протекает замедленно и заканчивается при прогреве центральных слоев выпекаемой тестовой заготовки до 95—97 °С. Зерна крахмала остаются в ней в полуклейстеризованном состоянии, т. е. часть из них сохраняет свою кристаллическую структуру. Клейстеризуясь, крахмал связывает свободную влагу теста и воду, выделяемую свернувшимися белками. Резкое уменьшение содержания свободной влаги в хлебе способствует образованию сухого эластичного мякиша. При действии на крахмал  $\alpha$ -амилазы его влагоемкость снижается и, в конечном счете, ухудшается состояние мякиша, он становится липким при нормальной влажности.

**Изменение объема выпекаемой тестовой заготовки.** Объем готового хлеба на 10—30 % больше объема теста перед посадкой тестовой заготовки в печь: увеличение объема теста в процессе выпечки обеспечивает необходимую пористость хлеба, улучшает его внешний вид и повышает усвояемость.

Объем тестовой заготовки зависит от физических, микробиологических и коллоидных процессов, протекающих в ней в результате прогрева.

Форсированное увеличение объема тестовой заготовки в первые минуты выпечки объясняется интенсивным спиртовым брожением, при котором выделяется  $\text{CO}_2$ , тепловым расширением воздуха и газов в тесте и переходом спирта в парообразное состояние.

Перечисленные выше процессы увеличивают количество, а следовательно, и давление газообразных продуктов внутри тестовой заготовки. В результате этого часть газообразных продуктов, проходя сначала через тонкий обезвоженный поверхностный слой-пленку, а затем через все утолщающуюся корку, уходит в атмосферу пекарной камеры.

Объем выпеченного хлеба зависит от состояния теста перед посадкой в печь, от состояния муки и воды, хлебопекарных свойств



муки, обуславливающих структурно-механические свойства теста, от способа посадки заготовок на под печи и от гигротермического и температурного режима выпечки и др. При температуре пода 200 °С в первой зоне печи интенсивность образования паров спирта и других летучих веществ максимальна, поэтому объем хлеба заметно увеличивается. Этот процесс прекращается при достижении верхней поверхностью хлеба температуры 100–110 °С, так как при этом образуется жесткий обезвоженный слой — корка хлеба, а под коркой — утолщающийся слой мякиша.

Корка в процессе выпечки очень быстро после начала образования начинает терять способность к растяжению, поэтому она служит возрастающим препятствием для дальнейшего увеличения объема тестовой заготовки.

### 10.3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УПЕК

Уменьшение массы тестовой заготовки в период выпечки называют *упеком*. Упек — это разность между массой тестовой заготовки перед посадкой ее в печь и массой хлеба в момент выхода его из печи, отнесенная к массе тестовой заготовки, выраженная в процентах,

$$m_{\text{уп}} = \frac{m_{\text{т}} - m_{\text{т.х}}}{m_{\text{т}}} \cdot 100,$$

где  $m_{\text{т}}$  — масса теста перед посадкой в печь, кг;  $m_{\text{т.х}}$  — масса хлеба непосредственно после выпечки, кг.

Упек обусловлен испарением из тестовой заготовки части воды, спирта, диоксида углерода, летучих кислот и других летучих веществ.

Упек может колебаться в пределах 6–14 % в зависимости от сорта, формы, массы изделия, режима выпечки и наличия увлажнения, способа выпечки и др. У мелких изделий упек больше, чем у крупных, так как удельная площадь поверхности корки у них больше.

Упек на 95 % обусловлен удалением влаги с поверхностного слоя тестовой заготовки, превращающегося при выпечке в корку. Однако не вся влага этого слоя испаряется в газовую среду пекарной камеры. Часть влаги благодаря термовлагопроводности перемещается в мякиш.

Для снижения затрат на упек процесс выпечки целесообразно завершать при пониженной температуре среды пекарной камеры.

При выпечке изделий одного и того же сорта на величину упека влияют степень увлажнения среды пекарной камеры в разных зонах печи, плотность посадки тестовых заготовок, продолжи-

тельность выпечки и конструкция печи. Чем выше относительная влажность паровоздушной среды пекарной камеры и чем больше влажность поверхностного слоя тестовой заготовки, тем позже образуется и меньше обезвоживается корка и тем меньше величина упека.

#### **10.4. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА ИЗ РЖАНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ**

Режим выпечки каждого вида изделий характеризуется такими параметрами, как относительная влажность среды пекарной камеры, температура в различных зонах пекарной камеры, способ теплопередачи (радиация, конвекция, кондукция) и продолжительность выпечки.

При выпечке изделий из пшеничной муки необходима достаточная влажность, обеспечивающая сорбцию водяного пара на тестовых заготовках ( $0,12-0,18 \text{ кг/м}^2$ ). Изделия, выпеченные в среде с недостаточной влажностью, характеризуются небольшим объемом. Поверхность их матовая, шероховатая, корка с трещинами и подрывами. При избыточной влажности корка становится морщинистой, резинообразной, изделия могут быть распылывчатыми.

Для отдельных групп и видов изделий на начальной стадии выпечки требуются особые гигротермические условия. При получении изделий типа городских булок, при выпечке которых в месте надреза должен образовываться «гребешок», в первой зоне рекомендуется поддерживать температуру  $150-160^\circ\text{C}$  и влажность воздуха  $70-85\%$ . Кроме того, должен быть обеспечен интенсивный подвод теплоты от пода, нагретого до  $180-200^\circ\text{C}$ . Продолжительность гигротермической обработки заготовок  $5-7$  мин. При выпечке батонов в первой зоне пекарной камеры температура паровоздушной среды должна быть  $120-140^\circ\text{C}$ , а относительная влажность  $60-70\%$ .

При выпечке пшеничного формового хлеба на увлажнение среды пекарной камеры требуется гораздо меньше пара. Тестовые заготовки, смазанные яичной смесью, посыпанные крошкой, орехами, сахаром, маком и др., выпекают в неувлажненной среде.

Ржаной хлеб выпекают без увлажнения пекарной камеры. Температура в первой зоне печи должна быть  $260-280^\circ\text{C}$ , в зоне допекания —  $200-190^\circ\text{C}$ , а относительная влажность при выпечке формового хлеба из-за высокой влажности теста  $20-30\%$ .

Объем теста из ржаной муки в первой зоне пекарной камеры увеличивается незначительно. Продолжительность выпечки ржаного хлеба зависит от нескольких факторов.

Перед выемкой из печи поверхность ржаного хлеба опрыскивают водой, что улучшает ее состояние, снижает упек и усушку.

Подовый ржаной хлеб (рижский, минский, украинский) рекомендуется выпекать с обжаркой. *Обжарка* — это кратковременное (в течение 4—5 мин) воздействие температуры 300—320 °С на тестовые заготовки. В результате такой обработки на поверхности куска теста образуется тонкая корочка, фиксирующая объем тестовой заготовки, достигнутый при расстойке, и препятствующая снижению ее формоустойчивости.

Тестовые заготовки для отдельных наименований ржаного и ржано-пшеничного хлеба перед расстойкой накальвают деревянной шпилькой, а из пшеничной сортовой муки надрезают. В результате улучшается состояние поверхности хлеба. Газы и пары, образовавшиеся в тесте при выпечке, беспрепятственно выходят в месте наколов и надрезов, не разрывая верхнюю корку изделий.

### Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы выпечки хлебобулочных изделий?
2. Какие процессы протекают в тестовой заготовке при выпечке?
3. Какие изменения происходят с бродильной и кислотообразующей микрофлорой при выпечке тестовых заготовок из смеси ржаной и пшеничной муки?
4. В результате каких процессов формируется мякиш в тестовой заготовке?
5. Почему температура мякиша свежвыпеченного хлеба не превышает 98 °С, в то время как поверхность корки достигает 180—200 °С?
6. Что такое упек и какие факторы на него влияют?
7. Чем отличаются режимы выпечки тестовых заготовок из ржаной муки от режимов выпечки тестовых заготовок из пшеничной муки?

## Глава 11

### ПОДГОТОВКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ К РЕАЛИЗАЦИИ В ТОРГОВОЙ СЕТИ. ЧЕРСТВЕНИЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ПУТИ ЕГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Хлеб после выхода из печи подают ленточными транспортерами на циркуляционные столы, а затем перекладывают в лотки, устанавливаемые на контейнерах или вагонетках. При укладывании хлеба укладчик или мастер-пекарь проводит отбраковку готовой продукции, не соответствующей требованиям нормативной документации по органолептическим показателям и установленной массе. Бракуются изделия, имеющие неправильную форму, притиски, выплывы корки из форм, загрязненную поверхность, подрыбы более 1,5—2,0 см и недовес. Отбракованные изделия могут быть переработаны на производстве в мочку, сухарную и хлебную крошку.

Выпеченные изделия до поступления их в торговую сеть хранят в остывочных отделениях хлебозавода. Вместимость остывочных отделений обычно рассчитывают с учетом хранения сменной выработки, а при работе в две смены — с учетом полуторасменной работы. В остывочном отделении проводят учет, сортировку и органолептическую оценку готовых изделий. Перед отпуском продукции в торговую сеть каждую партию изделий подвергают обязательному просмотру.

После выпечки хлеб укладывают на лотки в один ряд для остывания. Для укладки изделий большой массы используют трехбортные лотки с решетчатым дном, а для мелкоштучных булочных и сдобных изделий — четырехбортные со сплошным дном. В настоящее время широко применяют пластмассовые лотки, которые достаточно легкие и хорошо поддаются санитарной обработке.

Формовой хлеб укладывают в лотки в один или два ряда на боковую или нижнюю сторону, в ящики или корзины — в один ряд в вертикальном положении; *подовый хлеб, булки, батоны, халы* укладывают в лотки в один ряд на нижнюю сторону или ребро с уклоном к боковой стенке, в ящики или корзины — в один ряд в вертикальном положении; мелкоштучные булочные изделия массой до 200 г и сдобные изделия укладывают на лотки в один-два ряда на нижнюю сторону, а изделия с отделкой на верхней корке — в один ряд; национальные изделия (лепешки, армянский и грузинский хлеб) укладывают в один ряд на боковую или нижнюю сторону до остывания, а после остывания — на нижнюю сторону в три—пять рядов; лаваш армянский тонкий хранят в подвешенном состоянии по одной штуке до остывания, а после остывания укладывают на нижнюю сторону в 8—10 рядов.

Лотки с изделиями помещают в передвижные вагонетки или контейнеры закрытого или открытого типа, которые по мере необходимости вручную вывозят на погрузочную площадку. На некоторых предприятиях лотки устанавливают стопками друг на друга по 10—12 рядов в высоту на специальные поддоны высотой 30 см от пола. Стопки перевозят с помощью тележек или электропогрузчиков.

В остывочных отделениях и экспедициях некоторых хлебопечкарных предприятий Москвы, Санкт-Петербурга и других городов процесс передвижения контейнеров и их загрузка в автомашины, а также выгрузка механизированы. В состав комплексно-механизированной линии хранения и транспортирования хлеба по схеме УкрНИИпродмаша входит следующее оборудование: унифицированные лотки, контейнеры, транспортные устройства для подачи хлеба к хлебоукладывающим агрегатам с механизмами ориентирования хлеба; агрегаты для укладки хлеба (формового, подового круглого, батонов и городских булок), транспортные устройства хлебохранилища и экспедиции; оборудование для комплектации отгрузочных партий контейнеров и для погрузки контейнеров в

автохлебовозы и выгрузки пустых контейнеров на хлебозаводе; механизмы ориентирования автохлебовозов и стыковки их с транспортными устройствами экспедиции; пульт диспетчера для комплектации контейнеров и учета продукции, агрегат для санитарной обработки лотков, оборудование для ручной укладки хлеба в аварийных случаях.

Наиболее распространен контейнерный способ хранения и перевозки хлеба, при котором контейнеры (ХКЛ-18) загружают в автомашину и выгружают с помощью специальных подъемников. В магазинах торговлю хлебом осуществляют прямо из контейнеров.

Установлены сроки хранения хлебобулочных изделий на предприятии, которые исчисляются с момента выхода изделий из печи до момента доставки их в магазин (табл. 11.1).

**11.1. Максимально допустимые сроки хранения и реализации хлебобулочных изделий на предприятии**

Изделие	Максимально допустимые сроки хранения на предприятии, ч
Хлеб из муки:	
пшеничной обойной	14
ржаной и пшеничной разных сортов	14
ржаной обойной	14
ржаной обдирной	14
ржаной сеяной	10
Булочные изделия массой более 200 г из сортовой пшеничной муки	10
Мелкоштучные изделия массой 200 г и менее (включая бублики)	6
Упакованные изделия из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки	36
Упакованные изделия из пшеничной муки со сроком хранения:	
3 сут	24
7 сут	36

Хлеб, хранившийся на предприятии или в магазине свыше установленных сроков, подлежит переработке в хлебную мочку или крошку. Сроки хранения упакованных изделий на предприятии исчисляются с момента упаковывания.

### **11.1. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ХЛЕБЕ ПОСЛЕ ВЫПЕЧКИ**

Выпеченный хлеб при хранении остывает и масса его уменьшается за счет усушки (испарение влаги с поверхности корки в окружающую среду) и черствения. Эти два процесса протекают самостоятельно, но в определенной зависимости друг от друга. Мякиш

хлеба, потерявший определенное количество влаги, частично теряет свою мягкость.

Усушка (%):

$$m_{yc} = 100(m_{г.х} - m_{х.х})/m_{г.х},$$

где  $m_{г.х}$  — масса горячего хлеба, кг;  $m_{х.х}$  — масса холодного хлеба, кг.

Влажность корки после выпечки практически равна нулю, через 3—4 ч корка увлажняется до 14—16 %. В первые 30—60 мин хранения хлеба после выпечки влажность слоев мякиша, прилегающих к корке, заметно снижается вследствие миграции влаги в обезвоженную корку. При дальнейшем остывании и хранении хлеба слой мякиша, смежный с коркой, теряет влагу значительно быстрее, чем центральная часть мякиша.

В процессе хранения хлеб остывает до температуры помещения, где хранится, за 2—6 ч в зависимости от массы, формы и условий хранения. Корка хлеба остывает сравнительно быстро, мякиш медленно. Поэтому в неостывшем хлебе разница между температурой корки и мякиша значительная. Вследствие этого происходит перемещение влаги от мякиша к корке.

Процесс усушки состоит из двух периодов. Первый период остывания горячего хлеба является периодом переменной скорости усыхания, который протекает интенсивно с затухающей скоростью.

Основным фактором интенсивного усыхания остывающего хлеба является температурный градиент (разница температур) между коркой и мякишем. По мере остывания скорость усыхания хлеба снижается и, начиная с определенного периода, становится практически постоянной.

Второй период усушки хлеба характеризуется концентрационным перемещением влаги от мякиша к корке. Усушка за период остывания составляет 2—4 % от массы хлеба после выпечки и зависит от температуры, влажности, удельной поверхности хлеба и параметров воздуха в хлебохранилище.

Чем ниже температура воздуха помещения, в котором находится хлеб, тем он скорее остынет до температуры окружающей среды и тем короче будет первый период усыхания хлеба. Низкая температура воздуха замедляет усыхание хлеба и во втором периоде — в периоде постоянной скорости этого процесса.

В первом периоде усыхания влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания невелико. Во втором периоде усыхания, когда температура хлеба не превышает температуру окружающей среды, влияние относительной влажности воздуха на интенсивность усыхания значительно возрастает.

Скорость движения воздуха влияет на усыхание хлеба. При скорости 0,3—0,5 м/с ускоряется охлаждение хлеба, сокращается

длительность первого периода усыхания, поэтому в первый период остывания хлеб рекомендуется хранить в специальных устройствах (охладителях, кулерах). Благодаря этому усушка снижается на 0,5—0,9 %.

Чем выше влажность хлеба, тем больше, при прочих равных условиях, его усушка. Так, например, увеличение влажности мякиша ржаного хлеба из обойной муки на 2 % вызывает увеличение усыхания хлеба: за 4 ч — на 0,26—0,42 %, а за 7 ч — на 0,42—0,50 %.

Между упеком и усушкой хлеба существует обратная зависимость: чем больше упек, тем меньше усушка, и наоборот.

Хлеб с высокой влажностью, тонкими корками и значительной удельной поверхностью усыхает при прочих равных условиях более интенсивно. Чем ниже влажность и выше температура воздуха в хлебохранилище, тем интенсивнее происходит усушка.

Для снижения усушки изделия следует быстро охладить и хранить в закрытых камерах при повышенной влажности воздуха или в закрытых контейнерах, или закрытых пластмассовыми чехлами вагонетках. Все эти меры не только снижают усушку, но и замедляют черствение продукции. Значительно снижает усушку упаковывание изделий в полимерную пленку.

Значения усушки для отдельных видов хлебобулочных изделий, используемые при контроле и расчете выхода хлеба, приведены в табл. 11.2.

11.2. Усушка для отдельных видов формового хлеба и хлебобулочных изделий

Изделие	Масса, кг	Усушка, %
Хлеб:		
ржаной обойный	1,0	4
ржаной обдирный	1,0	4
орловский	1,0	4
Булка городская из пшеничной муки первого сорта	0,2	4
Батон нарезной из пшеничной муки первого сорта	0,4	4

### 11.2. ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ХЛЕБЕ ПРИ ЧЕРСТВЕНИИ

При хранении хлеба ухудшаются его потребительские и вкусовые свойства: корка теряет блеск и хрупкость, слои мякиша, находящиеся под коркой, становятся сухими и жесткими, в результате чего повышается твердость изделий и их влажность приближается к равновесной.

Изменение качества хлеба при хранении (черствение и усыхание) — результат сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов, протекающих в углеводах и белках.

Признаки черствения появляются примерно через 10—12 ч хранения хлеба при температуре 15—25 °С. Мякиш теряет эластичность, становится жестким и крошачимся, ухудшаются вкус и аромат, свойственные свежеспециенному хлебу. Хрупкая после выпечки корка превращается в мягкую, эластичную.

Черствение хлеба вызвано в основном изменениями, происходящими в углеводах и белках при его хранении. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит в кристаллическое состояние. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки. Черствеющий мякиш становится крошковатым. Свободная влага, выделенная крахмалом, при черствении хлеба впитывается белками и частично испаряется (усушка), а также остается в образовавшихся воздушных прослойках.

Черствение хлебобулочных изделий зависит от многочисленных факторов: вида и сорта муки, рецептуры и технологического режима приготовления, условий хранения. Крахмал ржаной муки, клейстеризуясь, впитывает значительное количество влаги. В ржаной муке содержится много водорастворимых пентозанов (слизей), замедляющих черствение. Присутствие органических и минеральных кислот, например угольной, а также соединений, обеспечивающих кислотность 7—13 град (ГОСТ 28807—90), также тормозит процесс черствения. Пшеничный хлеб черствеет быстрее, чем ржаной.

Отдельные виды дополнительного сырья при введении их в тесто способны замедлить процесс черствения готовых изделий. К такому сырью относятся различные белковые продукты (творог, отмытая клейковина, яичные продукты и др.), патока, модифицированный окисленный крахмал, мучная заварка и жиры.

Жиры «маскируют» процесс черствения, т. е. не замедляя процесс старения крахмального клейстера, делают его менее заметным.

Внесение поверхностно-активных веществ снижает содержание влаги, осмотически связанной с крахмалом. Это явление объясняется образованием комплекса из крахмала и поверхностно-активных веществ, что препятствует проникновению воды в микронеплотности крахмальных зерен. В результате разрушается структура гидратированных глюкозидных цепей крахмала при хранении хлеба и процесс черствения хлеба замедляется.

Изменений содержания осмотически связанной белком воды при добавлении поверхностно-активных веществ практически не происходит.

Гидрофобизация муки в процессе приготовления теста позволяет снизить содержание осмотически связанной влаги и влаги в микронеплотностях крахмала, потеря которой при хранении хлебцев из крахмала в течение 24 ч составляет около 27 %, а следова-



тельно, и замедлить процесс черствения хлеба. Изменение состояния влаги в наибольшей степени происходит в крахмале, играющем, как показано многими исследователями, значительную роль в черствении хлеба.

Процесс черствения хлеба можно представить как кристаллизацию высокополимеров мякиша, чем и объясняются изменения его физико-химических и гидрофильных свойств.

Снижение мягкости мякиша хлеба сравнивали с увеличением плотности полимера при переходе из аморфного состояния в кристаллическое. Изменение гидрофильных свойств мякиша при черствении объясняется упорядочением и уплотнением его структуры, в результате чего уменьшается внутренняя энергия системы, расходуемая частично на кристаллизацию. Уменьшение способности водорастворимых веществ мякиша переходить в водный раствор объясняется уплотнением структуры высокополимерных компонентов хлеба.

Процесс черствения хлеба по аналогии с кристаллизацией высокомолекулярных систем при охлаждении можно представить при различных температурах его хранения. Скорость процесса кристаллизации проходит через максимум, а затем понижается до нуля, т. е. до температуры, при которой снижается подвижность молекул и кристаллизации не происходит.

На черствение хлеба влияют многие технологические факторы. Интенсивный замес опары и теста замедляет черствение изделий, так же действует и длительный процесс брожения полуфабрикатов, более длительные (в пределах возможного) расстойка и выпечка. Изделия, выпеченные при оптимальном паровом режиме, с плотной и гладкой коркой черствеют медленнее.

Наиболее существенно влияют на процесс черствения хлеба условия его хранения. Для того чтобы сохранить свежесть изделий в течение длительного срока, их следует хранить при повышенной температуре и влажности воздуха, замораживать и упаковывать. Установлено, что наиболее быстро черствеют изделия, хранившиеся в интервале температур от  $-7$  до  $+20$  °С.

Хлеб, который хранился при температуре, близкой к  $60$  °С, или в замороженном состоянии, практически не черствел. Замедление черствения хлеба при  $60$  °С и выше объясняется неустойчивостью кристаллической фазы при высокой температуре, что препятствует переходу крахмала мякиша в кристаллическое состояние. Однако хранить хлеб при  $60$  °С и выше невозможно, так как при таких температурах хлеб усыхает в результате усиленного испарения влаги и, кроме того, возможна его микробиологическая порча.

Уменьшение степени черствения хлеба в замороженном состоянии происходит из-за понижения кинетической подвижности молекулярных цепочек и цепочек крахмала. При хранении хлеба в пределах температур от  $+50$  до  $-7$  °С, включая и комнатную, он черствеет.

На многих хлебозаводах хлеб хранят в герметичных камерах из полиэтилена с двойным покрытием, где поддерживаются температура 27—30 °С и относительная влажность воздуха 80—85 %. Перед поступлением в камеру продукцию охлаждают до 40 °С.

Изделия желательно хранить в камерах с кондиционированием воздуха; при этом отпадает необходимость в предварительном охлаждении хлеба. В камере хлеб охлаждают при температуре 18—24 °С, после чего в ней устанавливают постоянные параметры воздуха: 27—30 °С и относительную влажность 80—85 %. При удлинении срока хранения хлеба в герметичных камерах на 4—6 ч усушка снижается на 0,2 %. Хранение хлеба в закрытых контейнерах или на вагонетках с полиэтиленовыми чехлами аналогично хранению в герметичных камерах.

На некоторых хлебозаводах для сохранения свежести мелкоштучных и сдобных изделий их замораживают. Мелкоштучные изделия после охлаждения замораживают при температуре от -25 до -30 °С в течение 2—3 ч, а затем хранят при температуре -18 °С до 20 сут. Перед реализацией изделия размораживают в камере с теплым воздухом (50 °С) или в специальной печи до температуры мякиша 20 °С. Замораживание изделий — наиболее эффективный, но сравнительно дорогой и сложный способ сохранения свежести продукции.

В настоящее время широко применяют упаковывание хлебобулочных изделий в различные виды упаковочных материалов (целлофан, полиэтиленовую, полипропиленовую и термоусадочную пленки и др.). Все упаковочные материалы должны отвечать определенным требованиям: быть безопасными, не вступать во взаимодействие с веществами хлеба, обеспечивать герметичность. Перед упаковыванием выпеченные изделия охлаждают, а затем упаковывают в пленку (при использовании термоусадочной пленки изделия упаковывают без охлаждения). Упаковывание не только задерживает черствение изделий на 4—5 сут, но и позволяет хранить и транспортировать их с соблюдением санитарных норм.

**Изменение крахмала при черствении хлеба.** В процессе черствения хлеба крахмалу отводится ведущая роль. Крахмал представляет собой высокомолекулярный полисахарид, зерна которого, как показали рентгенографические исследования, имеют кристаллическую структуру. При выпечке крахмальные зерна набухают и частично клейстеризуются с поглощением влаги, выделяемой коагулируемыми белками. Крахмал при этом переходит из кристаллического состояния в аморфное. При хранении хлеба происходит обратный переход крахмала в кристаллическое состояние. Это впервые установил в 1902 г. Л. Линде, который доказал, что при хранении хлеба растворимость крахмала мякиша снижается. Он ввел понятие о ретроградации крахмала. В соответствии с определением Л. Линде *ретроградация крахмала* — это его переход из аморфного состояния в кристаллическое при старении.

При исследовании крахмала, прогреваемого при различной влажности, установлено, что в пшеничном хлебе из-за недостатка воды до состояния разрыва оболочек клейстеризуется только 5—10 % крахмала.

На скорость ретроградации крахмала хлеба также влияет степень изменения водородных связей гидроксильных групп амилозной и амилопектиновой фракций крахмала, способность его к гидратации, а также температура хранения хлеба. Установлено, что две макромолекулы крахмала, имеющие по три полярные группы —ОН, образуют между собой водородные связи, в результате чего возникают ассоциаты. Продолжительность существования ассоциатов зависит от внешних условий.

Черствение хлеба, по мнению некоторых исследователей, можно представить как самопроизвольную кристаллизацию высокополимеров при охлаждении. Скорость кристаллизации зависит от двух процессов: образования ядер и дальнейшего их роста.

Процесс кристаллизации прекращается при высоких температурах вследствие термодинамической неустойчивости кристаллической фазы и при низких температурах, так как повышается вязкость жидкости, а также теряется кинетическая подвижность высокополимеров, поэтому скорость кристаллизации зависит от температуры. Кристаллизация высокополимеров — экзотермический процесс, который может идти в обратном направлении.

Способность высокополимеров к кристаллизации и рекристаллизации была использована для изучения процесса черствения хлеба путем проведения дифференциального термического анализа хлеба в процессе его хранения при различных температурах:  $-1$ ;  $+10$ ;  $+21$ ;  $+32$  и  $+43$  °С.

Скорость изменения крахмала при  $-1$  и  $+10$  °С практически одинакова, но при  $+21$  °С она выше, чем при  $+32$  °С, т. е. при повышении температуры хранения скорость старения крахмала ниже, так же как и при хранении хлеба. Одновременно было отмечено, что при хранении хлеба при повышенных температурах кристаллизация крахмала протекает не столь интенсивно, как при низких температурах.

**Изменение белковых веществ при черствении хлеба.** Наличие белка в пшеничной муке оказывает существенное влияние на качество хлеба и сохранение его свежести.

Добавление в тесто сухой сублимированной клейковины в количестве 5 % к массе муки увеличивает объем изделий и сжимаемость мякиша, в результате чего он становится более эластичным и приобретает мелкую равномерную структуру. Через 3, 24 и 48 ч хранения хлеб с добавлением клейковины характеризуется как более свежий.

При повышении содержания белковых веществ в хлебе черствение его при хранении замедляется. Мягкость мякиша при этом не зависит прямо от содержания белка в хлебе.

При определении константы времени для хлеба с разным содержанием белка было установлено, что скорость черствения его обратно пропорциональна содержанию белка в муке.

В процессе черствения хлеба происходят изменения в белковой фракции мякиша, что приводит к уплотнению структуры и снижению гидратационной способности. Мякиш хлеба имеет губчатую структуру, основу которой составляют коагулированные белковые вещества. В них вкраплены крахмальные зерна, поэтому в процессе черствения хлеба изменяются физические свойства белковых веществ. Но эти изменения происходят в 4—6 раз медленнее старения крахмала, массовая доля которого в муке в 5—7 раз больше массовой доли белка.

**Изменение вкуса и аромата хлеба.** При черствении хлеба его вкус и аромат теряются, что связано с протекающими в нем биохимическими и другими процессами.

Ароматические вещества улетучиваются из корки хлеба в окружающую среду. Отдельные компоненты диффундируют из корки в мякиш. Ароматические вещества могут адсорбироваться на крахмале и белке, т. е. переходить в связанное состояние.

Ухудшение аромата при увеличении длительности хранения хлеба может происходить также вследствие окисления альдегидов на воздухе.

Изменение аромата хлебобулочных изделий в процессе хранения зависит также от их сорта и условий хранения.

**Теоретические аспекты процесса черствения хлеба.** Приведенные выше данные показывают, что существенную роль в черствении хлеба играет кристаллизация крахмала и изменение белковых веществ.

Но существуют и другие объяснения процесса черствения хлеба.

М. И. Княгиничев рассматривает процесс черствения хлеба как изменение форм влаги (связанной и свободной) при выпечке и хранении хлеба. Это обусловлено образованием микро- и макрополостей при выпечке хлеба. Он считает, что при выпечке хлеба усиливается диффузия воды в межмолекулярные пространства крахмала и белка; отдельные звенья молекул (глюкозные и аминокислотные остатки) приходят в движение, молекулы становятся гибкими, при этом образуются микро- и макрополости (рис. 11.1).

При повышении температуры в хлебопекарной печи происходит коагуляция белков, образующих каркас, который закрепляет пористую структуру хлеба.

Стенки пор, состоящие из крахмала и белков, представляют собой набухшую систему, в которой одна часть молекул воды термодинамически связана, другая распределена в межмолекулярных пространствах денатурированного белка и набухшего, частично клейстеризованного крахмала. Эта система рассматривается как набухший, бесструктурный эластичный студень. В процессе остывания и последующего хранения хлеба благодаря гибкости звеньев

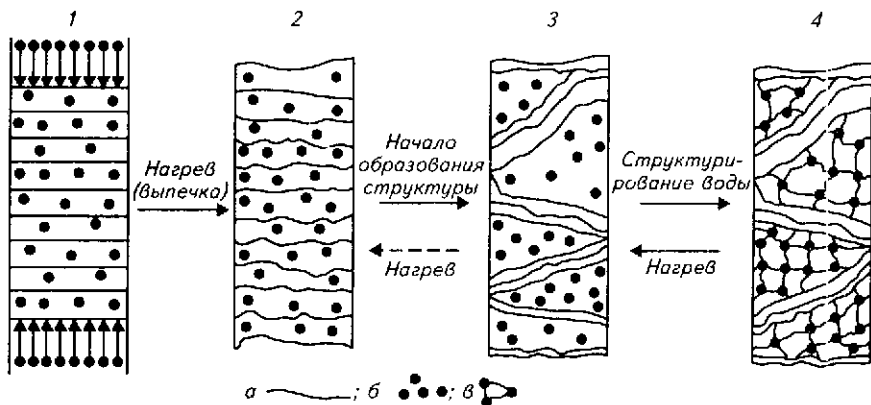


Рис. 11.1. Изменение крахмала и влаги в процессе черствения хлеба (схема М. И. Книгиничева):

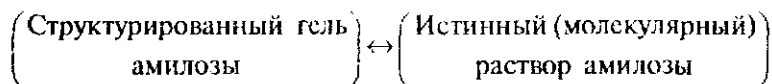
*a* — цепи макромолекул крахмала; *b* — свободные молекулы воды; *v* — молекулы воды, образующие уплотненную структуру: 1 — слабо набухший крахмал (тесто); 2 — сильно набухший крахмал (свежевыпеченный хлеб); 3 — гель в начале образования кристаллической структуры (начало черствения хлеба); 4 — гель с кристаллической структурой (черствый хлеб)

крахмала происходит сближение цепей и под действием межмолекулярных вандерваальсовых сил образуется механически прочная сетка. Образование сетки повышает механическую прочность структуры, что связано с черствением хлеба. Было высказано мнение, что вода в образовавшихся микронеплотностях является не свободной, а упорядоченной благодаря высокой полярности ее молекул и электростатическим силам поверхности микронеплотностей, стенки которых образованы молекулами крахмала и белка. В результате образуется единая структурная система молекул воды, крахмала и белка. При освежении хлеба нагреванием структура воды в микронеплотностях мякиша разрушается и цепи высокополимеров могут перейти в состояние, свойственное свежевыпеченному хлебу.

А. Г. Кульман процесс черствения хлеба связывает с изменением состояния геля амилозы и амилопектина. Он считает, что хлеб как вынужденно образующаяся лиофильная система находится в термодинамически неустойчивом состоянии. При хранении хлеба в нем протекают процессы, приближающие систему к равновесному состоянию, в результате чего хлеб черствеет.

Согласно этой теории свежесвепеченный хлеб представляет собой лиофильный, сильно гидратированный весьма лабильный гель. Остывание хлеба сопровождается агрегационным процессом, в результате которого образуется внутренняя структура, характерная для геля.

Процесс черствения хлеба обусловлен изменением геля амилоры и амилоректина. Гель амилоры находится в неустойчивом равновесии:



При повышении температуры (выпечке) хлеба это равновесие смещается вправо, при охлаждении — влево, что связано с процессом черствения хлеба.

Роль амилоректинового геля связана с разветвленной структурой частиц амилоректина, способствующей протеканию процесса синерезиса и приводящей к упрочнению мицеллярной структуры крахмала. Агрегация амилоры и амилоректина снижает осмотическое набухание крахмала.

Т. И. Шох рассматривает процесс черствения хлеба как обратимую агрегацию амилоректина. Старение (черствение) объясняется физическими изменениями разветвленных молекул амилоректина в разбухших зернах крахмала (рис. 11.2). В процессе выпечки зерна крахмала набухают ограниченно из-за недостатка воды. При этом часть молекул амилоры переходит из зерен крахмала в окружающую водную среду, образуя в ней относительно концентрированный раствор, поэтому в свежеспеченном хлебе зерна набухшего крахмала находятся в плотном геле, образованном амилорой.

При хранении хлеба гели амилоры и амилоректина упрочняются, сжимаются, так как число и прочность контактов между частицами во времени нарастает. В этих концентрированных системах молекулы амилоректина также имеют тенденцию к ассоциации, ведущей к повышению жесткости всей системы. Нагревание черствого хлеба до 50—60 °С приводит к дезагрегации амилоректина и возвращению исходных свойств мякиша.

Для выявления роли амилоректина в процессе черствения хлеба его добавляли к муке. Установлено, что процесс черствения хлеба при этом ускоряется.

Нельзя исключить также роль амилоры в процессе черствения хлеба. В процессе хранения хлеба снижается растворимость амилоры крахмала мякиша.

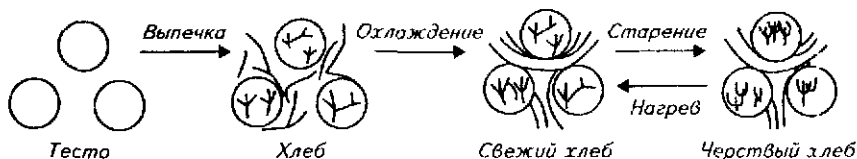
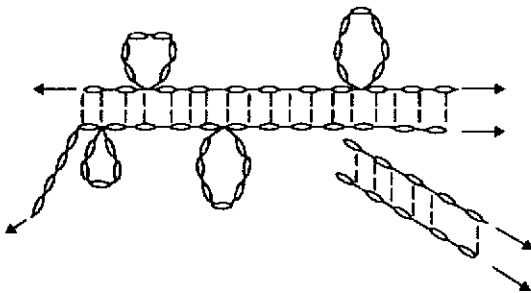


Рис. 11.2. Роль амилоры и амилоректина при черствении хлеба (схема Т. И. Шоха)



**Рис. 11.3.** Образование пространственной сетчатой структуры амилопектина вследствие возникновения водородных связей при старении крахмала

В исследованиях по применению ПАВ и жиров для замедления черствения хлеба было установлено, что они образуют комплексы с амилозой, препятствующие переходу амилозы из крахмальных зерен наружу и задерживающие образование прочного студня.

С. Эрландер связывает процесс черствения хлеба с агрегацией амилозы и амилопектина. Он считает, что замедлению черствения хлеба способствует образование комплексов между крахмальными полисахаридами и липидами или белковыми веществами. При этом указывается на возможность возникновения водородных связей между аминокруппами белка и гидроксильными группами крахмальных полисахаридов. Гидроксильные группы спиртов, образующиеся в процессе созревания теста, создают комплексы с амилозой и амилопектином, замедляющие процесс черствения хлеба. Замедление старения упакованного хлеба объясняется уменьшением степени улетучивания спиртов.

В. Сибенвирг объясняет процесс черствения хлеба действием межмолекулярных сил, среди которых большое значение имеют водородные связи. Из межмолекулярных сил водородные связи характеризуются более высоким значением энергии, чем ван-дер-ваальсовы силы и силы связи между диполями. При черствении хлеба водородные связи образуются в амилозе и амилопектине. При старении крахмала образование водородных связей снижает растворимость амилозы, что приводит к упрочнению структуры мякиша хлеба. Автор отводит амилозе решающую роль в процессе черствения хлеба. Амилопектин с помощью водородных связей образует сетчатую структуру (рис. 11.3).

В результате образования сетчатых структур возникают прочные и упругие связи. Ограничение процесса образования сетчатых структур способствует сохранению свежести мякиша в течение длительного времени.

Наличие воды в системе способствует образованию сетчатых структур из-за возникновения водородных связей. Опытным путем установлено, что замена воды неполярным растворителем позволяет сохранить структуру мякиша, так как это препятствует образованию водородных связей.

Вследствие ассоциации молекул и образования поперечных связей происходит упорядочение молекул, что приводит к образованию кристаллических структур.

При старении хлеба происходит дегидратация амилозы и амилопектина. Для снижения дегидратации следует применять эмульгаторы, которые должны препятствовать или замедлять выделение воды из разбухших зерен крахмала и препятствовать образованию межмолекулярных водородных связей путем обволакивания молекул крахмала. Крахмал играет ведущую роль в черствении хлеба.

Хлеб после выпечки можно представить в виде единой структурной системы, состоящей из молекул крахмала, белка и воды, которая в процессе хранения изменяется.

Изложенные выше данные показывают, что черствение хлеба — сложный процесс, для понимания которого требуются дальнейшие углубленные исследования.

На основе анализа данных о механизме черствения хлеба можно сделать вывод, что для замедления этого процесса при хранении хлеба необходимо применять методы и приемы, сдерживающие изменения в крахмале и белковых веществах и уменьшающие потерю воды.

Замедлению процесса черствения хлеба способствует внесение в тесто веществ, образующих комплексы с крахмалом и препятствующих структурообразованию (студнеобразованию крахмальных зерен в присутствии воды); замораживание хлеба в связи с потерей кинетической подвижности его составных частей и ряд других мер, направленных на уменьшение изменений в хлебе при его хранении.

### **11.3. САНИТАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОСТЫВОЧНОМУ ОТДЕЛЕНИЮ И ЭКСПЕДИЦИИ**

К помещению для хранения хлебобулочных изделий предъявляют жесткие санитарные требования, так как готовые изделия перед употреблением никакой тепловой обработке не подвергаются.

К помещениям, где хранится хлеб, предъявляют следующие требования. Они должны быть:

чистые, сухие, побеленные или окрашенные в светлые тона или облицованные керамической плиткой;

хорошо вентилируемые;

не зараженные вредителями хлебных запасов;

без плесени на стенах и потолках;



изолированные от источников нагрева или охлаждения; обеспечены возможностью поддержания равномерной температуры не ниже +6 °С; хорошо освещены.

Остывочные отделения должны быть оборудованы контейнерами открытого или закрытого типа, передвижными этажерками, стационарными полками-стеллажами или лотками.

Хлебобулочные изделия, уложенные на полки-стеллажи, не должны соприкасаться со стенками помещения.

Полки-стеллажи, лотки и ящики должны изготавливаться из материалов, разрешенных для контакта с горячей продукцией (дерево, металл, полимерные материалы с покрытием или без покрытия). Кроме того, они должны иметь такую конструкцию и размеры, чтобы готовая продукция не деформировалась.

По мере загрязнения лотки моют в моечных машинах различных конструкций, используя моющие средства, разрешенные для применения на пищевых предприятиях, а затем споласкивают теплой водой и сушат горячим воздухом.

Остывочное отделение и экспедицию по мере необходимости ремонтируют, включая побелку или окраску стен, потолков, оборудования.

Кроме того, не реже одного раза в год в этих помещениях следует проводить дезинфекцию и систематически дератизацию.

При обнаружении зараженности хлеба картофельной болезнью необходимо немедленно удалить зараженный хлеб и произвести дезинфекцию помещения, где он хранился, а инвентарь и оборудование подвергнуть тщательной механической очистке с последующей дезинфекцией.

Хлебобулочные изделия нельзя хранить вместе с продуктами, издающими сильный посторонний запах.

Для поглощения избытка влаги зимой и избытка теплоты летом в экспедициях следует устанавливать приточно-вытяжную вентиляцию с трехкратным обменом воздуха за 1 ч.

#### **11.4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ СРОКОВ СОХРАНЕНИЯ СВЕЖЕСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Для prolongации срока свежести хлебобулочных изделий в их рецептуру следует вводить жировые добавки, применять усиленную обработку теста, соблюдать оптимальные режимы расстойки и выпечки. В процессе выпечки пшеничных изделий в первой зоне пекарной камеры необходимо соблюдать технологические параметры (относительная влажность 80—85 %, температура 110—120 °С) и увлажнять тестовые заготовки паром. Увлажнение тестовых заготовок способствует образованию глянцевого тонкого корочки, паропроницаемость которой наименьшая. В результате в процессе выпечки и

остывания задерживается удаление летучих веществ. И как следствие, изделия медленнее черствеют, лучше сохраняют аромат и физические свойства прикорковых слоев мякиша.

Добавление амилалитических и глюкоамилазных ферментных препаратов усиливает накопление в хлебе сахаров, продуктов гидролиза белков, ароматических веществ, что улучшает вкус и аромат хлеба.

Поверхностно-активные вещества — жиры в количестве 2 % и более, фосфатидные концентраты (0,5—1,0 %), эмульгаторы (0,1—0,25 % к массе муки) улучшают структуру и эластичность мякиша. Эти добавки особенно эффективны при переработке дефектной муки.

ГосНИИХП разработал рекомендации, способствующие увеличению сроков сохранения свежести хлеба:

переработка муки с более высоким содержанием белка и сильной эластичной клейковиной. Добавление белка делает структуру хлеба более прочной, при этом усиливаются гидратационные связи, способствующие уменьшению потери влаги в процессе хранения хлеба;

внесение при выработке хлеба из пшеничной муки ржаной муки соответствующих помолов в количестве 10—20 %;

добавление сахара, глюкозной или мальтозной патоки и неферментированного солода.

Применение выше упомянутых ингредиентов способствует повышению гидрофильных свойств мякиша хлеба.

На новых или реконструируемых предприятиях целесообразно создавать специальные механизированные отделения, обеспечивающие быстрое охлаждение хлеба и удаление образующейся влаги (в I период) и поддержание оптимальных параметров температуры и относительной влажности воздуха (во II период).

Наиболее эффективный способ сохранения свежести хлебобулочных изделий с целью увеличения срока их реализации — это упаковывание.

Перед упаковыванием хлебобулочные изделия выдерживают с целью охлаждения. К изделиям, подлежащим упаковыванию, предъявляют следующие требования. Для изделий из ржаной и ржано-пшеничной муки массой 0,7—1 кг оптимальный срок выдержки перед упаковыванием для формового хлеба составляет 90—120 мин, для подовых изделий — 80—100 мин; для булочных изделий массой 0,3—0,5 кг — 60—70 мин.

Охлаждение мелкоштучных булочных и сдобных изделий требует особого подхода. Из-за небольшой массы (0,05—0,2 кг) они остывают довольно быстро — в течение 25—40 мин после выхода из печи, поэтому не всегда можно организовать упаковывание этих изделий в оптимальные сроки. В связи с этим для охлаждения и выдержки мелкоштучных булочных и сдобных изделий перед упаковыванием целесообразно использовать специальные не-

большие камеры или покрывать лотки с изделиями полимерной пленкой.

На участке упаковывания для уменьшения обсемененности воздуха плесневыми грибами целесообразно устанавливать бактерицидные лампы или бактерицидный потолочный облучатель типа ОБП-300, или другой облучатель аналогичной конструкции. Облучение следует проводить каждые сутки в течение 1—2 ч при отсутствии людей в помещении.

Конкретные рекомендации по производству упакованных хлебобулочных изделий изложены в специальных технологических инструкциях, разработанных ГосНИИХПом на основе опыта работы хлебопекарных предприятий Москвы.

Для упаковывания хлебобулочных изделий применяют различные виды упаковочных материалов: бумагу и бумагу, дублированную полиэтиленом или другими материалами, целлофановую, полиэтиленовую и полипропиленовую пленки, комбинированные пленочные материалы на основе полиэтилена, пропилена, целлофана и полиамида. Все упаковочные материалы, используемые для упаковывания хлебобулочных изделий, должны быть разрешены органами Санэпиднадзора РФ. Кроме того, они должны быть безвредными, не реагировать с веществами хлеба, быть непроницаемыми для паров и газов.

Допускается упаковывать хлебобулочные изделия, нарезанные на ломти на специальных машинах.

### Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляют к укладке хлебобулочных изделий?
2. Что понимают под усушкой? Как ее рассчитывают?
3. Как параметры окружающей среды влияют на усушку?
4. В чем заключается сущность процесса черствения хлеба?
5. От каких факторов зависит черствение хлебобулочных изделий?
6. Какие изменения происходят в крахмале и белковых веществах при хранении хлеба?
7. Как изменяются вкус и аромат изделий в процессе их выдержки на предприятии?
8. В чем заключается сущность теории черствения хлеба?
9. Какие требования предъявляют к условиям выдержки хлебобулочных изделий на предприятии?
10. Каковы максимальные сроки выдержки изделий на предприятии?
11. Какие мероприятия рекомендуется осуществлять для сохранения свежести хлебобулочных изделий?
12. Как влияет упаковывание на сохранение свежести хлебобулочных изделий?
13. Какие виды упаковочных материалов применяют на хлебозаводах?

## ВЫХОД ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рациональное расходование сырья, материалов, трудовых и финансовых ресурсов является важнейшим фактором в работе хлебопекарного предприятия.

*Выход хлеба* — это масса хлеба, полученная из 100 кг муки и другого основного и дополнительного сырья, вносимого в соответствии с утвержденной рецептурой, выраженная в процентах к массе израсходованной муки.

*Норма выхода хлеба* — это минимально допустимое количество хлеба, получаемого из 100 кг муки и другого дополнительного сырья, вносимого в соответствии с утвержденной рецептурой.

Выполнение установленных норм выхода хлеба строго обязательно для каждого предприятия.

Плановый выход устанавливают ниже предельного значения, которое может быть достигнуто предприятием. Это дает возможность каждому предприятию перевыполнить норму выхода хлеба за счет внутренних резервов. Повышение фактического выхода хлеба на 1,4—1,5 % по сравнению с нормой позволяет сэкономить около 1 % муки.

## 12.1. РАСЧЕТ ВЫХОДА ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Выход хлеба  $B_{\text{хл}}$  (кг) определяется выходом теста  $B_{\text{т}}$  (кг), технологическими затратами  $Z$  (кг) и потерями  $P$  (кг)

$$B_{\text{хл}} = B_{\text{т}} - (P_{\text{м}} + P_{\text{т}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{разд}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{ус}} + P_{\text{кр}} + P_{\text{шт}} + P_{\text{бр}}),$$

где  $P_{\text{м}}$  — потери муки от приема до замешивания теста, кг. Определяют не реже 1 раза в квартал;  $P_{\text{т}}$  — потери муки и теста при приготовлении и разделке теста до посадки заготовок теста в печь, кг. Определяют не реже 1 раза в квартал;  $Z_{\text{бр}}$  — затраты при брожении полуфабрикатов (активированных хлебопекарных дрожжей, жидких дрожжей, заквасок, опар, теста и пр.), кг. Определяют по содержанию спирта в полуфабрикатах из пшеничной муки, спирта и летучих кислот, пересчитываемых на содержание уксусной кислоты (%) — в полуфабрикатах из ржаной муки. Определяют в зимнее и летнее время согласно инструкции по нормированию выхода хлеба;  $Z_{\text{разд}}$  — затраты муки при разделке теста (мука, идущая на разделку, не участвует в обеспечении выхода теста, поэтому выход теста уменьшается), кг. Определяют 1 раз в квартал;  $Z_{\text{уп}}$  — затраты при выпечке (упек), кг. С увеличением величины  $Z_{\text{уп}}$  выход хлеба  $B_{\text{хл}}$  (кг) снижается, а усыхание хлеба повышается. Определяют 3 раза в месяц;  $Z_{\text{ус}}$  — затраты при охлаждении и хранении хлеба (усушка), кг. Усушка включает уменьшение массы горячего хлеба за период его транспортирования от печи до циркуляционного стола, уменьшение массы горячего хлеба за период его укладки с циркуляционного стола до полной загрузки в вагонетки; уменьшение массы горячего хлеба за период хранения в экспедиции до отправки его в торговую сеть. Величину каждой из этих затрат определяют отдель-

но, а в формулу включают сумму этих величин. Определяют 1 раз в квартал;  $П_{кр}$  — потери хлеба в виде крошки и лома, кг. При выбивке хлеба из форм, укладке его на вагонетку, в лоток, контейнер и другие устройства для хранения часть продукта теряется в виде крошки и кусков. Крошку собирают в местах ее скопления и взвешивают. Определяют примерно 1 раз в полгода;  $П_{шт}$  — потери от неточности массы штучных изделий, кг. Неточность массы отдельных изделий может сказаться на величине выхода готового продукта. Массу этих изделий определяют после охлаждения путем взвешивания наполненной вагонетки или контейнера, подсчета количества изделий на ней и средней массы одного изделия. Определяют 1 раз в месяц;  $П_{бр}$  — потери от переработки брака, кг. При переработке бракованных изделий в хлеб (имеются в виду крошка и мочка) часть его сухого вещества и влаги теряется. Поэтому при переработке брака следует учитывать потери, связанные с его переработкой. Определяют 1 раз в квартал.

Норму выхода хлеба устанавливают при базисной влажности муки (14,5 %) и корректируют на производстве с учетом ее фактической влажности по таблицам пересчета, разработанным ГосНИИХПом, или рассчитывают по формуле

$$B_{хл} = \frac{B_{хл.п} \cdot 100}{100 - (14,5 - W_m)},$$

где  $B_{хл.п}$  — норма выхода хлеба при базисной влажности муки, %;  $W_m$  — влажность муки, %.

Выход теста (кг)

$$B_T = G_c \frac{100 - W_c}{100 - W_T},$$

где  $G_c$  — суммарная масса сырья, израсходованного на приготовление теста из 100 кг муки по рецептуре, включая применяемые добавки (молочная сыворотка, модифицированный крахмал), кг;  $W_c$  — средневзвешенная влажность сырья, %;  $W_T$  — влажность теста после замешивания, %.

При выработке изделий, в рецептуру которых входят повидло, изюм, мак, тмин, кориандр и др., выход теста определяют без учета указанных видов сырья. К полученной величине выхода теста добавляют 95 % массы изюма, мака, тмина и др., приходящихся на 100 кг муки по рецептуре. Отходы от этих видов сырья при подготовке их к производству принимают равными 5 %.

Для расчета средневзвешенной влажности значения влажности каждого вида сырья берут из качественных удостоверений, а при их отсутствии принимают равными предельно допустимым нормам, предусмотренным нормативной документацией на каждый вид сырья.

Для расчетов чаще всего используют следующие данные по влажности сырья: мука — 14,5 %; дрожжи прессованные — 75,0; поваренная соль — 3,5; сахар — 0,15; маргарин (молочный столовый) — 17; масло растительное подсолнечное — 0,15; патока — 22; сыво-

ротка молочная натуральная — 95; яйцо — 73,6; молоко натуральное — 87,5 %.

В связи с тем что влажность теста — основной показатель, по которому определяют выход теста и хлеба, следует обращать особое внимание на правильное отражение величины фактической влажности теста в расчетных данных.

Средневзвешенная влажность сырья (%)

$$W_c = \frac{G_m W_m + G_{др} W_{др} + G_{соли} W_{соли} + \dots}{G_c},$$

где  $G_m$  — масса муки,  $G_m = 100$  кг;  $G_{др}$ ,  $G_{соли}$  — масса соответственно дрожжей и соли на 100 кг муки по рецептуре, кг;  $W_m$ ,  $W_{др}$ ,  $W_{соли}$  — влажность соответственно муки, дрожжей и соли;  $G_c$  — масса всего сырья по рецептуре в расчете на 100 кг муки, кг.

Влажность теста принимают по нормативной документации в зависимости от влажности мякиша изделий

$$W_T = W_{мяк} + n,$$

где  $n$  — коэффициент, равный для хлеба из ржаной, пшеничной муки или их смеси 1—1,5 %; для изделий из пшеничной сортовой муки массой более 0,2 кг — 0,5 %; для мелкоштучных и слобных изделий массой меньше 0,2 кг — 0.

## 12.2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫХОД ХЛЕБА

На фактический выход хлеба и расход муки влияют хлебопекарные свойства муки, влажность ее и теста, его рецептура, технологические потери и затраты, конструкция печей, стабильность и четкость работы дозировочной аппаратуры, разделочного оборудования, соблюдение производственной рецептуры и технологических параметров, режимы хранения готовых изделий и их упаковки.

**Влажность муки.** Со снижением влажности муки (но не менее 12 % против базисной 14,5 %) выход хлеба увеличивается; с увеличением влажности (но не более 15 %) выход хлеба уменьшается. При переработке муки с влажностью менее 12 % в расчетах принимают ее за 12 %.

**Хлебопекарные свойства муки.** При переработке муки со средними хлебопекарными свойствами всегда получают расчетный выход продукции. При переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами нельзя получить нормальный выход хлеба, так как из-за ухудшения реологических свойств теста необходимо снижать массу воды на замес теста. Поэтому такую муку подвергают специальной обработке или применяют улучшители, смешивают с другими партиями муки с хорошими хлебопекарными свойствами, используют специальные технологические приемы.

**Масса дополнительного сырья.** Масса дополнительного сырья регламентируется рецептурой. Замена одного вида сырья другим допускается в соответствии с нормами взаимозаменяемости сырья. Наличие в рецептуре значительной доли дополнительного сырья, например в слобных изделиях, приводит к увеличению их выхода. В изделиях, в рецептуру которых входят только мука, дрожжи, соль и вода, норма выхода значительно ниже.

**Влажность теста.** С увеличением влажности теста выход изделий увеличивается. Однако влажность хлеба — это показатель, регламентируемый нормативной документацией, поэтому на предприятии этот показатель выдерживают на уровне предельного. Снижение влажности теста на 1 % уменьшает выход продукции на 2—3 %.

**Технологические потери и затраты.** Потери, вызванные несовершенной организацией производства и снижающие выход хлеба, называются *технологическими потерями*.

Потери муки при приемке ее на предприятие  $I_m$  складываются из распыла муки при перевозке и хранении, запылке, при просеивании, при недостаточном выколачивании мешков и других потерь до момента подачи муки к тестомесильной машине. При тарном хранении муки эти потери составляют 0,11 %. При бестарном приеме и хранении муки в сочетании с гибкими системами транспортирования внутри производства эти потери могут быть сведены до минимума ( $I_m = 0,03$  %).

Потери муки и теста при замешивании и разделке теста  $I_T$ . При приготовлении полуфабрикатов в тестоприготовительных агрегатах  $I_T$  составляют 0,03—0,05 %, а при дискретном способе приготовления полуфабрикатов с применением деж  $I_T$  составляют 0,04—0,06 % на 100 кг муки. Снижение  $I_T$  возможно путем улучшения состояния тестоприготовительного и тесторазделочного оборудования, установления сборников для тестовых «крошек» и «шариков», устранения распыла муки.

**Технологические затраты.** Это затраты, обусловленные технологическим процессом, а именно затраты сухих веществ муки на брожение, расход муки на разделку теста, упек и усушка.

Затраты сухих веществ муки на брожение полуфабрикатов  $Z_{бр}$ . Затраты, выраженные через затраты сахаров, отнесенные к сухим веществам теста, составляют 2,5—3,7 %. Величину  $Z_{бр}$  определяют на каждом предприятии для каждого сорта изделия.

Затраты муки на разделку теста  $Z_{разд}$ . Муку используют при разделке подового хлеба и булочных изделий из пшеничной сортовой муки (ситнички, рижский хлеб) для подпыла тестовых заготовок и устранения прилипания теста к рабочим поверхностям и деталям тесторазделочного и передаточного оборудования. В этом случае  $Z_{разд}$  принимают равными 0,2—0,4 кг. Если затраты на разделку выражают в процентах, то  $Z_{разд}$  в среднем составляют 0,6—0,8 %.

Затраты при выпечке (упек)  $Z_{уп}$ . Разность между массой тестовой заготовки в момент ее посадки в печь  $q_{т.з}$  и массой горячего хлеба в момент его выхода из печи  $q_{г.х}$ , выраженная в процентах, называется *упеком*  $q_{уп}$

$$q_{уп} = (q_{т.з} - q_{г.х}) \cdot 100/q_{т.з}.$$

Масса упека (кг)

$$Z_{уп} = q_{уп}[q_{т} - (P_{м} + P_{т} + Z_{бр} + Z_{разд})]/100.$$

Величина упека зависит от нескольких факторов и составляет 6—14 %. Упек определяют на каждом предприятии.

Затраты при охлаждении и хранении хлеба (усушка)  $Z_{ус}$ . Эти затраты состоят из двух отдельно определяемых видов затрат:  $q_{укл}$  и  $q_{ус}$ . Затраты при укладке  $q_{укл}$  фиксируют снижение массы выпекаемого хлеба в период с момента выхода его из печи до укладки на вагонетки, а затраты на усушку  $q_{ус}$  — в период его хранения. Величина  $q_{укл}$  в среднем составляет 0,7 %. Следует уточнить нормы хранения изделий с момента выхода их из печи: для хлеба из ржаной муки, ржано-пшеничной, пшенично-ржаной, пшеничной обойной — 14 ч; для хлеба из пшеничной сортовой муки и хлебобулочных изделий массой более 200 г — 10 ч и для мелкоштучных изделий массой 200 г и менее — 6 ч. Средние значения усушки составляют 3,4—4,0 %, но могут быть и выше.

Сумма двух затрат ( $q_{ус} + q_{укл}$ ) составляет общую массу усушки  $q_{ус.общ}$  (%) к массе горячего хлеба.

Масса усушки (%)

$$Z_{ус} = q_{ус.общ}[q_{т} - (P_{м} + P_{т} + Z_{бр} + Z_{разд} + Z_{уп})]/100.$$

В среднем  $Z_{ус}$  составляют 6—9 кг.

Потери хлеба в виде крошки и лома  $P_{кр}$ . Вызываются неисправным состоянием хлебных форм, деформацией изделий при выбивке из форм, транспортировании и укладке в лотки. Эти потери составляют до 0,7 % к массе горячего хлеба.  $P_{кр}$  выражают в килограммах и рассчитывают по формуле

$$P_{кр} = q_{кр}[q_{т} - (P_{м} + P_{т} + Z_{бр} + Z_{разд} + Z_{уп} + Z_{ус.общ})]/100,$$

где  $q_{кр}$  — потери хлеба в виде крошки и лома, выраженные в процентах к массе остывшего хлеба; для хлеба из ржаной муки, смеси ржаной и пшеничной  $q_{кр} = 0,02$  %; для изделий из пшеничной сортовой муки  $q_{кр} = 0,03$  %.

Потери в результате отклонений от установленной массы 1 шт. хлебобулочных изделий  $P_{шт}$ . Эти потери обусловлены неточностью работы тестоделительных машин, отклонениями



в значениях унека, несоблюдением правил и условий хранения и выражаются в килограммах.

$$P_{\text{шт}} = q_{\text{шт}} [q_{\text{г}} - (P_{\text{м}} + P_{\text{т}} + Z_{\text{бр}} + Z_{\text{разл}} + Z_{\text{уп}} + Z_{\text{ус.общ}} + P_{\text{кр}})] / 100,$$

где  $q_{\text{шт}}$  — потери, принимаемые при контроле и расчете выходов штучных изделий: для хлеба ржаного, из смеси муки ржаной и пшеничной, пшеничной обойной — 0,4 %; для хлеба из пшеничной сортовой муки — 0,5 %; для батонобразных изделий и городских булок — 1,0 %.

Потери от переработки брака  $P_{\text{бр}}$ . Обусловлены тем, что часть продукции при этом идет в отходы (подгоревшие изделия, загрязненные и др.). По данным ГосНИИХПа, эти потери равны 0,02 кг к массе муки.

### 12.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

К доброкачественным отходам хлебопекарного производства относят хлебную мочку, хлебную и сухарную крошку.

*Хлебная мочка* — это полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный измельчением предварительно замоченного хлеба. Массовая доля влаги в мочке около 75—80 %. Мочку готовят в соотношении хлеба и воды 1 : 2. Хлеб превращают в мочку на мочкопротирочной машине, в воронку которой вместе с хлебом подают воду температурой 25—30 °С. На выходе из машины хлебная масса проходит через сетку, которая задерживает куски неразмоченного хлеба. Приготовленную таким образом хлебную мочку подают в специальный сборник, а затем по мере необходимости добавляют в тесто.

Мочка быстро закисает, поэтому ее следует использовать в течение одной смены. Для изделий из муки пшеничной первого и высшего сортов мочку применять нельзя, так как она может вызвать потемнение мякиша и повышение кислотности изделий. Ее добавляют при замесе теста, а иногда в качестве питания для жидких заквасок. Она содержит клейстеризованный крахмал, водорастворимые вещества и кислоты. Применение мочки в некоторой степени улучшает качество изделий из ржаной муки.

*Хлебная крошка* — это полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный измельчением хлебобулочных изделий без предварительного замачивания в воде, а сухарная крошка — полуфабрикат, полученный измельчением предварительно высушенных хлебобулочных изделий. Хлебную и сухарную крошку перед использованием необходимо просеять через сито с ячейками диаметром 3—4 мм. Хлебную крошку целесообразно добавлять при замесе опары или закваски.

Хлебобулочные изделия из пшеничной муки, а также деформированные изделия, изделия с истекшим сроком реализации (брак, черствый и др.) могут быть использованы в виде мочки, сахарной или хлебной крошки при выработке продукции из пшеничной муки того же сорта или более низких сортов; из ржано-пшеничной и ржаной муки.

Хлеб и хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки, а также доброкачественные отходы (брак, черствый и др.) могут быть использованы в виде мочки, сахарной или хлебной крошки при выработке продукции из смеси ржаной и пшеничной муки того же или более низких сортов, а также при выработке ржаного хлеба (табл. 12.1).

12.1. Количество (%) доброкачественных отходов, вводимых в тесто

Изделие	Мочка	Крошка	
		хлебная	сахарная
Хлеб из ржаной обойной муки	10	5	3
Хлеб из муки ржаной обдирной и сеяной, ржано-пшеничной, пшенично-ржаной и пшеничной обойной, из смеси муки ржаной и пшеничной сортовой, а также из смеси муки пшеничной обойной и сортовой	5	3	2
Хлеб из пшеничной муки:			
второго сорта	2,5	3	2
первого сорта и смеси пшеничной муки первого и второго сорта	2*	1	1,5
высшего сорта	—	—	1
Булочные изделия из пшеничной муки второго сорта	—	3	2
Булочные, слобные и бараночные изделия из пшеничной муки первого сорта	—	2	1,5
высшего сорта	—	1,5	1
Сухарные изделия из пшеничной муки:			
первого и второго сорта	—	5	2
высшего сорта	—	3	1,5

\* Разрешается применять в виде тонкодиспергированной мочки, приготовленной на машине А2-ХПК.

Перед пуском в переработку хлебный брак должен быть осмотрен. Грязный, заплесневелый, с признаками картофельной болезни хлеб отбирают и в переработку не допускают, горелые корки обрезают. Приготовленный хлеб замачивают в воде и измельчают в машинах марок ХМ, ХМ-53-М, А2-ХПК или протирают через сито с ячейками размером до 5 мм. Мочку с признаками порчи в переработку не допускают. Для приготовления мочки следует придерживаться постоянного соотношения хлеба и воды (в основном 1 : 2) по массе, чтобы обеспечить соблюдение рецептуры.

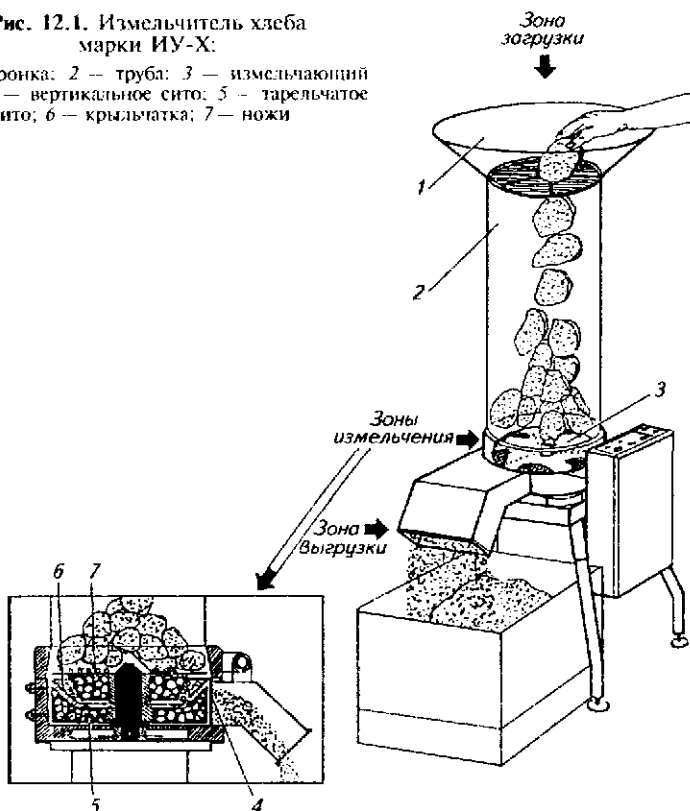
Хлебную крошку из невысушенного хлеба готовят дроблением хлеба в машинах молоткового или валкового типа (БДК, ДДК, АГ-25 и др.); сахарную крошку из высушенного хлеба готовят с последующим дроблением. Хлебную и сахарную крошку перед использованием пропускают через сетку с ячейками размером 3—4 мм. Мочку, хлебную или сахарную крошку добавляют в опару или тесто. Лучшие результаты получают при внесении хлебной и сахарной крошки в опару, потому что твердые частицы в процессе созревания опары набухают и практически незаметны в мякише изделия.

Для получения панировочных сухарей и крошки для мочки черствый или высушенный ржаной или пшеничный хлеб перемалывают с помощью измельчителя марки ИУ-Х (рис. 12.1).

Хлеб, подлежащий переработке, загружают в измельчитель сверху через загрузочную воронку 1. Двигаясь вниз по трубе 2 под действием собственного веса, хлеб попадает на вращающийся с большой скоростью измельчающий диск 3 специальной конфигурации, снабженный зубьями. Измельчающий диск разбивает хлеб

Рис. 12.1. Измельчитель хлеба марки ИУ-Х:

1 — воронка; 2 — труба; 3 — измельчающий диск; 4 — вертикальное сито; 5 — тарельчатое сито; 6 — крыльчатка; 7 — ножи



на крупные куски, которые проваливаются сквозь вырезы и попадают в зону измельчения. В зависимости от перерабатываемого сырья и требуемой крупности помола в измельчителе устанавливают либо вертикальное 4, либо тарельчатое 6 сито. Крыльчатка 5 разбивает прошедшие через измельчающий диск 3 куски хлеба и выбрасывает наружу уже готовые панировочные сухари. Во втором случае предварительно измельченный хлеб протирается ножами 7 через тарельчатое сито 6, и готовый продукт выходит из измельчителя. Измельчающий диск 3 приводится во вращение двухскоростным электродвигателем.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что понимают под термином «выход» хлеба?
2. С какой целью корректируют норму выхода хлеба в зависимости от массовой доли влаги муки?
3. От каких технологических потерь и затрат зависит выход хлеба?
4. Как влияет дополнительное сырье на выход теста и хлеба? Напишите формулу расчета выхода теста; какой показатель в этой формуле является основным и регламентируемым?
5. Какой физико-химический показатель готового изделия обязательно учитывают при определении массовой доли влаги теста?
6. Какие факторы влияют на выход хлеба?
7. Какие технологические затраты влияют на выход хлеба?
8. Какие технологические потери снижают выход хлеба?

## Глава 13

### ТЕХНОЛОГИЯ ДИЕТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И ИЗДЕЛИЙ ПОНИЖЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Ассортимент отечественных хлебобулочных изделий широк и разнообразен. Однако по данным Государственного научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности, ассортимент включает всего 10—20 %, а в отдельных регионах до 1—2 % диетических хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания.

Отдельную группу хлебобулочных изделий составляют изделия пониженной влажности, т. е. влажностью менее 19 %. К ним относятся сухари, бараночные изделия, соломка, хлебные палочки, хрустящие хлебцы и гренки.

#### 13.1. ДИЕТИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

В зонах экологического неблагополучия вырабатывают 7—10 % изделий профилактического назначения при потребности 40—45 % от общего объема вырабатываемой продукции.

Диетические изделия делят на две группы: лечебные и профилактические. Первая группа состоит из восьми подгрупп, вторая — из пяти. Изделия с лецитином и овсяной мукой, с повышенным содержанием иода, пищевых волокон и соевых продуктов можно одновременно отнести к лечебным и к изделиям с повышенной пищевой ценностью. Кроме указанных к диетическим изделиям относятся изделия бессолевые, с пониженной кислотностью, с пониженным содержанием углеводов и белков.

К профилактическим изделиям относятся изделия с повышенным содержанием пищевых волокон, изделия из диспергированного зерна, с биологически активными добавками и подсластителями, витаминизированные.

Безбелковый хлеб из пшеничного крахмала рекомендован больным, страдающим фенилкетонурией и с серьезными почечными заболеваниями. Количество таких больных сравнительно невелико, поэтому такой хлеб вырабатывают только наиболее крупные предприятия в количестве 40—50 кг ежедневно. Поскольку в условиях современного механизированного производства невозможно вырабатывать хлеб по 50—100 буханок в сутки, целесообразно было бы его упаковывать в полимерную пленку и реализовывать в течение более длительного времени, чем в настоящее время.

Значительную часть общей выработки диетических сортов составляют булочки пониженной кислотности (25,7%), диабетические изделия с пониженным содержанием углеводов (24,1%) и хлебобулочные изделия с повышенным содержанием пищевых волокон (23,8%). Однако потребность в этих сортах удовлетворяется всего на 20—25%, а в наиболее необходимом для диабетиков хлебе из отмытой пшеничной клейковины (хлеб белково-пшеничный и белково-отрубный) — только на 10,8%. Расширение производства высокобелкового хлеба тормозится сложностью и неэкономичностью процесса отмыwania сырой клейковины непосредственно на хлебозаводах. На крахмало-паточных предприятиях некоторых стран (США, Франция, Германия, Финляндия, Швеция) организована безотходная переработка пшеничной муки на белковые (сухая клейковина) и крахмалосодержащие продукты (сухие и сиропобразные). Это обеспечивает рациональное использование зерновых ресурсов, с одной стороны, и создает условия для выработки необходимого количества диабетического хлеба — с другой.

Почти четверть общей выработки диетических сортов составляют изделия с повышенным содержанием пищевых волокон. Однако по степени удовлетворения потребности в них это одна из наиболее неблагоприятных групп. По мнению специалистов ГУ НИИ питания РАМН, такие сорта хлеба могут быть использованы не только как лечебные, но и для профилактического питания. Для

людей старше 60 лет потребление хлеба с повышенным содержанием пищевых волокон должно составлять не менее половины от суточной нормы хлеба. Для рационального питания людей пожилого возраста необходимо вырабатывать около 3 млн т такого хлеба, т. е. почти в 100 раз больше, чем в настоящее время.

В решении этой задачи большую роль может сыграть широкое освоение производства хлеба русского из муки с высоким содержанием отрубянистых частиц. Этот сорт хлеба рекомендован для лечебно-профилактического питания. Вырабатывать его можно как формовым, так и подовым, крутой и багнообразной формы. Использование специальной муки, формируемой непосредственно на мукомольных предприятиях, и несложной интенсивной технологии, разработанной ВНИИХПом, облегчают освоение нового диетического изделия. Технологической особенностью приготовления хлеба русского является ускоренный способ тестоведения с использованием закваски или молочной сыворотки. Продолжительность брожения теста — 40—70 мин. По сравнению с другими сортами этой группы хлеб русский характеризуется пониженной энергетической ценностью и тонким помолом отрубянистых частиц и предназначен для питания людей не только с дискинезией, но и с другими заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

Тесто для диетических сортов хлеба готовят преимущественно порционно в дежах опарным, безопарным или ускоренным способами.

Хлеб белково-пшеничный и белково-отрубный вырабатывают безопарным способом с использованием клейковины (сырой, сухой). С технологической и экономической точек зрения более целесообразно применять сухую клейковину. Во ВНИИХПе разработаны рекомендации по применению сухой клейковины при выработке диабетических сортов хлеба взамен сырой клейковины в соотношении 1 : 3.

При приготовлении белково-пшеничного хлеба в дежу вносят сухую клейковину, воду, суспензию дрожжей, содержимое перемешивают до получения однородной массы, а затем добавляют муку, раствор соли, масло и замешивают тесто. Характерные особенности этой технологии: отсутствие стадии оплежки (набухания) клейковины, усиленная механическая обработка теста и повышение его температуры до 28—30 °С.

Булочки с добавлением яичного белка готовят опарным способом. Опару замешивают на молоке.

Для получения хлебобулочных изделий с низким содержанием белка из рецептуры исключают пшеничную муку, заменяя ее различными видами крахмала. Выработка изделий этой группы отличается большой трудоемкостью. Для приготовления безбелкового бессолевого хлеба замес теста проводят в следующем порядке: в дежу вносят раствор дрожжей, сахар, патоку, соду и воду. Все

тщательно перемешивают. В отдельной емкости готовят смесь из крахмала, пектина и ржаной муки, вносят ее в дежу и замешивают тесто.

При выработке безбелкового хлеба из пшеничного крахмала тесто готовят на химических разрыхлителях без стадии брожения. Тесто замешивают в сбивальной машине. Сначала в дежу вносят свежотмытый пшеничный крахмал-сырец, кукурузно-солодовый экстракт и предварительно растворенные в небольшом количестве горячей воды соль, сахар, гидротартрат калия, лимонную кислоту. Затем добавляют холодную воду, чтобы температура теста не превышала 16 °С. Смесь тщательно перемешивают до получения однородной массы. В отдельной емкости смешивают сухой амилопектиновый крахмал с пищевой содой и витаминами; раствор витаминов готовят в лаборатории. Подготовленную смесь добавляют в дежу и замешивают тесто. В конце замеса вносят сливочное масло. Тесто укладывают в формы и выпекают.

Тесто для таких сортов, как барвихинский и зерновой, готовят в две стадии: замачивание дробленого зерна и замес теста. Для приготовления хлеба барвихинского дробленое зерно заливают водой температурой 60 °С при соотношении зерна и воды 1 : 1 и оставляют для набухания на 2,5 ч. К набухшей массе добавляют все сырье, указанное в рецептуре, и замешивают тесто. В процессе брожения проводят две обминки теста. При выработке зернового хлеба дробленое зерно и тмин заливают водой температурой 45—55 °С, а затем добавляют небольшими порциями ранее приготовленную опару. В процессе замачивания зерна всю массу 2—3 раза перемешивают. Затем в замоченное зерно добавляют все сырье, необходимое по рецептуре, и замешивают тесто. Хлебцы докторские готовят с добавлением отрубей, которые вносят в опару.

Хлеб и булочки пониженной калорийности готовят с применением метилцеллюлозы. Поскольку изделия этой группы рекомендуются людям пожилым, а также с нарушенным обменом веществ, в частности страдающим ожирением, целесообразно расширять производство наиболее низкокалорийных сортов, например хлеба русского (201 ккал/100 г), хлеба и булочек пониженной калорийности (198 ккал/100 г и 213 ккал/100 г). Сравнительно невысока энергетическая ценность хлеба барвихинского (217 ккал/100 г) и зернового (228 ккал/100 г). Наибольшую энергетическую ценность имеют хлебцы докторские (247 ккал/100 г), в рецептуру которых входит 6 % сахара и 3 % жира.

Для приготовления хлебцев диетических отрубных с лецитином в качестве источника лецитина применяют фосфатидные концентраты, получаемые из растительных масел. Они не только богаты лецитином, но и содержат более 50 % незаменимых жирных кислот, играющих важную роль в нормализации липидного обмена.

Хлебцы диетические отрубные с лецитином готовят опарным способом. Отруби вносят в опару, а фосфатидный концентрат в виде эмульсии — при замесе теста. Для приготовления эмульсии в фосфатидный концентрат добавляют воду температурой 50—65 °С в соотношении 1 : 1 или 1 : 1,5 и взбивают в сбивальной машине в течение 10—15 мин до получения однородной эмульсии.

Продолжительность отдельных стадий технологического процесса перечисленных диетических сортов колеблется в широком диапазоне — от 50 мин до 5 ч. Продолжительность выпечки при практически одинаковой массе тестовых заготовок колеблется от 20 до 50 мин, поэтому организация поточно-механизированного производства при выработке большого ассортимента диетических изделий затруднена. Трудность производства усугубляется еще и тем, что заказ на суточную выработку диетических изделий составляет от 50 до 600 кг в зависимости от сорта.

Известно, что в рацион детей, в том числе школьников, следует вводить изделия, обогащенные веществами, необходимыми для нормального роста и развития организма, для нормального обмена веществ, для защиты от болезней и вредных факторов внешней среды, надежного обеспечения всех жизненных функций. К таким веществам относятся прежде всего микронутриенты — витамины и минеральные вещества.

Массовые обследования населения, проводимые Институтом питания РАМН, другими медицинскими учреждениями в различных регионах РФ, убедительно свидетельствуют о крайне недостаточном потреблении микронутриентов значительной частью населения всех возрастных и профессиональных групп, в том числе детьми дошкольного и школьного возраста, учащейся молодежью. Так, 40—60 % детей и школьников недостаточно обеспечены витаминами С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, фолиевой кислотой, каротином. Поливитаминный дефицит во многих регионах сочетается с незначительным поступлением некоторых макро- и микроэлементов: кальция, железа, йода.

Институт питания РАМН, ЗАО «Валетек продимпэкс» совместно с Секцией хлебных технологий МГУПП разработали специальные сорта изделий профилактического назначения (булочки «Студенческие»), обогащенные витаминами и минеральными веществами.

Булочки изготавливают из пшеничной муки высшего или первого сортов, хлебопекарных дрожжей, соли пищевой йодированной, сахара и маргарина. Булочки «Студенческие» можно выбатывать по рецептурам, различающимся по содержанию жира и сахара; кроме того, они могут иметь разнообразные форму, массу, индивидуальную упаковку. Срок годности упакованных изделий 72 ч.



В качестве источников микронутриентов были предложены разработанные ЗАО «Валетек продимпэкс», апробированные и внедренные витаминно-минеральные добавки:

витаминно-минеральные премиксы «Валетек» — источники витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, фолиевой кислоты и минеральных веществ (железо, кальций);

масляный раствор β-каротина — источник витаминов-антиоксидантов;

соль пищевая йодированная — источник микроэлемента йода.

## 13.2. СУХАРИ

### 13.2.1. Сдобные сухари

Сдобные сухари готовят из пшеничной муки высшего и первого сортов с добавлением значительного количества сахара, жира, яиц и другого дополнительного сырья. Ассортимент сдобных пшеничных сухарей насчитывает около 20 наименований, различающихся размерами, массой, формой и рецептурой. В рецептуру молочных сухарей кроме жира, сахара и яиц входит 10 % сгущенного молока, сухарей с изюмом — 20 % изюма, сухарей с орехами — 10 % дробленых орехов, сухарей с маком — 15 % мака, горчичных сухарей — 10 % горчичного масла.

Сдобные сухари имеют низкую влажность (у отдельных их наименований от 8 до 12 %), поэтому они могут храниться относительно долгое время. Сдобные сухари готовят из пшеничной сортовой муки. Так, например, из муки второго сорта производят сухари городские, из муки первого сорта — сухари кофейные, сахарные, московские, дорожные, пионерские, а из муки высшего сорта — сухари детские, любительские, сливочные, славянские, ванильные и др.

Рецептура сдобных сухарей предусматривает внесение в тесто соответствующего количества для каждого сорта сахара и жира. Кроме того, в рецептуре указывается число яиц на смазку и отделку.

В связи с тем что большое количество сахара и жира в тесте тормозит спиртовое брожение в нем, количество прессованных дрожжей в рецептуре увеличивают. Так, например, в рецептуру сливочных и любительских сухарей входит 2,5 % прессованных дрожжей.

Для каждого вида сухарей установлены определенные форма, размеры (длина, ширина, высота) и число штук в 1 кг. Наибольшую длину (110—125 мм) и массу имеют сухари с изюмом, осенние, сливочные, молочные (в 1 кг содержится 40—45 шт.), а наименьшую — детские сухари (в 1 кг содержится 200 шт.).

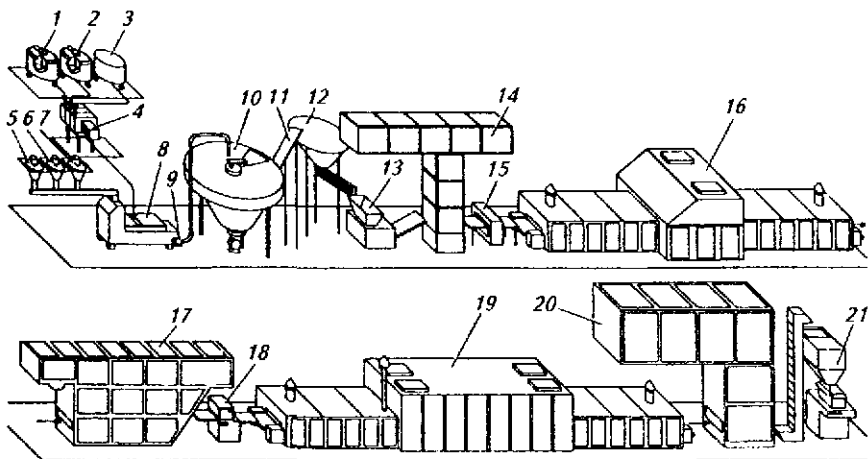
Кроме того, сухари различаются также отделкой поверхности. Сухари осенние и с изюмом обсыпаны сахаром-песком с одной

стороны, а сахарные и славянские — с обеих сторон. Верхнюю корочку сухарей городских и кофейных посыпают сахарной крошкой, а сухарей любительских — миндалем.

Качество сухарей оценивают по органолептическим показателям (форма, состояние и окраска поверхности, вкус, запах и хрупкость) и физико-химическим (влажность, кислотность, набухаемость, содержание жира и сахара, число штук в 1 кг).

Сухари производят на специализированных предприятиях, в специализированных цехах или на поточных линиях. Технология сдобных сухарей включает следующие операции: приготовление и брожение теста, формование, расстойку, отделку, выпечку, выдержку и резку плит на ломти, их отделку, сушку, обжарку, охлаждение, отбраковку и упаковку (рис. 13.1).

Плиты — это полуфабрикаты сухарного производства. Из 1 т плит получают около 750 кг сухарей. Плита — сдобный плоский хлеб, рецептура и профиль поперечного сечения которого соответствуют определенному сорту сухарей. Приготовление плит состоит из следующих операций: приготовление теста; формование заготовок для плит; расстойка заготовок; выпечка, остывание и выдержка плит.



**Рис. 13.1.** Аппаратурно-технологическая схема производства сдобных сухарей:

1—3 — напорные баки соответственно для растворов жировой эмульсии, дрожжевой суспензии и солевого раствора; 4 — дозировочная станция Ш2-ХДМ для жидких компонентов. 5—7 — дозаторы Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов (муки, сахарной крошки); 8 — тестомесильная машина И8-ХТА-12/1; 9 — нагнетатель теста И8-ХТА-12/3; 10 — бункер И8-ХТА-12/2 для брожения теста; 11 — конвейер; 12 — устройство для дополнительной обработки теста; 13 — машина МСП-2 для формования сухарных плит; 14 — расстойный шкаф А2-ХРВ; 15 — устройство для смазки сухарных плит; 16. 19 — соответственно печи ПХС-25М и БН-50; 17 — шкаф для охлаждения сухарных плит КМУ-12; 18 — хлебобрезальная машина ХРМ; 20 — шкаф для остывания сухарей; 21 — фасовочный автомат

**Приготовление теста для плит.** Тесто для сухарных плит готовят на густой опаре двумя способами: традиционным, при котором тесто бродит в течение 60—180 мин, и ускоренным с интенсивной проработкой теста при замесе, что сокращает брожение до 15—20 мин.

Традиционный способ. Опару готовят из 50—60 % муки, дрожжей (часть дрожжей оставляют на отсдобку), воды и крошки, полученной из отходов при резке плит. Дозировка крошки в опару для сухарей из муки первого сорта не более 5 %, а из муки высшего сорта — не более 3 % к общей массе муки в тесте.

Влажность опары составляет 40—43 %, температура — 30—32 °С, продолжительность брожения — 3,5—5 ч. Тесто для плит, предназначенных для изготовления высокоресептурных сухарей (молочные, с маком, с изюмом, лимонные, ванильные, ореховые, осенние, сливочные), готовят с отсдобкой. Применяя отсдобку, на готовой опаре сначала замешивают тесто, добавляя в опару раствор соли и около половины оставшейся муки. Тесто бродит в течение 60—70 мин, затем в него добавляют остаток муки (примерно 25 %), дрожжи, сахар, перемешанный с растопленным жиром, ванилин, изюм, орехи и прочее сырье.

Влажность теста после отсдобки для ореховых сухарей должна составлять 29,5—30 %, лимонных — 30—31, горчичных — 32—33, сливочных и ванильных — 32—35 %. Чем больше сахара и жира в рецептуре теста, тем ниже должна быть его влажность. Тесто после отсдобки бродит в течение 1,5—2,5 ч. За 30—40 мин до разделки тесто обминают. Тесто для сухарных плит из муки первого сорта готовят без отсдобки. Влажность теста для сухарей московских, пионерских, кофейных должна составлять 34—35 %, а длительность брожения — 60—75 мин.

**Ускоренный (опарный) способ.** Обычно осуществляют в агрегатах с помощью тестомесильных машин непрерывного действия.

При ускоренном опарном способе дозировку прессованных дрожжей повышают на 0,4—1,0 %. Основная часть дрожжей идет на приготовление опары, меньшая — на замес теста. Для сухарей из одного и того же сорта муки опару готовят по единым рецептуре и режиму, что облегчает переход от выработки одного изделия к другому. При этом влажность опары должна составлять 42—43 %, продолжительность брожения — 4,5—5,5 ч. Опара несколько разжижает тесто, поэтому ее дозировка для различных сортов сухарей будет разной. Для теста из муки высшего сорта, имеющего низкую влажность, берут несколько меньше опары (в опаре 39—43 % муки), чем для теста из муки первого сорта (43—48 % муки).

При уменьшенной дозировке опары в тесто добавляют дрожжи. Тесто в агрегатах готовят без отсдобки, при замесе вносят все предусмотренное по рецептуре сырье. Сахар добавляют в сухом виде

(с помощью ленточного или барабанного дозатора) или в виде 70%-го концентрированного раствора. Масло или маргарин вносят в растопленном виде, водно-спиртовой раствор ванилина поступает в тесто по каплям из специальной емкости. Начальную температуру теста 32—34 °С обеспечивают растопленным жиром или раствором сахара, так как воды на замес теста остается очень мало.

Замешенное тесто прорабатывается шнеком и поступает в люк над воронкой формирующей машины. При недостаточной или избыточной обработке качество плит ухудшается, а у готовых изделий снижаются хрупкость и набухаемость. Сухари лучшего качества получают ускоренным опарным и безопасным способом.

При ускоренном опарном и безопасном способах снижается затрата сухих веществ муки на брожение, сокращается металлоемкость бродильных емкостей, создаются предпосылки для комплексной механизации и автоматизации процесса приготовления теста.

**Формование и расстойка заготовок для сухарных плит.** Для формирования сухарных плит созданы различные машины, в которых тесто нагнетается через формирующие матрицы, осуществляющие деление теста на мелкие дольки, раскатку их в жгуты, а затем укладку их в ряды на листах.

Расстойка отформованных плит производится на листах в камерах или конвейерных установках при температуре 35—40 °С и относительной влажности воздуха 75—85 % в течение 40—120 мин (в зависимости от сорта и свойств муки и количества дополнительного сырья в тесте). При расстойке и выпечке высота плиты возрастает почти в 2 раза, ширина увеличивается незначительно.

Перед выпечкой расстоявшиеся плиты смазывают эмульсией из яиц и воды и накалывают, чтобы предотвратить вздутие корки. Плиты для отдельных сортов (например, городских и кофейных сухарей) после смазки посыпают сухарной крошкой.

**Выпечка сухарных плит.** Плиты выпекают при температуре от 180 до 250 °С в течение 7—20 мин (в зависимости от сорта сухарей и размеров плит). Плиты для высокоресептурных сухарей выпекают при пониженной температуре (иначе поверхность может подгореть) более длительное время без увлажнения пекарной камеры. Упек составляет 6—9 %. Выпеченные плиты должны иметь тонкую светло-коричневую корку, мелкую равномерную пористость, эластичный, хорошо пропеченный мякиш.

Выпеченные плиты в течение 15—20 мин охлаждают на листах, на которых они выпекались. Спустя 5—8 мин после выпечки плиты переворачивают, чтобы избежать появления на нижней корке темных пятен.

**Остывание и выдержка плит.** Охлажденные плиты перекладывают на деревянные лотки и выдерживают на специальных стелла-

жах в течение 8—24 ч или в вентилируемых шкафах-кулерах при 30—32 °С — 2—4 ч. В результате остывания плиты теряют часть влаги (масса плит при выдержке уменьшается на 4—6 %) и несколько черствеют. Структура плит становится более прочной, они легче разрезаются на ломти, поверхность среза получается более ровной.

При выдержке плит создают условия для равномерного омывания их воздухом температурой 12—15 °С и относительной влажностью 65—75 %.

При чрезмерном черствении плиты в процессе разрезания сильно крошатся и вкус и хрупкость готовых изделий ухудшаются.

**Разрезание плит и раскладка ломтей на листы.** Плиты после выдержки разрезают на ломти машиной пилорамного типа. Между кулером и пилорамной машиной устанавливают накопитель — конвейерный шкаф, вмещающий запас плит на 1,0—1,5 ч работы. Поперек загрузочного транспортера резальной машины помещают плиты. Две рамы с укрепленными пилообразными ножами, совершающие возвратно-поступательное движение (одна против другой), разрезают плиты на ломти.

Толщина ломтя зависит от расстояния между ножами. Поверхность среза должна быть ровной, а масса отходов (крошки) — минимальной: ножи должны быть острыми, с высокой скоростью резания и располагаться параллельно друг другу.

Ломти укладывают плашмя в один ряд на металлические листы вручную, а на специализированных предприятиях — с помощью специальных приспособлений на под ленточной печи или подиковые люльки тупиковых печей.

Нарезанные из плит ломти при производстве некоторых сортов сухарей смазывают водно-яичной смесью и посыпают сахаром-песком. Укладывают ломти на листы или под печи плотно, что обеспечивает равномерную окраску сухарей.

**Высушивание и охлаждение сухарей.** Готовые сухари должны быть высушены до влажности 8—12 %, иметь зарумяненный слой на боковых поверхностях, поэтому сушку-обжарку сухарей производят в хлебопекарных печах при температуре 165—220 °С в течение 12—35 мин (в зависимости от размеров и рецептуры сухарей) без увлажнения пекарной камеры.

При сушке ломтей, обсыпанных сахаром-песком, температуру в печи снижают, чтобы сахар не подгорел.

В целом, жесткий режим сушки обеспечивает лучшее качество сухарей: из-за появляющихся микротрещин изделия становятся хрупкими и хорошо набухают в воде.

При высушивании сухарей влага испаряется из внешних слоев ломтей, середина в момент выемки из печи остается непросушенной и имеет структуру мякиша, так как испарение влаги снаружи опережает подвод влаги из центра сухарей. При остывании и хра-

нении сухарей в течение 20—24 ч концентрационное перемещение влаги из центральных слоев к наружным продолжается и влажность изделия становится однородной.

Внутренний непросушенный слой в момент выемки сухарей из печи не должен превышать 1/2 толщины сухаря. На поверхности сухарей происходит реакция меланоидинообразования, в результате которой сухари приобретают золотисто-коричневый цвет, специфический вкус и аромат. После выемки из печи сухари некоторое время (20—30 мин) охлаждают, не снимая с листов.

**Упаковывание и хранение сухарей.** После охлаждения в течение 2—3 ч и отбраковки сухари упаковывают или фасуют в пачки, коробки, пакеты из полиэтиленовой пленки. Весовые сухари упаковывают в фанерные ящики, дно которых покрывают бумагой, или картонные короба. Сухари, обсыпанные сахаром-песком, укладывают в ящики плашмя, чтобы сохранить обсыпку, остальные сухари укладывают на ребро, а детские, наиболее мелкие, насыпью.

Масса сухарей (нетто) в ящике должна быть не более 20 кг, а в мелкой расфасовке — 0,1—0,5 кг. При контроле массы фасованных сухарей допускаются отклонения в меньшую сторону: до 5 %, если масса единицы упаковки 0,1—0,2 кг, и до 3,0 %, если масса более 0,25 кг.

Физико-химические показатели качества сухарей определяют через 24 ч после выемки из печи. Сухари направляют в торговую сеть через 26—27 ч после изготовления.

Сухари хранят при температуре 20—22 °С и относительной влажности воздуха 65—75 %. Усушка сухарей при таких условиях составляет около 0,5 %. При хранении в сыром помещении влажность сухарей может увеличиться.

**Дефекты сухарей.** Неравномерная пористость сухарей наблюдается при недостаточной расстойке заготовок или переработке невыброdivшего теста.

Неравномерная окраска и пятна на нижней поверхности сухарей возникают из-за неровной поверхности листов (на выпуклых участках листов окраска будет более темной).

Неодинаковая окраска боковых поверхностей сухаря возникает при недостаточном (или избыточном) подводе теплоты снизу или сверху пекарной камеры.

Горелые или бледные сухари получаются при нарушении общего температурного режима сушки.

Пониженная хрупкость, недостаточная набухаемость сухарей могут быть вызваны излишним черствением плит, длительным высушиванием сухарей при низкой температуре в пекарной камере, недостаточной пористостью плит.

Неправильная форма сухарей является следствием следующих факторов: недостаточной или избыточной расстойки заготовок сухарных плит, неправильного расположения ножей в резальной

машине, неправильной оправки сформованных заготовок для плит. Если влажность теста для плит высокая, то сухари могут приобрести излишнюю длину при недостаточной высоте.

Непросушенные сухари, несмотря на интенсивную окраску обеих поверхностей, могут получиться при завышенной температуре пекарной камеры.

### **13.2.2. Ржаные и ржано-пшеничные сухари**

Сухари, получаемые из ржаного или ржано-пшеничного хлеба, являются продуктом длительного хранения.

Вследствие низкой влажности (10 %) они пригодны для непосредственного употребления в пищу в любых температурных условиях.

Производство ржаных или ржано-пшеничных сухарей состоит из следующих процессов и операций: приготовления хлеба, выдержки хлеба, резки хлеба на ломти, укладки ломтей в кассеты, сушки и унаковывания сухарей.

Для производства этих видов сухарей можно использовать хлеб из ржаной обойной муки, из смеси ржаной обойной муки и пшеничной обойной муки в соотношении 70 : 30 и из пшеничной обойной муки. Допускается также использование хлеба из смеси ржаной обойной и ржаной обдирной муки в соотношении 70 : 30. В России вырабатывают сухари из ржаного или из ржано-пшеничного хлеба.

Приготовление теста и хлеба производится обычным способом. Влажность целого хлеба, предназначенного для сушки сухарей, должна находиться в пределах 42—44 %, что соответствует влажности мякиша 47—50 %.

После выпечки хлеб выдерживают в течение 12—18 ч, а иногда 24 ч, после чего его режут на ломти толщиной 20—25 мм, что обеспечивает быструю сушку ломтей и их механическую прочность.

Деформированные ломти или ломти с отслоившейся коркой подлежат отбраковке.

Нарезанные ломти хлеба укладывают в металлические кассеты вертикально, с зазорами между ними. При применении металлических кассет различного типа ломти укладывают плашмя.

Из 1 т ломтей хлеба при сушке необходимо удалить 350—400 кг влаги. Для сушки ломтей обычно применяют сушилки конвекционного типа, в которых теплота передается ломтям от нагретого в калорифере воздуха конвекцией.

В туннельных сушилках используется принцип противотока ломтей, подвергаемых сушке, и сушильного воздуха с частичной рециркуляцией отработанного сушильного воздуха. Процесс сушки начинается при температуре воздуха 70—80 °С и относительной влажности 25—35 % и заканчивается при температуре 120—130 °С,

относительной влажности 5—10 % и скорости потока 3,5 м/с. Длительность сушки в этих условиях составляет 7—8 ч.

Готовые сухари охлаждают на вагонетках в помещении цеха, а затем отбраковывают и унаковывают.

Отбраковке подлежат сухари горелые, с крупными сквозными трещинами, с посторонними включениями, загрязненные, нестандартные по размерам, явно непросушенные. Сухарь со значительной прослойкой невысушенного мякиша при сдавливании с боков пальцами и при постукивании сухаря о сухарь издает глухой звук.

Влажность, кислотность и намокаемость сухарей нормируются стандартами.

### 13.3. БАРАНОЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К бараночным изделиям относят сушки, баранки и бублики, которые различаются влажностью, размерами и массой. Наибольшую влажность (22—25 %) имеют бублики, приближающиеся по своим свойствам к булочным изделиям. Наименьшую массу и влажность (9—12 %) имеют сушки, влажность баранок составляет 14—19 %. Баранки и сушки относятся к весовым изделиям; бублики — к штучным массой 50—100 г. Выход бараночных изделий составляет 96—120 % (для разных видов).

Ассортимент бараночных изделий включает около 40 видов баранок, сушек и бубликов. Бараночные изделия готовят из пшеничной муки первого и высшего сортов. Многие изделия вырабатывают с добавлением сахара, наибольшее количество сахара содержится ванильные сушки (20 %), а также лимонные, сахарные, ванильные и розовые баранки (15 %). В рецептуру некоторых изделий входят жиры (1—8 %) и молоко (15—20 %).

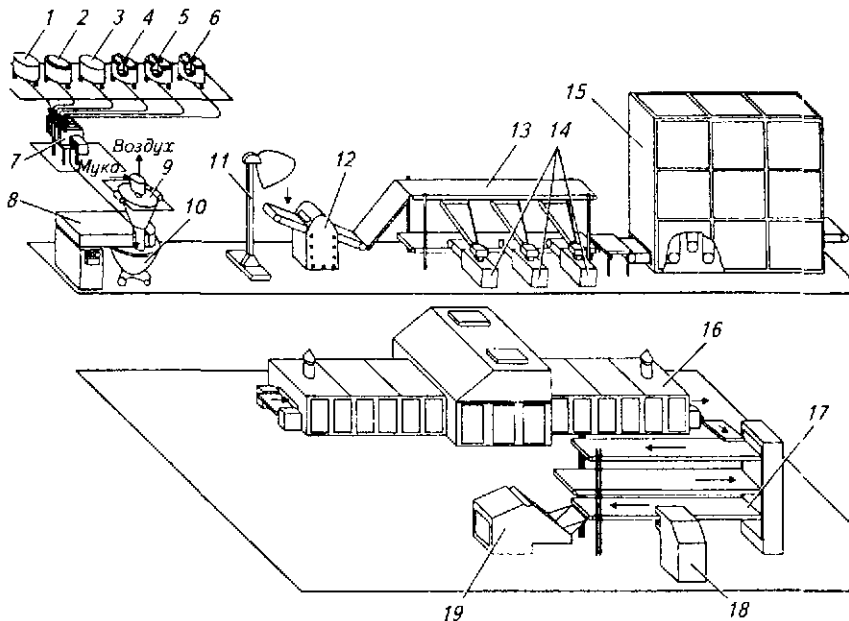
Качество бараночных изделий оценивают по органолептическим (форма, состояние поверхности, внутреннее состояние, хрупкость) и физико-химическим показателям (влажность, кислотность, набухаемость и число штук в 1 кг).

Технология приготовления бараночных изделий имеет специфические особенности и состоит из следующих операций: приготовления, натирки и отлежки теста; формования, расстойки и опарки заготовок; выпечки; упаковывания и хранения изделий.

Бараночные изделия получают на поточно-механизированных линиях (рис. 13.2).

**Приготовление теста.** Бараночные изделия рекомендуется готовить из муки с достаточной упругой и эластичной клейковиной растяжимостью 16—19 см. Содержание клейковины в муке высшего сорта должно быть 34—38 %, а первого сорта — 30—32 %. Тесто, опару или притвор (полуфабрикат густой консистенции, полученный из муки, воды и части опары или спелого притвора — замени-





**Рис. 13.2.** Аппаратурно-технологическая схема производства бараночных изделий: 1—6 — папорные бачки соответственно для холодной и горячей воды, солевого и сахарного растворов, дрожжевой суспензии и жировой эмульсии; 7 — дозировочная станция Ш2-ХДМ для жидких компонентов; 8 — тестомесильная машина А2-ХТ2-Б; 9 — дозатор Ш2-ХД2-А для сыпучих компонентов; 10 — дежа подкатная; 11 — дежепроклядыватель; 12 — машина натирочная Н-4М; 13 — конвейер; 14 — делительно-закаточные автоматы Б-4-58; 15 — полощный расстойный шкаф; 16 — ленточная печь с опарочным агрегатом; 17 — охлаждающий конвейер; 18 — низальная машина; 19 — фасовочно-упаковочный автомат АР-4Ж

теля опары) замешивают порционно в машине ТМ-63 или других машинах со стационарной дежей, так как полуфабрикаты для бараночных изделий, представляющие собой крепкую, упругую массу, нельзя замесить на обычных тестомесильных машинах.

Тесто для бараночных изделий готовят на опаре или на притворе безопасным ускоренным способом.

Опарным способом тесто готовят на густой или жидкой опаре (последний вариант применяют реже).

Приготовление теста опарным способом на густой опаре. Густая опара влажностью 38—40 % состоит из муки (50—60 %), прессованных дрожжей (0,5—1,0 %) и воды. Если в рецептуру входит молоко, то его вносят в опару. Начальная температура опары составляет 28—32 °С, продолжительность брожения 3,5—4,5 ч, кислотность к началу расходования 2,5—3,5 град. Так как в тесто добавляют 20 % сахара, угнетающего дрожжи, то

обычно применяют либо предварительно активированные дрожжи, либо добавляют амилоризин.

Готовую опару расходуют обычно на несколько порций теста, продолжительность ее расходования не более 2 ч. Подъемная сила опары 13—15 мин.

Дозировка опары колеблется от 20—31 кг (для сушек из муки первого и высшего сортов) до 60—90 кг (для бубликов украинских из муки первого сорта), влажность теста — 27—37 % (в зависимости от вида изделия и его рецептуры). Тесто для сушек должно быть слабо разрыхлено. В тесте, предназначенном для бубликов, брожение идет сравнительно интенсивно, поэтому дозировка опары (при прочих равных условиях) для сушек минимальная, а для бубликов максимальная.

Если в рецептуру изделия входит повышенное содержание сахара и жира, то дозировку опары увеличивают. Так, для приготовления теста для ванильных сушек расходуют в 2 раза больше опары, чем для простых сушек. При сильной муке дозировку опары несколько повышают, при слабой снижают.

Влажность теста также зависит от рецептуры изделия, ее значительно понижают для изделий, содержащих большое количество жира и сахара, так как эти вещества разжижают тесто. Влажность теста для простых сушек составляет 36—37 %, для простых баранок — 36—37, а сдобных и горчичных — 29—32 %.

Температура теста зависит от качества клейковины, температуры в цехе и технологического режима. Перерабатывая сильную муку, температуру теста несколько повышают.

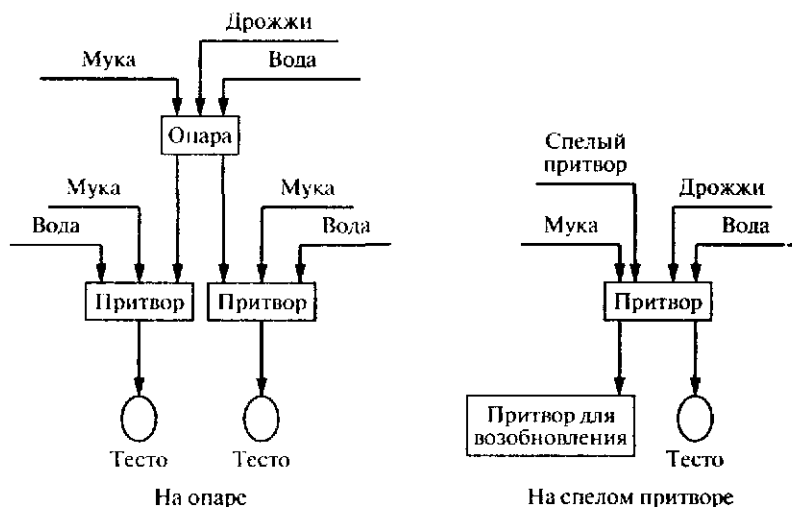
При приготовлении теста взвешивают необходимую порцию опары, загружают в месильную машину и перемешивают с растопленным жиром, раствором сахара, соли, водой и прочим сырьем, затем добавляют муку. После этого тесто замешивают в течение 5—8 мин.

Температуру теста регулируют, изменяя температуру раствора сахара, жира и воды. Продолжительность замеса увеличивают при переработке сильной муки, а также при ускоренном способе приготовления теста. При приготовлении теста используют крошку (2 % к массе муки) и сахарную муку (1...1,5 %), полученную при переработке брака. Тесто в конце замеса должно быть сухим и однородным.

Приготовление теста опарным способом на жидкой опаре. Влажность жидкой опары для бараночного теста 63—65 %; для снижения вязкости и уменьшения пенообразования в опару вносят часть соли. На некоторых предприятиях в опару добавляют немного сахара (1 % к массе опары), который стимулирует брожение опары и сокращает его на 0,5—1 ч (опара с сахаром бродит 2,5—3,5 ч, а без него 3,5—4,0 ч). Начальная температура опары составляет 26—30 °С, подъемная сила — 20—30 мин. Дозировка жидкой опары на замес теста (22—36 % к об-

шей массе муки) зависит от вида изделия. Вместе с опарой в тесто попадает 9—16 % сброженной муки. Готовую жидкую опару расходуют на замес теста в течение 30 мин. Тесто замешивают обычным способом. Количество воды на замес теста уменьшают.

Приготовление теста на притворе. Этот способ применяют только для баранок и сушек. Притвор содержит меньше дрожжевых клеток, чем опара, и вызывает брожение теста, недостаточное для приготовления бубликов. Притвор готовят в две (на опаре) или в одну (на спелом притворе) стадии.



Опару для приготовления притвора готовят обычным способом. После 3,5—4 ч брожения ее делят на две части. Из каждой порции опары (с интервалом до 2 ч) готовят притвор, перемешивая опару с мукой и водой. Вместе с опарой в притвор вводят 15—30 % муки от общего содержания ее в притворе.

Приготовление притвора на спелом притворе заключается в следующем. В тестомесильной машине перемешивают часть спелого притвора (16—25 кг), муку (82 кг), воду (32 дм<sup>3</sup>) и прессованные, разведенные в воде дрожжи (0,5—1 кг). Свежезамешенный притвор бродит в течение 5—6 ч, затем его делят на четыре части: одна часть идет на приготовление нового притвора, а три -- на приготовление трех порций теста. Притвор обновляют 1 раз в неделю, чтобы улучшить состав бродильной микрофлоры.

При этом имеющийся притвор полностью расходуют на замес теста, а новый готовят в две стадии. На первой стадии проводят замес из муки (30 %), части воды и дрожжей (90,6—1,0 кг), после брожения в течение 4 ч приступают к осуществлению второй стадии: перемешивают массу, полученную на первой стадии, с мукой

(70 %) и водой. Массу, полученную на второй стадии, представляющую собой производственный притвор, после брожения в течение 3—4 ч расходуют на замес теста и возобновление притвора описанным выше способом.

Притвор, приготовленный на опаре или на притворе, характеризуется следующими показателями: кислотность к началу расходования 4—5, а в конце 8—9 град, подъемная сила 15—30 мин, влажность 37—40 %. Продолжительность расходования готового притвора не более 3 ч. Готовый притвор при нажатии на его поверхность опадает. На замес теста расходуется 10—48 % притвора от общей массы муки (в зависимости от рецептуры изделия), при переработке «сильной» муки дозировку притвора увеличивают.

Приготовление теста ускоренным безопасным способом. Основано на совместном применении различных средств, ускоряющих созревание полуфабрикатов. Тесто по этому способу готовят в один прием из всего количества сырья, положенного по рецептуре, с добавлением молочной сыворотки (20—25 % к массе муки). Молочную сыворотку перед замесом теста подогревают. Количество сыворотки рассчитывают на основании ее кислотности и заданной кислотности теста.

Дозировку прессованных дрожжей увеличивают в 1,5—2 раза, дрожжи рекомендуется активировать, что снижает их расход и улучшает качество изделий. Продолжительность замеса теста увеличивают до 15—20 мин (на машине ТМ-63), а температуру теста повышают до 33—35 °С. Замешенное тесто подвергают более интенсивной натирке.

Сравнительная оценка способов приготовления теста. Приготовление бараночного теста на опаре — наиболее распространенный способ, вытесняющий применение притвора. Опарный способ технически более прост (опару готовят в одну стадию, а притвор — в две) и универсален (бублики на притворе не вырабатывают). В то же время притвор содержит больше ароматических веществ и кислот, чем опара, он вызывает медленное равномерное брожение, улучшающее качество простых баранок и сухек.

Тесто для изделий с высоким содержанием сахара обычно готовят на опаре. На некоторых предприятиях бараночное тесто готовят на жидких опарах. Применение жидкой опары позволяет механизировать транспортирование и дозирование этого полуфабриката. Густую опару выгружают после замеса из машины, транспортируют и обычно дозируют вручную.

В настоящее время наиболее перспективным является безопасный ускоренный способ приготовления бараночного теста. Такой способ технически прост, он значительно повышает производительность труда и сокращает затраты муки на брожение.

**Натирка теста.** Заключается в механической обработке (вальцовке), которая делает тесто более пластичным и однородным,

улучшает набухание клейковины, способствует равномерному распределению дополнительного сырья в массе теста, облегчает формирование заготовок. Тесто после замеса режут на куски массой около 10 кг, которые пропускают поочередно через вальцы натирочной машины Н-4.

Тесто для бубликов и баранок прокатывают 2—3 раза, а для сушек — 3—4 раза. После каждой прокатки пласт теста складывают вдвое. При ускоренном способе приготовления тесто пропускают через вальцы 7—8 раз. Некоторые предприятия готовят тесто без стадии натирки, увеличивая продолжительность его замеса до 15—20 мин. Иногда для натирки теста вместо вальцовой используют шнековую машину, которая позволяет осуществлять натирку в потоке.

**Отлежка теста.** Куски теста после натирки свертывают в рулоны, покрывают полотном, чтобы предупредить заветривание, и оставляют в покое на 10—40 мин. Продолжительность отлежки теста, в процессе которой происходит брожение, зависит от вида изделия, качества клейковины, температуры теста, а также принятого технологического режима. Некоторые предприятия проводят эту операцию до и после натирки. В теплое время года, а также при переработке относительно слабой муки отлежку теста сокращают или отменяют. Тесто для сушек часто готовят без отлежки. Тесто в конце отлежки должно быть пластичным с редкими порами, следов от рифленых валков натирочной машины быть не должно.

**Формование тестовых заготовок.** Тестовые заготовки приобретают форму колец на универсальной делительно-формующей машине. Куски теста массой 8—10 кг загружают в приемную воронку, которая должна быть постоянно заполнена тестом. С помощью питающих валков оно поступает в поршневую камеру, откуда поршнями нагнетается в кольцевые щели между концами формующих гильз и скалок. Тесто выходит в виде кольцевой спирали.

После выпрессовывания кольцевых заготовок из щели цилиндрические ножи, перемещаясь под действием пружин влево, отрезают заготовки от общей массы и сдвигают их по скалке. Затем закатывающие втулки, совершив 3 раза возвратно-поступательное движение вдоль скалок, окончательно формируют заготовку и сглаживают неровности на ее поверхности. После этого заготовки сбрасываются на ленточный транспортер и укладываются на листы или фанерные доски.

**Расстойка тестовых заготовок.** Сформованные тестовые заготовки укладывают на доски, если выпечку проводят на поду печи, или на металлические листы, если выпечку проводят на листах ошпарочно-печных агрегатах с печами типа ФТЛ. Для расстойки используют шкафы с трехполочными люльками, а на мелких предприятиях — вагонетки.

Низкая влажность и плотная консистенция бараночных заготовок требуют длительной их расстойки, поэтому ее проводят при высоких влажности (80—90 %) и температуре (35—40 °С) среды. Заготовки для бубликов расстаивают в течение 90—120 мин, баранок — 40—90, сушек — 45—60 мин. Заготовки для ванильных и горчичных сушек, содержащих большое количество сахара и жира, расстаивают более длительное время (80—100 мин). При расстойке тестовые заготовки увеличиваются в объеме, приобретают округлую форму.

**Ошпарка тестовых заготовок.** Расстоявшиеся тестовые заготовки ошпаривают паром низкого давления (3,0—5,0 кПа) в специальных паровых камерах при температуре среды 96—98 °С. Продолжительность ошпарки составляет 1—3 мин: чем больше масса заготовки, тем продолжительнее ошпарка. При ошпарке значительно увеличивается объем изделий и незначительно (на 6—7 %) их масса.

Температура тестовой заготовки после ошпарки должна составлять 50—60 °С в центре и 60—70 °С на поверхности. В процессе ошпарки внутри и наиболее полно на поверхности заготовки происходит денатурация белковых веществ и клейстеризация крахмала. Денатурация белков закрепляет в конце ошпарки достигнутый объем заготовки, клейстеризация крахмала на поверхности обеспечивает (при последующей выпечке) блестящую, ровную и интенсивно окрашенную поверхность. Бродильная микрофлора теста при ошпарке погибает. Чрезмерно длительная или недостаточная ошпарка тестовых заготовок вызывает дефекты готовых изделий.

**Выпечка изделий.** Для выпечки бараночных изделий наиболее широко применяют ошпарочно-печные агрегаты, состоящие из ошпарочной камеры и печи типа ФТЛ-2. Выпекать бараночные изделия рекомендуется на сетчатых листах, что улучшает цвет и состояние поверхности, а также хрупкость и набухаемость изделия. Продолжительность выпечки бубликов составляет 16—19 мин, баранок — 13—15, сушек — 14—15 мин.

Независимо от конструкции печи бараночные изделия выпекают без пара и при достаточной вентиляции пекарной камеры, так как в процессе ошпарки заготовки уже получили необходимое увлажнение. Наличие пара в печи лишает изделия глянца.

В процессе выпечки в бараночных изделиях происходят следующие процессы. Заканчивается денатурация белков и клейстеризация крахмала, в результате карамелизации сахара и образования меланоидинов окрашивается поверхность изделия, центральная часть изделия прогревается до 106—112 °С, в результате чего происходит интенсивное испарение влаги из массы изделия, выпечка как бы совмещается с сушкой. Объем изделия при выпечке практически не увеличивается.

Упек составляет 16—25 % от массы тестовой заготовки. Хрупкость и набухаемость изделий в основном зависят от режима вы-

печки. Выпечка при относительно высокой температуре в пекарной камере и значительное обезвоживание изделий при этом (остаточная влажность 8—12 %) обеспечивают рыхлую структуру и высокую набухаемость баранок. Изделия, выпекаемые длительное время при пониженной температуре среды, получаются плотными и плохо набухают в воде.

**Упаковывание и хранение изделий.** Изделия, выходящие из печи, поступают по транспортерам на стол или в бункер низальной машины, одновременно охлаждаются с помощью вентиляторов. При упаковывании или нанизывании изделия с дефектами отбраковывают. Бублики укладывают в лотки по 45 шт., срок (максимальный) их хранения на предприятии составляет 6 ч, а в торговой сети — 16 ч. Срок хранения баранок и сушек не установлен, эти изделия из-за низкой влажности черствеют медленнее, чем бублики, и являются как бы хлебными консервами.

Баранки и сушки можно упаковывать россыпью в пакеты (по 0,2—0,25 кг) или в мешки или ящики, выстланные бумагой, или нанизывать на шпагат.

Для упаковывания в пакеты из полимерной пленки применяют автоматы. Для нанизывания изделий на шпагат широко используют низальные машины производительностью около 150 кг/ч. Число изделий в одной связке составляет для сушек 100—120 шт., баранок 70—80, бубликов — 20—25 шт. Затем вешают связки на шпильчатые вагонетки. При перевозке связки укладывают в лотки или на стеллажи автомашины. Перевозка нанизанных изделий навалом запрещена.

Условия и сроки хранения бараночных изделий значительно влияют на их качество. При хранении в этих изделиях происходит (хотя и медленно) процесс черствения. Изделия уплотняются, хрупкость и набухаемость снижаются, ухудшаются вкус и аромат. Особенно интенсивно происходят эти неблагоприятные процессы, если изделия хранят в атмосфере влажного воздуха. Упаковывание изделий в пакеты из полимерных пленок способствует длительному сохранению свежести, вкуса, аромата и хрупкости изделий.

Бараночные изделия хранят отдельно от хлебобулочных, что предупреждает их излишнее увлажнение. Усушка бараночных изделий незначительна (до 0,5 %).

**Дефекты бараночных изделий.** Бледная поверхность изделий может быть вызвана перебродившим тестом, излишней расстойкой заготовок, недостаточно высокой температурой в пекарной камере.

Вздутия и пятна на поверхности возникают в результате неравномерного распределения сахара в тесте, слишком интенсивного его брожения при завышенной дозировке дрожжей, а также при использовании недостаточно выброженного теста.

Отсутствие глянца на поверхности изделий наблюдается как при недостаточной, так и при избыточной ошпарке тестовых заго-

товок или при отсутствии пара в печи. В последних двух случаях поверхность изделия будет не только тусклой, но и морщинистой, а изделия жесткими с пониженной хрупкостью.

Пониженная набухаемость изделий — наиболее распространенный дефект. Его причины: разделка недостаточно выброженного или перебродившего теста, излишняя ошпарка, длительная выпечка при пониженной температуре.

Недостаточно выброженное тесто, недостаточные расстойки и ошпарка, слишком крепкое или заветренное тесто, плохая закатка заготовок в спираль при формировании могут стать причинами подрытов и трещин на поверхности изделий.

Распльвчатые, плоскородные изделия получают при переработке теста с повышенной влажностью, слабого теста, при чрезмерно продолжительной ошпарке паром.

Дефекты, вызванные нарушением режима формирования заготовок, указаны выше.

#### 13.4. ХЛЕБНЫЕ ПАЛОЧКИ

Хлебные палочки готовят из пшеничной муки высшего или первого сортов.

По физическим свойствам и возможности длительного хранения хлебные палочки можно отнести к сухарным изделиям.

Выпускают несколько наименований хлебных палочек: ярославские (сдобные, простые, соленые), «гриссини» и с тмином. По органолептическим показателям хлебные палочки — хрупкие сухие изделия округлой формы — имеют следующие размеры: толщину 8—12 мм и длину 150—200 мм.

Тесто замешивают в тестомесильной машине периодического действия, после чего его оставляют для брожения. Выброженное тесто уплотняют, пропускают через натирочную машину, а затем выдерживают в течение 15—20 мин. Далее тесто разделяют на специальной жгуторезальной формовочной машине. Сформованные тестовые заготовки перед выпечкой подвергают гигротермической обработке. Палочки ярославские соленые и с тмином отделяют после формирования, а потом они поступают на ошпарку и выпечку.

Хлебные палочки выпекают в туннельных печах в течение 5—12 мин при температуре 200—250 °С. Продолжительность выпечки и температура среды внутри пекарной камеры зависят от конструктивных и теплотехнических особенностей печей и условий эксплуатации.

Хлебные палочки типа «гриссини» изготавливают по несколько иным рецептуре и технологической схеме, чем ярославские.

Тесто готовят безопасным способом без брожения и замес ведут на холодной воде. После выдержки в течение 15—20 мин тесто



прокатывают под валками и формируют из него ленту, которая непрерывно поступает в специальную машину для разделки. Продолжительность расстойки тестовых заготовок 50 мин. Изделия выпекают 10—12 мин при температуре 200—250 °С.

Хлебные палочки типа «гриссини» изготавливают на поточно-механизированных линиях, например марки Ш24-ХЛА и Г4-ХЛП.

Линия Г4-ХЛП для производства хлебных палочек (рис. 13.3) состоит из тестомесильной машины ТМ-63М, приемного стола, стола для выдержки теста, натирочной машины Н-4М, тестоформирующей машины марки ХФБ и печи ПИК-8.

Для стабилизации температуры теста в процессе замеса тестомесильная машина ТМ-63М снабжена рубашкой. Тесто уплотняется на натирочной машине Н-4М, которая оборудована механизмом автоматического переключения ленты конвейера для перемещения кусков теста на прямой и обратный ход. Расстояние между верхним рифленным валком и лентой конвейера можно регулировать с помощью штурвалов в пределах до 3,5 см.

Куски теста массой 2—3 кг прокатывают 2—3 раза, после чего их направляют на выдержку. После выдержки куски теста поступают в воронку формовочной машины ХФБ, оборудованной двумя парами уплотнительных и раскатывающих валков. С помощью этих валков тестовая лента калибруется по ширине и толщине и подается на валки с профилирующими канавками для формования тестовых жгутов, которые специальным веерообразным конвейером несколько разводят жгуты между собой. По мере необходимости жгуты посыпают тмином или солью. Параллельными жгуты направляются на конвейерный под печи ПИК-8. В начале рабочей камеры печь оборудована устройством для гигротермической обработки теста и нарезки его по длине согласно принятому размеру изделий.

При выгрузке из печи готовые изделия в месте надреза надламываются, специальным устройством снимаются с пода и собираются в пачки массой примерно по 0,25 кг.

Формующая машина ХФБ и печь ПИК-8 специально разработаны для производства хлебных палочек.

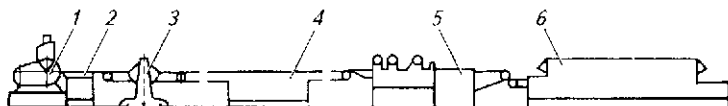


Рис. 13.3. Линия Г4-ХЛП для производства хлебных палочек:

1 — тестомесильная машина ТМ-63М; 2 — приемный стол; 3 — натирочная машина Н-4М; 4 — стол для выдержки теста; 5 — тестоформирующая машина ХФБ; 6 — печь ПИК-8

## Контрольные вопросы и задания

1. Опишите технологическую схему производства сахарных изделий.
2. В чем заключаются особенности производства сдобных сухарей?
3. С какой целью проводят выдержку сахарных плит?
4. Охарактеризуйте дефекты сдобных сухарей.
5. В чем заключаются особенности технологии простых сухарей?
6. Охарактеризуйте ассортимент бараночных изделий.
7. Опишите технологическую схему приготовления бараночных изделий.
8. Для чего натирают тесто и ошпаривают тестовые заготовки?
9. Назовите дефекты бараночных изделий.
10. Охарактеризуйте ассортимент диетических изделий и изделий лечебного и профилактического назначения.

---

## Часть IV

### КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ



Качество хлебобулочных изделий зависит от многих факторов. Одним из важнейших является качество поставляемого сырья. Кроме того, на некоторые виды сырья отсутствуют государственные стандарты, на другие действуют устаревшие стандарты; в отдельных стандартах нет ограничения для ряда показателей качества сырья, имеющих наибольшее значение для получения изделий традиционного качества.

При использовании сырья с пониженными хлебопекарными свойствами требуется проведение специальных технологических приемов, позволяющих нивелировать отклонения показателей качества полуфабрикатов и готовой продукции.

#### Глава 14

#### ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПУТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ

Основной задачей хлебопекарных предприятий является выработка хлеба стабильно высокого качества. Для реализации этой задачи на предприятии осуществляют контроль основного и дополнительного сырья; полуфабрикатов, применяемых при производстве каждого наименования изделий, и готовых изделий, которые направляют на реализацию. Показатели качества хлебобулочных изделий отражены в соответствующей нормативной или технической документации.

#### 14.1. ПОНЯТИЕ «КАЧЕСТВО ХЛЕБА» И ФАКТОРЫ, ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Под качеством пищевых продуктов, в том числе хлеба, понимают совокупность характеристик, обуславливающих потребительские свойства готовой продукции и обеспечивающих ее безопасность для человека.

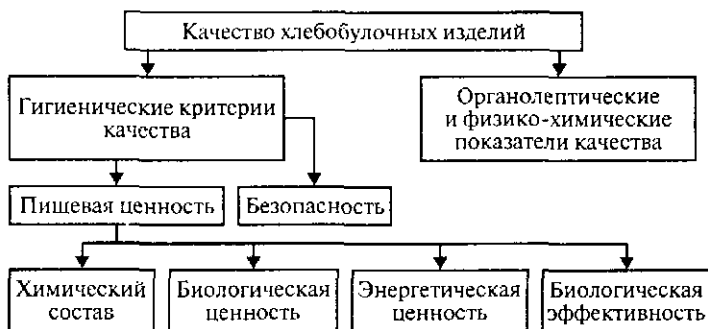


Рис. 14.1. Факторы, обуславливающие качество хлеба

Качество хлеба определяется физико-химическими и органолептическими показателями, а также гигиеническими критериями (рис. 14.1).

*Органолептические показатели качества* хлебобулочных изделий (вкус, цвет, запах и консистенция) регламентируются требованиями соответствующей нормативной или технической документации — государственными стандартами или техническими условиями. Эти показатели зависят как от рецептуры хлебобулочного изделия (входящего в рецептуру сырья), так и от способа приготовления теста (безопарный, опарный, на концентрированной молочнокислой закваске, с использованием мучной заварки или без нее и др.).

*Физико-химические показатели качества* хлебобулочных изделий, так же как и органолептические, регламентируются требованиями соответствующих государственных стандартов или технических условий. Это влажность (%), кислотность (град), пористость (%), сжимаемость мякиша (ед. прибора), а также удельный объем изделия ( $\text{см}^3/100 \text{ г}$ ).

Гигиенические критерии качества хлебобулочных изделий складываются из их пищевой ценности и безопасности.

Под *безопасностью* хлебобулочного изделия понимают отсутствие опасности или риска для жизни и здоровья людей нынешнего и будущих поколений при длительном его употреблении, определяемое соответствием хлебобулочного изделия требованиям гигиенических нормативов.

Под *пищевой ценностью* хлебобулочного изделия понимают комплекс свойств, обеспечивающих физиологические потребности организма человека в энергии и основных пищевых веществах (белках, жирах, углеводах, витаминах, минеральных веществах, пищевых волокнах). Пищевая ценность зависит от химического состава хлебобулочного изделия, его биологической

и энергетической ценности, а также от биологической эффективности.

*Химический состав* хлебобулочного изделия обусловлен химическим составом сырья, входящего в рецептуру. Определенные изменения в составе некоторых компонентов сырья (углеводов, белков, липидов и др.) происходят в процессе приготовления полуфабрикатов. Например, при заваривании муки происходит частичная клейстеризация крахмала, который затем легче подвергается гидролизу под действием амилолитических ферментов с образованием декстринов, моно- и дисахаридов. Часть моносахаридов сбраживается микрофлорой опары, закваски и(или) теста в процессе их созревания.

Белки сырья также претерпевают изменения. В процессе созревания полуфабрикатов под действием протеолитических ферментов происходит их частичный гидролиз. Образующиеся аминокислоты могут служить питанием для микрофлоры, а также участвовать вместе с сахарами в образовании веществ, придающих окраску корке хлебобулочного изделия (меланоидинов).

Химический состав обычно оценивают по содержанию (г или мг) в 100 г изделия белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон.

*Биологическая ценность* хлебобулочного изделия отражает качество белков изделия, т. е. соответствие его аминокислотного состава потребностям организма в аминокислотах для синтеза белка. Для характеристики биологической ценности используют, как правило, аминокислотный скор (% или доли единицы).

*Энергетическая ценность* хлебобулочного изделия определяется количеством энергии, высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ хлебобулочного изделия для обеспечения его физиологических функций. Высвобождение энергии происходит при биологическом окислении (сгорании) жиров, углеводов и белков, содержащихся в пище (в том числе и в хлебобулочном изделии). Энергетическая ценность выражается в килокалориях (ккал) или в килоджоулях (кДж). При окислении 1 г белка высвобождается 4,0 ккал (16,7 кДж); 1 г жира — 9,0 ккал (37,7 кДж); 1 г усвояемых углеводов — 3,75 ккал (15,7 кДж). Энергетическая ценность рассчитывается на 100 г съедобной части пищевого продукта. Зная химический состав какого-либо продукта и умножив массы белков, жиров и углеводов на указанные коэффициенты с последующим сложением трех произведений, можно определить энергетическую ценность продукта.

Рассчитанная таким образом энергетическая ценность хлебобулочного изделия называется *теоретической*, так как не все вещества в организме человека усваиваются полностью. Для получения данных о практической энергетической ценности необходимо учитывать фактическую усвояемость отдельных компонентов продукта.

Показатель *биологической эффективности* позволяет оценить качество жировых компонентов хлебобулочного изделия, а именно наличие полиненасыщенных жирных кислот.

#### 14.2. ПЕРЕРАБОТКА МУКИ С ПОНИЖЕННЫМИ ХЛЕБОПЕКАРНЫМИ СВОЙСТВАМИ

К недостаткам муки относятся: пониженное содержание и низкое качество клейковины (короткорвущаяся, крошковатая или рвущаяся слоями, неэластичная, излишне растяжимая), повышенная или пониженная активность амилалитических и протеолитических ферментов.

Мука с короткорвущейся, крошковатой или рвущейся слоями клейковиной может быть получена из зерна, высушенного при неправильных режимах сушки (при повышенной температуре) или прихваченного морозом (морозобойного), а также из самоогревшегося зерна. При переработке такой муки тесто получается пониженной эластичности, при расстойке плохо поднимается. Поверхность теста часто неровная, с разрывами. Выпеченный хлеб может иметь при этом малый объем, неровную верхнюю корку (бугристую, с разрывами), плотный, темный мякиш.

Муку с излишне растяжимой клейковиной получают из пшеницы, в которой присутствует примесь зерен, поврежденных клопом-черепашкой. Для такой муки характерна повышенная протеолитическая активность, в процессе отлежки физические свойства клейковины резко ухудшаются — она становится мажущейся, липкой и тянущейся. Тесто при брожении быстро разжижается, а при расстойке расплывается. Подовый хлеб имеет расплывчатую форму, малый объем, недостаточно пористый и эластичный мякиш. У формового хлеба верхняя корка плоская, в отдельных случаях с разрывом в середине мякиша, может наблюдаться отрыв корки от мякиша.

Мука из проросшего зерна имеет повышенную автолитическую активность ферментов, поэтому тесто быстро разжижается. Хлеб из такой муки имеет неэластичный, липкий, крупнопористый мякиш темного цвета, что особенно характерно для изделий из сортовой муки; мякиш формового хлеба может быть с разрывом в центре или ближе к верхней корке; вкус хлеба сладковатый, корка интенсивно окрашена.

Мука с пониженной активностью ферментов получается из зерна, высушенного при высокой температуре. Готовые изделия из такой муки имеют пониженный объем, бледную корку, уплотненный мякиш с толстостенными порами.

Хлебопекарные свойства пшеничной муки в целом могут быть установлены по пробной лабораторной выпечке. При выпечке хлеба из пшеничной муки высшего и первого сортов с объемным

выходом  $400 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  и второго сорта — менее  $350 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  и формоустойчивостью соответственно менее 0,4 и 0,35, хлебопекарные свойства такой муки оцениваются как пониженные.

Отклонения в качестве ржаной и пшеничной муки, происходящие главным образом в результате прорастания зерна, устанавливаются по автोलитической пробе или экспресс-выпечкой.

Для получения хлеба удовлетворительного качества из муки с пониженными хлебопекарными свойствами рекомендуется использовать ее в смеси с мукой нормального качества. Количество (%) подсортированной муки, смолотой с примесью некондиционного зерна, устанавливает производственная лаборатория на основании данных анализа и пробных выпечек.

При использовании такой муки следует проводить различные технологические мероприятия, направленные на обеспечение выработки хлеба, отвечающего действующим нормам качества, а именно: изменять режимы приготовления теста, использовать улучшители и др.

**Мука с короткорвушейся клейковиной.** При переработке такой муки рекомендуется применять технологию, увеличивающую набухание и частичную ее пептизацию, в результате чего улучшаются физические свойства теста и качество хлеба: повышается удельный объем, становится более тонкостенной пористость, несколько улучшается цвет мякиша. Кроме того, для ускорения «созревания» белка клейковины следует интенсифицировать процессы молочнокислого и спиртового брожения при опарных способах:

увеличить дозировку муки в опару до 55—70 % и повысить ее влажность до 50—55 %; в жидкие опары увеличить дозировку муки до 35—40 % от общей ее массы;

увеличить продолжительность замешивания опары и теста на 5 мин и более на машинах периодического действия;

увеличить продолжительность брожения опары, для чего готовить ее при более низкой температуре 25—26 °С, не допуская перебраживания опары и теста;

для интенсификации кислотообразования ввести спелую опару в тесто в дозировке 5 % к массе муки, использовать жидкие дрожжи, а для интенсификации спиртового брожения — использовать КМКЗ или мезофильные закваски;

увеличить дозу прессованных дрожжей на 50 % от общей нормы или проводить их активацию. При выработке хлеба на жидких дрожжах 20—30 % от общей их массы добавлять в тесто;

на различных стадиях приготовления теста использовать улучшители, содержащие ферментные препараты.

При наличии двух таких дефектов, как короткорвушающаяся клейковина и повышенное содержание водорастворимых веществ в муке, добавлять ферментные препараты или заварку в опару или тесто не рекомендуется.

**Мука, смолотая с добавлением зерна, поврежденного клопом-черепашкой.** Белковые вещества муки, смолотой с использованием зерна, поврежденного клопом-черепашкой, подвергаются более сильному действию протеолитических ферментов, поэтому необходимо сокращать продолжительность брожения теста и применять приемы, способствующие торможению ферментативных процессов.

Для сокращения продолжительности брожения уменьшают загрузку агрегатов, тестовых бункеров или число деж. Длительность расстойки также снижают.

В процессе брожения теста и выпечки для снижения активности ферментов повышают кислотность полуфабрикатов.

Для торможения активности ферментов необходимо:

повысить конечную кислотность опары на 1—2 град, а также начальную кислотность теста — на 1—2 град, сокращая продолжительность его брожения;

снизить температуру полуфабрикатов до 27—28 °С;

уменьшить влажность опары на 2—3 %, теста — на 1 % против установленной нормы;

применять аскорбиновую кислоту, модифицированный крахмал, использовать комплексные хлебопекарные улучшители в сочетании с улучшителями окислительного действия или половинной дозой модифицированного крахмала;

использовать молочную сыворотку;

добавлять часть соли в опару (15—20 % от общей массы в тесте);

увеличить дозировку дрожжей на 50 % против дозы, установленной рецептурой (если они хорошего качества);

при приготовлении теста на жидких опарах замешивать его без добавления воды;

несколько увеличить продолжительность выпечки изделий с одновременным повышением температуры пекарной камеры на 20 °С.

**Мука с повышенным содержанием водорастворимых веществ.** Такая мука получается после обмолота нормального зерна с примесью проросшего. В этой муке наблюдается повышенная активность амилалитических и протеолитических ферментов, а также о-дифенолоксидазы.

Для снижения активности ферментов необходимо:

повысить кислотность опары на 2—3 град добавлением спелой опары, теста (15 % от общей массы муки), молочной сыворотки;

процесс брожения полуфабрикатов вести при 26—27 °С, уменьшить влажность опары на 2—3 %, теста — на 1 % против установленных норм;

готовить тесто по ускоренной технологии (на КМКЗ кислотностью 13—15 град). Для изделий из муки высшего и первого сорта с сахаром и жиром дозировка закваски должна составить 5—7,5 кг, а без них — 10 кг/100 кг муки. Начальная кислотность теста должна быть 2,5—3 град, начальная температура 29—30 °С;



увеличить дозировку дрожжей до 2,5 % при усиленной механической обработке.

Для улучшения физических свойств теста и хлеба необходимо: дозировать 15—20 % соли в опару;

увеличить дозу дрожжей до 50 % против рецептуры;

повысить температуру в печи на начальной стадии на 15—20 °С, снижая ее в конце выпечки и несколько увеличивая продолжительность выпечки.

Улучшители в сочетании с указанными технологическими приемами дают возможность перерабатывать пшеничную сортовую муку с автолитической активностью до 45—50 % при содержании клейковины не менее 25 %.

### 14.3. УЛУЧШИТЕЛИ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Специальные вещества, добавляемые в муку или тесто с целью повышения качества хлеба и регулирования технологического процесса, называются *улучшителями качества хлеба*.

В современном хлебопечении в качестве улучшителей применяют различные вещества как биологического, так и химического происхождения. Их используют с учетом хлебопекарных свойств муки и особенностей технологического режима, принятого на предприятии.

Применение улучшителей является эффективным средством регулирования технологического процесса, получения теста с заданными свойствами, улучшения качества хлеба и продления сроков сохранения его свежести.

Для укрепления теста можно использовать улучшители окислительного действия (пероксид кальция, аскорбиновая кислота), для расслабления — улучшители восстановительного действия — тиосульфата натрия (гипосульфита), цистеина.

Повышение газообразующей способности может быть достигнуто применением улучшителей. Они усиливают в основном гидролиз углеводов и частично белков, что ведет к повышению содержания сбраживаемых сахаров в тесте, а также низкомолекулярных азотистых веществ, используемых дрожжами для питания. В результате интенсифицируется процесс брожения. К таким улучшителям относятся ферментные препараты — амилоризин П10х, амилосубтилин Г10х, а также мультиэнзимные композиции.

При необходимости ускорения процесса созревания теста и улучшения его реологических свойств с одновременной активацией брожения целесообразно использовать комплекс улучшителей, состоящих из веществ, увеличивающих газодержание в тесте (модифицированный крахмал, пероксид кальция или аскорбиновая кислота) и интенсифицирующих процесс брожения (ферментный препарат).

Вещества, воздействующие в основном на белковый комплекс муки (поверхностно-активные вещества, модифицированный крахмал, ортофосфорная кислота в сочетании с карбамидом), позволяют улучшить газоудерживающую способность и структурно-механические (реологические) свойства теста.

### 14.3.1. Мучные заварки

Заваривание части муки предусмотрено при переработке пшеничной муки с низкой газообразующей способностью или при выработке некоторых пшеничных изделий (чайного хлеба, булочек с изюмом, кисло-сладких хлебцев), в которых применение заварок предусмотрено технологическими инструкциями, а также ржаных сортов хлеба (московского, рижского, бородинского). Кроме того, заварки как обязательный компонент используют при приготовлении жидких дрожжей и жидких заквасок с заварками, при активации хлебопекарных дрожжей.

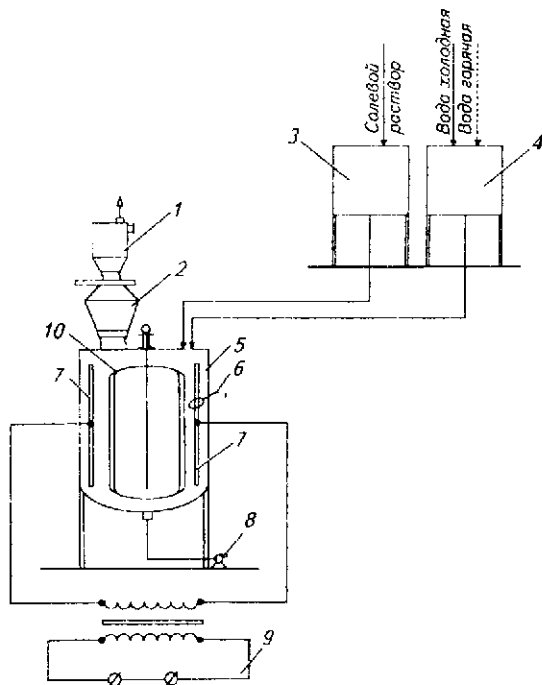
Улучшение качества хлеба в результате применения заварки при переработке дефектной муки с низкой газообразующей способностью обусловлено внесением в тесто декстринов и сбраживаемых углеводов, что интенсифицирует жизнедеятельность бродильных и кислотообразующих микроорганизмов, участвующих в созревании теста. В результате улучшаются пористость и удельный объем хлеба, а также окраска корки. Применение заварки из небольшого количества муки (до 3 %) эффективно при переработке муки малых выходов, в которой содержание сахаров невелико. Это способствует улучшению окраски корки изделий.

В настоящее время муку заваривают в дежах или заварочной машине ХЗ-2М-300.

Перспективным является заваривание муки электроконтактным методом, который позволяет получить совершенно однородную заварку при соотношении муки и воды 1 : 1,5. Для этого используют переменный ток промышленной частоты. Мука заваривается при строго определенной температуре одновременно во всем объеме водно-мучной суспензии, поэтому исключается возможная при других способах заваривания инактивация ферментов.

Заварки готовят порциями из 150 кг муки. Суточная производительность установки 4,5—5,0 т муки. Установка (рис. 14.2) полностью автоматизирована.

В четырехугольный бачок дозируют 200 дм<sup>3</sup> воды температурой 65 °С и солевой раствор из расчета 0,4—0,5 % соли к массе муки в заварке (для лучшей электропроводимости), включают мешалку, электронагревательную систему и засыпают 150 кг муки. Смесь нагревают в течение 20—25 мин до 65 °С, для заварного хлеба — до



**Рис. 14.2.** Установка для заваривания муки электроконтактным методом:

1 — циклон-разгрузитель; 2 — автомукомер; 3, 4 — соответственно водомерный и солевой баки; 5 — четырехугольный бачок; 6 — терморегулятор; 7 — электроды; 8 — насос; 9 — трансформатор; 10 — мешалка

75 °С. К готовой заварке добавляют холодную воду до тех пор, пока соотношение муки и воды будет 1 : 3 и температура не понизится до 57—58 °С. Весь цикл длится 35—37 мин.

Заварки получаются совершенно однородными, в них содержится в 1,5 раза больше водорастворимых азотистых веществ, чем при других способах заваривания муки. Заквашивание таких заварок происходит быстрее.

Преимущество этого метода заключается в простоте устройства и автоматизации всего процесса, благодаря чему обеспечиваются стабильность и высокое качество заварок и жидких дрожжей. Осахаривания заварки при этом не требуется.

Сахар в заквашенной заварке необходим для размножения дрожжевых клеток. Накопление же кислоты зависит не от содержания в ней сахара (при любом способе заваривания муки его до-

статочно), а от наличия в среде веществ, стимулирующих жизнедеятельность молочнокислых бактерий, которые содержатся в крупных фракциях муки.

### 14.3.2. Улучшители окислительного действия

К улучшителям окислительного действия относятся: *L*-аскорбиновая кислота (E300), сульфат аммония (E517), азодикарбонамид (E927a), пероксид кальция (E930), глюкозооксидаза (E1102), окисленный крахмал (E1404) и др.

Ставшее на современном этапе необходимым использование окислителей может быть воспринято как недостаток для более щадящей и быстрой переработки зерна в муку. Но устранение естественного «созревания муки» только под воздействием атмосферных факторов делает ускорение процесса с применением окислителей неизбежным. Процесс окисления действует в первую очередь на серосодержащие аминокислоты, входящие в состав клейковины. Окисление двух соседних сероводородных (сульфгидрильных) групп ведет к образованию дисульфидного мостика между различными отрезками длинных молекул клейковинных белков или между различными их молекулами, вследствие чего происходит укрепление протеина. Улучшители окислительного действия рекомендуется применять в первую очередь для муки с излишне растяжимой клейковиной, муки из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, и муки из проросшего зерна. Применение окислителей повышает газодерживающую способность теста, в результате чего возрастает объем хлеба, улучшаются эластичность и структура пористости мякиша.

***L*-аскорбиновая кислота (E300)** — это наиболее важная добавка по сравнению с другими. Ее получают сложным биохимическим путем из глюкозы (виноградного сахара, декстрозы) и для облегчения дозирования используют в виде мелкодисперсного или кристаллического порошка различной концентрации. *L*-аскорбиновая кислота отличается высокой чистотой. Реже используют аскорбиновую кислоту, полученную чисто биологическим путем.

*L*-аскорбиновая кислота выполняет роль промежуточного катализатора окислительно-восстановительных процессов. Подвергаясь обратимым превращениям, она принимает активное участие в процессах переноса водорода от окисляемого субстрата к кислороду. При окислении аскорбиновая кислота теряет два атома водорода, превращаясь в дегидроаскорбиновую.

Наличие в аскорбиновой кислоте группы  $\begin{array}{c} \text{—C=C—} \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$  обуслов-

ливает подвижность в обоих гидроксилах водс рода, легко отщеп-

ляемого при воздействии окислительных факторов. В результате окисления эта группа переходит в дикетогруппу  $\begin{array}{c} \text{—C—C—} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$ , характерную для дегидроаскорбиновой кислоты.

Механизм превращения аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую рассмотрен в главе 3.

Окисление аскорбиновой кислоты происходит под действием кислорода воздуха и фермента муки аскорбинаоксидазы.

Дегидроаскорбиновая кислота действует как окислитель и оказывает положительное влияние не только на пшеничную муку высшего и первого сортов при дозировке 0,001—0,003 %, но и на пшеничную муку второго сорта в дозировке 0,003—0,005 % к массе муки. На мельнице в муку вносят добавку с дозировкой 0,0005—0,003 % на 100 кг муки. Очень мягкая клейковина или мука для определенного применения (преимущественно для глубоко замороженных тестовых заготовок и изделий) требует более высокой дозировки дегидроаскорбиновой кислоты — от 0,006 до 0,01 %.

При оптимальной дозировке улучшителя, массовая доля которого зависит от сорта и хлебопекарных свойств муки, сила муки повышается на 30—40 %, а растяжимость уменьшается. Объем хлеба из слабой муки при безопарном приготовлении теста повышается на 20—40 %, а при опарном — на 10—20 %.

Как эффективный улучшитель для слабой и нормальной муки, аскорбиновая кислота не оказывает ингибирующего действия на протеолиз белковых веществ муки, полученной из зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Эффект достигается при введении ее в количестве 0,5—1,0 % к массе муки, что экономически нецелесообразно из-за высокой стоимости улучшителя.

Приостановить активный протеолиз белковых веществ такой муки возможно при комплексном введении 0,02 % аскорбиновой кислоты и 0,08 % персульфата аммония к массе муки в тесте. Одна аскорбиновая кислота в такой дозировке не влияет на упругость и растяжимость теста.

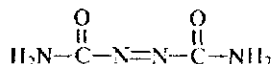
На производство аскорбиновая кислота поступает в виде раствора из расчета суточной потребности предприятия в соотношении аскорбиновая кислота : вода, равном 1 : 10. Аскорбиновую кислоту вводят вместе с дрожевой суспензией или раствором соли. Продолжительность расстойки тестовой заготовки увеличивается. Дозировка аскорбиновой кислоты в тесто составляет 0,005—0,01 % (5—10 г/100 кг муки). При применении аскорбиновой кислоты в качестве улучшителя витаминизации хлебобулочных изделий не происходит, так как она почти полностью разрушается.

**Персульфат аммония (E517).** Персульфат аммония  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$  действует как окислитель, способный улучшать реологические свойства теста, и интенсифицирует жизнедеятельность бродильной микрофлоры, ускоряя в нем процесс газообразования.

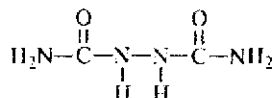
Персульфат аммония вносят в дозировке 0,08 % к массе муки в тесте, при этом увеличивается объем хлеба, улучшается степень разрыхленности мякиша и формоустойчивость подовых изделий. При введении этой добавки в комплексе с аскорбиновой кислотой наблюдается резко выраженный синергизм по отношению к полуфабрикату. Механизм этого действия заключается, вероятно, в том, что персульфат аммония быстро окисляет аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую.

**Азодикарбонамид (E927a).** Азодикарбонамид — улучшитель, полученный химическим путем, обладает не только окисляющим, но и разрыхляющим эффектом, так как при нагревании свыше 120 °С он разлагается с выделением объемных газов.

Этот улучшитель имеет следующую формулу:



Он является активным окислителем, образующим при восстановлении гидразодикарбонамид:



Азодикарбонамид — порошкообразное вещество в смеси с крахмалом. В количестве 0,0002—0,0045 % к массе муки в тесте он укрепляет структуру полуфабриката и повышает водопоглощательную способность. Чем ниже сорт пшеничной муки, тем выше доза окислителя. Большим недостатком этого препарата является то, что даже небольшая передозировка приводит к образованию сильных разрывов в хлебе, хотя свойства теста остаются при этом хорошими. Дозировка азодикарбонамида аналогична дозировке аскорбиновой кислоты. Азодикарбонамид, как и аскорбиновая кислота, практически не влияет на цвет муки. Он положительно влияет на созревание муки, структурно-механические свойства теста, интенсифицирует процессы брожения и улучшает показатели качества хлеба (объем, пористость, формоудерживающая способность подовых изделий).

Доказательством присутствия азодикарбонамида является высвобождение газа. Обычно его используют в виде 23%-ной смеси с сульфатом кальция (E516), который также является улучшителем муки и хлеба.

**Пероксид кальция (E930).** Рекомендован для улучшения хлебопекарных свойств муки со слабой клейковиной. Дозировка этого препарата зависит как от сорта муки, так и от ее качества. Наибольшее увеличение объема хлеба из пшеничной муки высшего сорта достигается при введении 0,0025—0,0005 % CaO<sub>2</sub> к массе муки в тесте; для муки второго сорта — 0,02—0,03; первого сор-

та — 0,005—0,02 %. При производстве подовых сортов хлебобулочных изделий этот улучшитель рекомендуется добавлять в тесто, а не в опару.

При введении пероксида кальция ( $\text{CaO}_2$ ) значительно (на 0,5—1,5 %) повышается водопоглощительная способность муки, увеличивается выход теста и хлеба, улучшается формоустойчивость и повышается объем изделий.

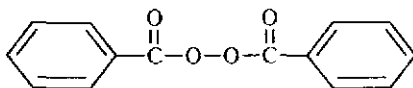
Пероксид кальция — порошок, содержащий не менее 85 %  $\text{CaO}_2$ . Существенным преимуществом этого препарата является то, что его можно добавлять в муку, и обогащенный таким образом продукт может храниться в течение длительного времени.

Пероксид кальция заметно понижает кислотность теста, так как при его распаде образуется оксид, а затем гидроксид кальция, нейтрализующий кислотосодержащие вещества.

**Глюкозооксидаза (E1102).** Это ферментный препарат, продуцируемый плесневым грибом рода *Aspergillus*. Другим источником получения глюкозооксидазы служит мед, но он редко используется для этих целей (в мед фермент поступает из ротовых желез пчел).

Под действием кислорода воздуха глюкозооксидаза окисляет в тесте, с одной стороны, глюкозу в глюконовую кислоту, а с другой стороны, превращает воду в пероксид водорода. Этот окислитель воздействует на сульфгидрильные группы клейковины, в результате чего образуются дисульфидные связи, укрепляющие ее. Ограничивающим фактором при этом является наличие свободного кислорода. Наряду с другими химическими реакциями, протекающими с помощью кислорода, он необходим дрожжам в начале процесса собственного брожения, так как поначалу они дышат и только потом бродят. Как следствие этого только на поверхности теста возникают хорошие условия для глюкозооксидазы, потому что именно здесь постоянно присутствует достаточное количество кислорода. При обработке теста подобные благоприятные условия можно создать только искусственным путем с помощью, например, повышения давления или добавляя кислород (E948). Дозировка глюкозооксидазных ферментных препаратов лежит в пределах 0,01—0,05 г/100 кг муки (что примерно соответствует 1500—7500 единицам активности фермента), но она очень сильно зависит от процесса производства и конкретного продукта.

**Пероксид бензоила (E928).** Пероксид бензоила обладает эффективным окисляющим и отбеливающим действием. Он имеет следующую структурную формулу:



В Европе в настоящее время его используют в основном в муке, идущей на экспорт. Помимо отбеливающего эффекта он оказывает укрепляющее действие на структуру клейковины, чего нельзя сказать о других улучшителях. Дозировка чистого пероксида бензоила лежит в пределах 0,005—0,01 % к массе муки. Обычно пероксид бензоила используют в виде раствора примерно 30%-ной концентрации с соответствующим пересчетом его дозировки. Эффект пероксида бензоила проявляется в обработанной муке через 24—72 ч хранения.

Пероксид бензоила добавляют непосредственно в муку на последней стадии ее выработки. После этого полученную смесь пропускают через смеситель, перемешивая на малой скорости для обеспечения более однородного распределения улучшителя в муке. Улучшенная мука обязательно должна созреть в течение 2—3 сут.

Дозировка улучшителя зависит от цвета муки: чем темнее мука, тем она выше.

**Ферментативно-активная соевая мука.** В Европе в настоящее время для отбеливания мякиша повсеместно используют только ферментативно-активную муку из сои или конских бобов. Дозировка этих продуктов ограничена из-за значительной активности фермента урасы, который способствует образованию продуктов гидролиза с горьким привкусом. Поэтому дозировка соевой муки не превышает 2,5 %, а муки из конских бобов — не более 2 %. Фермент липоксигеназа, содержащийся в соевой муке, оказывает окисляющее воздействие на протеин клейковины. Во время окисления липидов липоксигеназой возникают пероксиды, связывающие сульфгидрильные группы. Это укрепляющее клейковину воздействие соевой муки, однако, малоэффективно, гораздо важнее ее осветляющий эффект.

Кроме вышеупомянутых добавок в разных странах Европы применяют также другие улучшители окислительного действия. Так, в Европе известный сильный окислитель — бромат калия ( $KBrO_3$ ) — допущен к использованию только в муку, предназначенную для экспорта.

В России применение бромата калия в качестве улучшителя запрещено органами здравоохранения. Он вреден для здоровья и опасен в использовании.

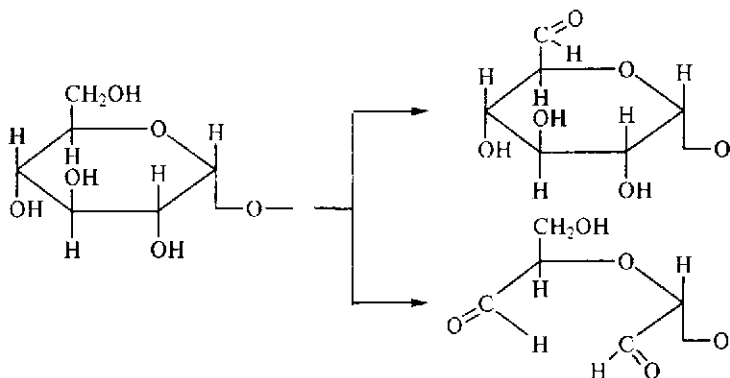
Иодат калия ( $KIO_3$ ), как и бромат калия, не включен в список пищевых добавок, разрешенных к применению при производстве пищевых продуктов.

**Окисленный крахмал (E1404).** В отличие от нативных растительных крахмалов — пищевых продуктов — модифицированные крахмалы относятся к пищевым добавкам.

Состав и свойства окисленных крахмалов определяются выбором окислителей, в качестве которых могут использоваться  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $HClO_3$ ,  $KJO_4$  и др. В результате окисления образуются крахмалы с более короткими молекулярными цепями.



В зависимости от условий окислению могут подвергаться как первичные, так и вторичные группы глюкопиранозных структурных единиц:



Крахмал окисленный для хлебопекарной промышленности (ТУ 10-04-08-61—87) — эффективный улучшитель, который получают путем окисления кукурузного крахмала и используют при выработке хлебобулочных изделий из пшеничной муки, сушек, баранок и бубликов.

Применение модифицированных крахмалов разных марок (А, Б, В) повышает гидрофильные свойства муки и усиливает процесс изменения белков клейковины в тесте, что обеспечивает улучшение структурно-механических свойств теста и качество хлеба: объем хлеба возрастает на 10—14 %, улучшается структура пористости, мякиш становится более эластичным, осветленным, увеличивается период потребительской свежести изделий.

Модифицированный крахмал целесообразно использовать при переработке муки с повышенной автолитической активностью. Сушки и баранки получаются более румяными и хрупкими, улучшается намокаемость.

Окисленный крахмал марки «А» в виде водной суспензии или заварки вводят только в опару, марки «В» — в опару или тесто. Суспензию готовят в деже тестомесильной машины или в другой емкости, с мешалкой в соотношении крахмала и воды или крахмала и дрожжевого молока 1 : 10.

При непрерывных методах приготовления теста крахмал используют в заваренном виде. Заварку готовят в заварочной машине при соотношении крахмала и воды 1 : 15—1 : 20.

Добавление окисленного крахмала ускоряет процесс созревания опары и теста, однако продолжительность расстойки тестовых заготовок при этом несколько увеличивается.

### 14.3.3. Улучшители восстановительного действия

Тесто со слишком крепкой или короткорвущейся клейковиной плохо поддается обработке на тесторазделочном оборудовании, а при расстойке и выпечке тестовые заготовки не достигают достаточного объема.

Для изменения реологических свойств теста из такой муки служат добавки, обладающие восстановительными свойствами, способные разрушить бесчисленные дисульфидные связи, в результате чего клейковинные белки становятся более пластичными.

При использовании улучшителей восстанавливающего действия увеличивается объем хлеба, мякиш становится более эластичным, сглаживаются трещины и надрывы, характерные для хлеба из муки с короткорвущейся клейковиной.

**L-Цистеин (E920).** Эта аминокислота входит в состав всех белков, ее получают из богатых цистеином белков гидролизом и очисткой либо синтетическим путем. Как и другие восстанавливающие вещества, цистеин расщепляет дисульфидные связи.

Если мука имеет малорастяжимую клейковину и повышенную автолитическую активность, то эту добавку вводят вместе с L-аскорбиновой кислотой, поскольку эти вещества дополняют друг друга. Особенно целесообразно введение этих добавок в комплексе при приготовлении замороженных тестовых заготовок, когда необходима как стабильность теста при брожении, так и пластификация его клейковины, которая при замораживании изменяет свои свойства и становится короткорвущейся.

L-Цистеин обычно дозируют с  $2/3$  количества L-аскорбиновой кислоты. L-Цистеин используют в виде L-цистеин-гидрохлорида или L-цистеин-гидрохлорид-моногидрата, хорошо растворимых в воде.

**Тиосульфат натрия (E539).** Улучшитель восстановительного действия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  хорошо растворим в воде. Его расход зависит от свойств муки и способа выпечки хлеба (подовый, формовой) и составляет 0,001—0,002 % к массе муки в тесте. Для облегчения дозирования его вносят в виде водного раствора низкой концентрации в соотношении тиосульфат натрия: вода, равном 1 : 20 из расчета обеспечения суточной работы предприятия. Раствор хранят в закрытом сосуде из материала, не подвергающегося коррозии.

В зависимости от свойств муки  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  используют вместе с улучшителями окислительного действия, при этом тиосульфат натрия вносят в опару вместе с дрожжами или дрожжевым молоком, аскорбиновую кислоту — в тесто с раствором соли.

Технологический режим приготовления опары и теста, а также расстойки тестовых заготовок при применении улучшителей восстановительного действия или двух улучшителей с синергическим действием (тиосульфата натрия и L-аскорбиновой кислоты) остается без изменений.

#### 14.3.4. Комплексные улучшители

В хлебопекарной промышленности применяют комплексные улучшители, содержащие в оптимальных соотношениях несколько добавок различной природы и разного принципа действия. Использование таких комплексных хлебопекарных улучшителей позволяет одновременно воздействовать на основные компоненты муки и дополнительного сырья, повысить эффективность каждого компонента улучшителя благодаря синергизму их действия и тем самым снизить расход улучшителя, а также упростить способы их использования.

Обычно в составе смеси комплексного улучшителя активная часть составляет 10—30 %, а остальная часть — наполнители, в основном различные виды муки. Общий расход комплексных добавок — 0,1—1 % к массе хлебопекарной муки в тесте. При этом эффективность улучшителей повышается за счет введения в их состав наполнителей, имеющих технологическое значение (сухой клейковины, соевой муки, крахмалов и др.).

Комплексные улучшители наиболее целесообразно использовать в пекарнях, так как именно в них наиболее широко применяются ускоренные технологии, требующие интенсификации процесса созревания теста.

В настоящее время на сырьевом рынке России представлены улучшители таких фирм, как «Пуратос» (Бельгия), «Лесафр» (Франция), «Пакмая» (Турция), «Долер» (Германия), «Ново Нордикс» (Дания) и др. Все улучшители, предлагаемые этими фирмами, можно условно разделить на три группы: улучшители на основе ферментных препаратов или ферментативно-активного солода, улучшители на основе ПАВ, смешанная группа улучшителей, в состав которых входят ферментные препараты или солод, и ПАВ. В состав этих улучшителей входят также окислители, минеральные соли, вещества, препятствующие плесневению и возникновению картофельной болезни, а также наполнители — крахмал, мука и сахар.

В России в настоящее время вырабатывают хлебопекарные улучшители, которые по своим характеристикам не уступают зарубежным. К ним относятся «Фортуна», «Шанс», серия «Амилокс» (ГосНИИХП), «БИК» (МГУПП), «Глютекс» (Нива). Они обладают высокой эффективностью и направленностью действия. Эти улучшители хорошо зарекомендовали себя при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами.

Особое значение комплексные улучшители имеют при производстве ржаных сортов хлеба. Так, фирма «Арома» (Германия) поставляет улучшитель «Форшрит» (1,5—3 % к массе муки), фирма «Ульмер Спац» (Германия) — «Бакзауер» (1,5—4 % к массе муки), фирма «Лесафр» (Франция) — «Ибис» (1—1,5 % к массе муки), отечественные «Цитросол» (1,5—3,5 % к

массе муки), «Полимол» (1,5—3,5 % к массе муки), РЖ-98 (0,8—1,2 % к массе муки).

Таким образом, в настоящее время в практике работы хлебопекарных предприятий широко применяются различные пищевые добавки, корректирующие свойства пшеничного и ржаного теста и улучшающие качество хлеба. Однако при этом следует неукоснительно соблюдать правила работы с ними, условия хранения, вести жесткий учет их расхода на предприятиях, так как в состав этих добавок входят компоненты, которые при применении больших доз могут оказывать негативное влияние на организм человека.

### **14.3.5. Ферментные препараты**

Качество выпеченного хлеба определяется особенностями химического состава муки и активностью ферментного комплекса. Значительное влияние оказывают также условия брожения и выпечки.

Академик А. Н. Бах указывал: «В условиях автоматизированного хлебопечения огромную роль играет знание биохимических процессов, происходящих при тестоведении, расстойке теста и выпечке, и сейчас с полной определенностью можно сказать, что без этих знаний невозможно рационально управлять производством».

Получить хлеб с надлежащей пористостью, объемом, цветом корки можно только в том случае, если в процессе тестоведения гармонично сочетаются скорость микробиологических процессов и биохимических превращений.

Ферментативный гидролиз высокомолекулярных белков и углеводов создает тот необходимый фон, на котором протекают как микробиологические, так и биохимические процессы.

Важным средством совершенствования технологического процесса и как результат улучшения качества хлеба, приготовленного из муки разного хлебопекарного достоинства, является применение ферментных препаратов, выделенных из культур микроорганизмов, в том числе плесневых грибов.

Основной препарат, широко используемый в хлебопекарной отрасли — амилоризин П10х. Продукент этого комплекса ферментов — плесневый гриб *Aspergillus oryzae*, штамм 476-И.

В состав этого комплекса входит фермент  $\alpha$ -амилаза (3.2.1,  $\alpha$ -1,4-глюкан-4-глюкангидролаза), катализирующий гидролиз крахмала до мальтозы и декстринов с разной молекулярной массой, а также эндо- и экзопротеазы, катализирующие расщепление высокомолекулярных белков до пептидов и аминокислот.

В соответствии с нормативной документацией ферментный препарат должен удовлетворять следующим требованиям:

амилолитическая (декстринирующая) способность (ДС) — не менее 2000 ед. на 1 г воздушно-сухого препарата;  
осахаривающая способность (ОС) — не менее 150 ед. на 1 г;  
протеолитическая способность (ПС) — не более 7 ед. на 1 г воздушно-сухого препарата.

Особенно важное значение для хлебопекарной промышленности имеет степень обсемененности препарата спорами *Bacillus mesentericus* (картофельная палочка) и *Bacillus subtilis* (сенная палочка), которая не должна превышать  $1 \cdot 10^5$ . Поэтому на хлебопекарных предприятиях при выработке хлеба из пшеничной муки с добавлением ферментных препаратов перед пуском их в производство каждую партию препарата проверяют на обсемененность спорами картофельной палочки, проводят пробную лабораторную выпечку по ГОСТ 9404—60 («Мука и отруби — методы испытания»).

Стандартизация ферментного препарата обеспечивается наполнителями. В качестве эффективного наполнителя применяют  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  в сочетании с крахмалом (1 : 1), оказывающим стабилизирующее действие на ферментные препараты. Активность амилаз и протеаз в течение года практически не изменяется. При использовании ферментных препаратов возможно снижение расхода жидких дрожжей до 20 % к массе муки, так как при его внесении улучшаются бродильная активность, подъемная сила, увеличивается количество дрожжевых клеток.

Биохимические превращения под действием ферментов протекают практически на всех стадиях технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий.

Для получения хлеба нормального качества большое значение имеет не только процесс газообразования, но и его динамика.

При наличии в муке активной  $\beta$ -амилазы (3.2.1.2,  $\alpha$ -1,4-глюкан-мальтогидролазы) газообразование в процессе приготовления теста идет по возрастающей кривой, максимум которой приходится на 4-й час брожения. Такой ход процесса газообразования полностью отвечает требованиям ГОСТов к качеству готовых изделий и роль амилазы муки здесь определена.

По мере увеличения содержания поврежденных крахмальных зерен возрастает количество мальтозы, повышается газообразующая способность муки. Для сахароаминной реакции также необходимы сахара. Претерпевает изменения и белковый комплекс. Таким образом реакции, протекающие с участием ферментов, оказывают большое влияние на качество полуфабрикатов и готовых изделий, поэтому необходимо регулировать интенсивность ферментативных процессов. До использования ферментных препаратов в качестве биологического улучшителя при приготовлении питательных сред (заварок) для жидких дрожжей, для активирования прессованных дрожжей, а также при выпечке специальных сортов хлеба, например рижского и др., широко применяют

неферментированный солод и солодовые препараты, в результате чего увеличивается газообразующая способность.

Однако кроме активной  $\alpha$ -амилазы в солоде содержатся активные протеолитические ферменты, поэтому при переработке муки со средними хлебопекарными достоинствами следует очень осторожно подходить к подбору дозировки неферментированного солода и солодовых препаратов.

С этой точки зрения использование ферментных препаратов со стабильной нормированной амилотической и протеолитической активностями предпочтительнее (легче рассчитать дозировку).

При переработке муки пониженного качества, полученной из проросшего зерна, подвергнутого затем неправильной сушке, рекомендуется интенсифицировать процессы брожения, что может быть достигнуто путем увеличения дозировки пресованных дрожжей или использования жидких дрожжей. Наиболее эффективно использование ферментных препаратов.

**Глюкоаваморин** (продуцент *Aspergillus awamori*). Рекомендуется применять совместно с улучшителями окислительного действия. Препарат получают из осадочных пивоваренных дрожжей после обработки их ультразвуком. Он не содержит амилотических и протеолитических ферментов. Биостимулирующее действие препарата обусловлено наличием  $\beta$ -фруктофуранозидазы (3.2.1.26;  $\beta$ -D-фруктофуранозид-фруктогидролаза), витаминов группы В, РР, аминокислот, биотина и др. При применении глюкоаваморина пористость мякиша готовых изделий увеличивается.

**Амилоризин П10х** обладает аминопептидазной активностью, способствует обогащению аминокислотами питательных сред для жидких дрожжей.

**$\beta$ -Галактозидаза (3.2.1.23;  $\beta$ -галактозид-галактогидролаза).** Ферментный препарат  $\beta$ -галактозидазы позволяет увеличить дозировку в тесто сухого обезжиренного молока с 5 до 15—20%.  $\beta$ -галактозидазу выделяют из культуры дрожжей *Saccharomyces fragilis*. Она гидролизует лактозу до глюкозы и галактозы. Одновременно с ней рекомендуется вносить амилоризин П10х, а в тесто — улучшитель окислительного действия.

#### **14.3.6. Поверхностно-активные вещества (эмульгаторы)**

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) — это химические вещества, способные образовывать эмульсии при растворении или диспергировании в жидкости, концентрироваться на поверхности раздела фаз и снижать межфазное поверхностное натяжение в смеси масло — вода. ПАВ способны взаимодействовать с другими веществами, например с белками или крахмалом.

Поверхностно-активные вещества содержат полярные гидрофильные и неполярные гидрофобные группы атомов, расположенных на противоположных концах молекулы. Гидрофильные группы обеспечивают растворимость в воде, гидрофобные — в неполярных растворителях. В результате в объемной фазе растворителя формируются ассоциаты — мицеллы. От соотношения размеров полярной и неполярной частей молекулы, которое выражается в показателе гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ), зависит формирование ассоциатов мицеллярного типа: чем выше ГЛБ, тем больше гидрофильность ПАВ и тем полнее проявляется способность его молекул к образованию ассоциатов. При ГЛБ, равном 4—6, получают эмульсию типа «вода/масло»; при ГЛБ 7—9 — смачивающие агенты; а при ГЛБ 8—18 — «масло/вода».

В хлебопекарном производстве применяют эмульгаторы, которые классифицируются по ГЛБ, заряду поверхностно-активной части (анионные — отрицательный; катионные — положительный; неионогенные — нейтральный; амфотерные — гидрофильные, липофобные) и в масле (маслорастворимые — липофильные, гидрофобные), функциональным группам (кислоты —  $\text{COOH}$ , спирты —  $\text{OH}$ , эфиры —  $\text{C-OR}$ ).



В основном пищевые эмульгаторы являются неионогенными ПАВ; анионоактивные применяют главным образом в качестве моющих и очищающих средств. Катионоактивные ПАВ практически не используют в пищевых производствах.

Эмульгаторы, разрешенные к применению в производстве пищевых продуктов в Российской Федерации, приведены в СанПиН 2.3.2.1078—01.

**Моно- и диглицериды жирных кислот и их производные.** Наиболее известная группа эмульгаторов, массовая доля которых в общем объеме потребления пищевых эмульгаторов составляет около 60 %.

Моно- и диглицериды получают гидролизом жиров и масел или этерификацией глицерина высокомолекулярными жирными кислотами. Продукты их этерификации по первичной гидроксильной группе получают с помощью пищевых низкомолекулярных кислот — уксусной, молочной, винной, диацетилвинной и лимонной.

Моноглицериды состоят из различных фракций, основная из которых (40—60 %) приходится на фракцию моноэфира, 34—50 % — на фракцию диглицеридов и 3,5—10 % — на фракцию триглицеридов. Температура плавления моноглицеридов 40—70 °С.

Дистиллированные моноглицериды получают молекулярной дистилляцией продуктов гидролиза. Содержание моноэфира составляет не менее 90 %.

В качестве пищевых добавок разрешены семь сложнэфирных модификаций неполных ацилглицеридов: моно- и диглицериды жирных кислот (E471), эфиры моно- и диглицеридов уксусной и жирных кислот (E472a); эфиры моно- и диглицеридов молочной и жирных кислот (E472b); эфиры моно- и диглицеридов лимонной и жирных кислот (E472c); эфиры моно- и диглицеридов винной и жирных кислот (E472d); эфиры моно- и диглицеридов диацетилвинной и жирных кислот (E472e); смешанные эфиры моно- и диглицеридов винной, уксусной и жирных кислот (E472f); эфиры моноглицеридов и янтарной кислоты (E472g). Первые четыре из указанных, имеющие статус GRAS (Generally Regarded As Safe), — совершенно безвредны; у оставшихся четырех допустимая суточная доза составляет (мг/кг массы тела человека) от 0 до 30; от 0 до 50; от 0 до 30 и от 0 до 30 соответственно.

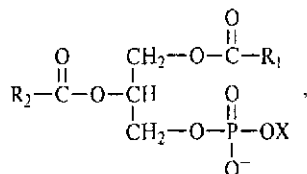
Добавки этой подгруппы — липофильные неионогенные эмульгаторы. Их технологические функции заключаются в эмульгировании и стабилизации пищевых систем.

Моно- и диглицериды в технологии хлебобулочных изделий улучшают физические свойства теста, объем готовых изделий, пористость мякиша, его цвет, замедляют черствение на 4—6 ч.

При выработке изделий из муки со слабой, средней и короткорвушейся клейковиной, в рецептуру которых входят до 5 % сахара и не более 8 % жира, рекомендуется вводить моно- и диглицериды в дозировке 0,3—0,5 % к массе муки в тесте.

На хлебозаводах эти добавки используют в виде дисперсии, которую готовят на сбивальных машинах при соотношении добавки и воды 1 : 20 (при непрерывном способе приготовления теста) и 1 : 10 (при порционном) и вносят при замесе опары или теста. Их хранят в течение суток в емкости РЗ-ХЧД с водяной рубашкой.

**Фосфолипиды.** Эти улучшители относятся к амфотерным ПАВ со смешанной ионогенной функцией. Из улучшителей этой группы наиболее востребованы в технологии хлебобулочных изделий природные фосфатиды, лецитины (E322) и их синтетический аналог — аммониевые соли фосфатидиловой кислоты (E442).



где X = H (фосфатидные кислоты); X = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (лецитины—фосфатидхолины); X = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N<sup>+</sup>H<sub>3</sub> (ксфалины—фосфатидилэтаноламины).



Лецитины — это смесь фракций фосфатидов, полученная из животных или растительных объектов физическими методами с использованием ферментов. Доля собственно фосфолипидов в этой смеси составляет не менее 56—60 %.

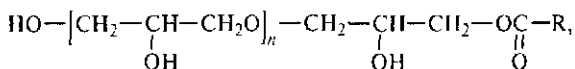
Аммониевые фосфатиды — продукт взаимодействия ортофосфорной кислоты с одним, двумя или тремя остатками ацетилглицеринов:  $X = N^+H_4$  — аммониевая соль фосфатидной кислоты.

В странах Европы, США и Японии лецитины имеют статус GRAS; аммониевые фосфатиды такового не имеют, и их применение регламентируется соответствующими директивами.

Основным источником промышленного получения растительных лецитинов служит соя, реже — подсолнечник; лецитинов животного происхождения — яичный желток.

Применение фосфолипидов обусловлено их технологическими функциями — эмульгирующие с антиоксидантным эффектом.

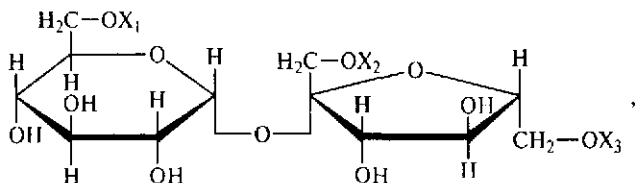
**Эфиры полиглицерина и жирных кислот (E475).** Добавки-улучшители этой группы относятся к неионогенным ПАВ, представляют собой сложные эфиры жирных кислот с полиглицерином:



где R — углеводородный остаток высшей жирной кислоты (пальмитиновой, стеариновой или олеиновой).

Они проявляют как гидрофильные, так и липофильные свойства с гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ) от 5 до 13. Их используют при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий и маргариновой продукции. Допустимая суточная доза (ДСД) эфиров полиглицерина не превышает 25 мг/кг массы тела человека.

**Эфиры сахарозы и жирных кислот (E473).** По химической природе они относятся к группе неионогенных ПАВ, представляют собой смесь моно-, ди- и триэфиров сахарозы с природными высшими жирными кислотами:



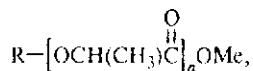
где  $X_1, X_2 - H$ ;  $X_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{C}-R$  (моноэфиры);  $X_1, X_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{C}-R$ ;  $X_2 - H$  (диэфиры);  $X_1,$

$X_2, X_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{C}-R$  (триэфиры).

ДСД эфиров сахарозы составляет до 25 мг/кг массы тела человека. Введение этих добавок в рецептуры хлебобулочных и мучных кондитерских изделий изменяет реологические свойства полуфабрикатов, замедляет процесс их черствения, улучшает структуру продукта.

**Лактилаты натрия (E481) и кальция (E482).** Представляют собой производные молочной кислоты с высшими жирными кислотами (стеариновой или олеиновой) в виде натриевых или кальциевых солей.

Формула, описывающая структуру основного вещества, имеет вид:



где R — ацил стеариновой или олеиновой кислоты; Me — Na или Ca; n — степень полимеризации молочной кислоты (от 1 до 4).

Стеароиллактаты натрия (E481i) относятся к группе анион-активных ПАВ с отрицательным зарядом на поверхностно-активной части молекулы. Лактилаты используют при производстве хлебобулочных изделий, пудингов и др., при этом ДСД лактилатов составляет от 9 до 20 мг/кг массы тела человека.

Большинство эмульгаторов, молекулы которых содержат ацилы высших жирных кислот, образуют комплексы с амилозной фракцией крахмала. Это обеспечивает замедление процесса черствения хлебобулочных изделий. Поверхностно-активные вещества адсорбируются на поверхности зерен крахмала в виде тонких, вплоть до мономолекулярных слоев, пленок, препятствуя их соприкосновению с водной фазой теста. В результате степень набухания крахмальных зерен уменьшается, повышается температура его клейстеризации.

Комплексное воздействие на крахмал обеспечивает улучшение консистенции и однородность полуфабриката и готовых продуктов, таких, как макаронные, хлебобулочные и мучные кондитерские изделия.

Взаимодействие ионных ПАВ с белками также способствует улучшению реологических свойств продуктов. В хлебобулочных изделиях эти ПАВ образуют с пшеничным глютелином комплексы, обеспечивающие повышение эластичности белков теста и, как следствие, увеличение объема хлеба.

### Контрольные вопросы

1. Какие меры принимают при переработке муки с низкой газообразующей способностью?
2. Какие улучшители целесообразно применять при переработке муки с излишне растяжимой клейковиной?

3. Какие технологические приемы рекомендуется применять при переработке муки с короткорвущейся клейковиной?
4. Как перерабатывают муку, смолотую с использованием зерна, поврежденного клопом-черепашкой?
5. Какие меры принимают при переработке муки с повышенной автолитической активностью?
6. Какие улучшители относят к поверхностно-активным веществам?
7. Какие моно- и диглицериды жирных кислот и их производные применяют в качестве улучшителей?
8. При переработке муки с какими хлебопекарными свойствами целесообразно применять эфиры моно- и диглицеридов (уксусной, молочной, лимонной и др.) и жирных кислот?
9. Какие улучшители окислительного и восстановительного действия применяют в технологии хлебобулочных изделий?

## Г л а в а 15

### ДЕФЕКТЫ И БОЛЕЗНИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

В процессе производства могут возникнуть дефекты хлебобулочных изделий, вызванные использованием муки с пониженными хлебопекарными свойствами; применением дополнительного сырья низкого качества; нарушением режимов хранения сырья или его подготовки к производству; несоблюдением рецептуры, параметров технологического процесса приготовления теста, расстойки тестовых заготовок, выпечки, хранения и транспортирования хлебобулочных изделий.

Специфические повреждения хлебобулочного изделия в результате развития микроорганизмов, делающее хлебобулочное изделие непригодным к употреблению, называют *болезнью*.

#### 15.1. ДЕФЕКТЫ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МУКИ С ПОНИЖЕННЫМИ ХЛЕБОПЕКАРНЫМИ СВОЙСТВАМИ, И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Мука с пониженными хлебопекарными свойствами, поступающая на предприятия, имеет в основном следующие недостатки: пониженное содержание и качество клейковины (короткорвущаяся, крошковатая или рвущаяся слоями, неэластичная, излишне растяжимая), повышенную или пониженную активность ферментов.

Для получения хлеба удовлетворительного качества из муки с пониженными хлебопекарными свойствами ее рекомендуется смешивать с мукой нормального качества. Однако следует учиты-

вать, что при использовании в смеси муки с повышенной активностью ферментов ее количество не может устанавливаться на основании расчетов средневзвешенного значения того или иного показателя качества муки (автолитической активности, растяжимости клейковины и др.), а должно быть значительно ниже. Процент подсортировки муки, смолотой с примесью некондиционного зерна, устанавливается производственной лабораторией на основании данных анализа и пробных выпечек.

**Пшеничная мука с короткорвушейся клейковиной и пониженным ее содержанием.** Мука с короткорвушейся клейковиной получается в основном из зерна, высушенного при неправильном тепловом режиме. В зерне, высушенном при высокой температуре, происходит денатурация белков и инактивация ферментов. Мука из такого зерна имеет крошащуюся, незластичную клейковину, тесто бродит медленно. Хлеб получается пониженного объема, с плотным мякишем (слабо развитая пористость) и бледной коркой.

При выработке хлеба из муки с короткорвушейся клейковиной рекомендуется использовать специальные технологические приемы.

Для улучшения набухания клейковины следует: увеличить дозу муки в опаре примерно до 55—70 % от общей массы муки, идушей на приготовление теста; по возможности увеличить влажность опары, увеличить продолжительность замеса опары и теста на машинах периодического действия на 3—5 мин и более; увеличить продолжительность брожения опары, для чего готовить при более низкой температуре (26—27 °С); интенсифицировать молочнокислород и спиртовое брожение в опаре и тесте; применять улучшители — модифицированные крахмалы и др.

При выработке хлеба из муки с короткорвушейся клейковиной и пониженным ее содержанием нельзя допускать перебраживания опар и теста, следует следить за расстойкой. Если окраска корок бледная, а мякиш недостаточно эластичный, рекомендуется несколько увеличить продолжительность выпечки изделий.

**Мука из зерна, пораженного клопом-черепашкой.** Белковые вещества муки, смолотой с добавлением зерна, пораженного клопом-черепашкой, обычно подвергаются более сильному действию протеолитических ферментов. Тесто из такой муки быстро разжижается. Подовые изделия, приготовленные из муки, полученной из зерна, пораженного клопом-черепашкой, получаются расплывчатыми, пониженного удельного объема и с недостаточной пористостью. Корка их часто покрыта мелкими трещинами-бороздками, мякиш недостаточно эластичный, иногда липкий.

При переработке муки из такого зерна следует сокращать продолжительность брожения теста. Для этого необходимо уменьшить загрузку агрегатов, тестовых бункеров, де жей и др. Торможение

ние ферментативных процессов достигается приготовлением теста более низкой влажности, при этом обычно сокращают и длительность процесса расстойки.

Продолжительность брожения опар, заквасок и других полуфабрикатов, из которых готовится тесто, уменьшать не следует, так как в них должно накапливаться достаточное количество продуктов брожения, обуславливающих процесс «созревания» теста, в частности кислот. При переработке муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, повышенная кислотность полуфабрикатов будет способствовать снижению активности ферментов в процессе брожения теста и выпечки.

Для торможения активности ферментов конечную кислотность опар следует повышать на 1—3 град, а начальную кислотность теста — на 1—2 град. Повышение кислотности опары и теста достигается путем добавления молочнокислой закваски, спелой опары или теста в количестве до 5 % массы муки, идущей на приготовление теста; снижения температуры полуфабрикатов на 2—3 °С; уменьшения влажности опары на 2—3 %, теста на 1 % против установленной нормы; применения аскорбиновой кислоты, модифицированного крахмала, молочной сыворотки, ортофосфорной кислоты в сочетании с карбамидом. Для укрепления клейковины рекомендуется добавлять в опару соль при выработке хлеба из сортовой муки из расчета примерно 0,25 % и из обойной муки — 0,5 % общего расхода. Для увеличения объема изделий при приготовлении жидких дрожжей используют штамм дрожжей Московская-23 или гибрид 512 как наиболее активные; увеличивают дозу дрожжей до 50 % против количества, установленного рецептурой. При увеличении количества прессованных или сушеных дрожжей следует учитывать их качество.

Наряду с перечисленными мероприятиями при тестоведении на жидких опарах рекомендуется замешивать тесто без добавления в него воды.

В процессе приготовления теста с использованием муки, смолотой из зерна, пораженного клопом-черепашкой, изменяются ее свойства — прежде всего белково-протеиназный комплекс: возрастает атакруемость белковых веществ, ухудшаются реологические свойства теста, что обусловлено в основном повышенной активностью протеолитических ферментов зерна.

Учитывая, что важнейшими факторами, влияющими на активность ферментов, являются температура, pH и влажность среды, продолжительность ферментативного катализа, снижение активности ферментов и повышение качества хлеба (снижение распываемости изделий, увеличение объема и улучшение других показателей), ГосНИИХПом разработаны технологии хлебобулочных изделий на основе оптимизации технологических параметров и средств их регулирования, а также технологии применения научно обоснованных комплексных пищевых добавок (улучшителей).

Тесто целесообразно готовить на густой опаре или по интенсивной «холодной» технологии. Эффективность указанных способов повышается при регулировании кислотонакопления и изменении параметров процессов. Так, при понижении температуры полуфабрикатов (опара 25—26 °С, тесто 24—25 °С), влажности (опара 43,0—44,0 %; тесто 41,0—42,0 %) и сокращении продолжительности брожения теста (до 20 мин) качество хлеба улучшается.

Максимальная формоустойчивость хлеба достигается при начальной кислотности теста 2,5—3,0 град и скорости кислотонакопления  $(2,5—3,5) \cdot 10^{-2}$  град/мин. Для обеспечения указанной скорости кислотонакопления в процессе тестоприготовления в тесто вносят кислотосодержащие полуфабрикаты: при ускоренном способе — концентрированную молочнокислую закваску (КМКЗ) в дозировке 5,0 % от массы муки, при опарном способе — подкисляющие полуфабрикаты (тесто или опара предыдущего приготовления) — ПФ1 и ПФ2 в количестве 10 % к массе муки.

Кроме того, разработана технология хлебобулочных изделий с использованием муки из зерна, поврежденного клопом-черепашкой. Тесто готовят как ускоренным, так и опарным способами.

Данная технология предусматривает:

изменение параметров приготовления полуфабрикатов (понижение температуры и влажности, повышение начальной кислотности и сокращение продолжительности брожения);

использование средств регулирования кислотонакопления (закваски и др.);

применение основного и дополнительного сырья — дрожжей, соли, сахара, жировых продуктов в определенных количествах (причем дрожжи и соль вводят в две стадии);

введение комплексных добавок (КД), в которые включены улучшители окислительного действия: аскорбиновая кислота (АК), ферментативно-активная липоксигеназная соевая мука (ФАС), пероксид кальция (ПК), а также эмульгаторы, ферментные препараты, минеральные соли и др. Состав и соотношение компонентов в комплексных добавках определены в соответствии со свойствами полуфабрикатов.

Эффективность разработанных комплексных добавок-улучшителей обусловлена их влиянием на свойства теста и активность ферментов муки.

Сравнительный анализ свойств клейковины, отмытой из теста, показал, что применение комплексных добавок увеличивает массу отмываемой клейковины на 7—9 %, сухой — на 6—8 % и способствует повышению гидратационной способности клейковины в среднем на 3,5 %.

Внесение комплексных добавок приводит к снижению расплываемости шарика клейковины по сравнению с контролем.

Комплексные добавки интенсифицируют газообразование в тесте на протяжении всего периода брожения: при введении улучшителей объем выделившегося диоксида углерода через 1,5 ч брожения повышается в среднем на 16 %.

Использование комплексных добавок увеличивает газодерживающую способность теста. Коэффициенты газодержания в пробах теста с комплексными улучшителями в течение всего периода брожения повышаются на 9—15 %.

Это явление объясняется действием входящих в состав комплексных добавок ферментных препаратов, которые способствуют интенсификации образования сбраживаемых сахаров, а также оказывают влияние на реологические свойства теста.

Использование комплексных добавок приводит к изменению фракционного состава клейковинных белков, выделенных из теста после замеса и расстойки: после замеса теста при использовании комплексных добавок фракция низкомолекулярных соединений либо отсутствует, либо ее содержание снижается на 39—67 %, а содержание фракции высокомолекулярных соединений возрастает на 19—34 % по сравнению с контролем. После расстойки отмечается увеличение содержания фракции молекулярных соединений в среднем на 24 % и снижение содержания фракции низкомолекулярных соединений на 54 %, что обусловлено укреплением белкового комплекса как в процессе замеса, так и в период созревания теста.

Разработанные комплексные улучшители снижают активность протеолитических ферментов муки на 45 %, а АК, ПК, ФАС, КЮ<sub>3</sub> — на 5,6—36 % по сравнению с контролем.

**Пшеничная мука из проросшего зерна или с добавлением до 5 % проросших зерен для сортовой муки и до 10 % для обойной.** Проросшее пшеничное зерно отличается от нормального активностью ферментов, содержанием свободных жирных кислот, активаторов протеолиза и водорастворимых веществ, которые обусловлены повышенной декстринизацией крахмала. Мука из проросшего зерна или выработанная с использованием в помольной смеси проросшего зерна обладает повышенной активностью ферментов, в основном амилолитических и *o*-дифенолоксидазы. Хлеб, выпеченный из такой муки, имеет темную с красноватым оттенком корку, липкий, неэластичный темный мякиш с крупшой и неравномерной пористостью, сладковатый вкус, пониженную формоустойчивость подовых изделий.

При переработке муки с повышенной автолитической активностью рекомендуется применять технологические приемы, снижающие активность амилолитических и протеолитических ферментов, а также способствующие укреплению клейковины, улучшению физических свойств мякиша хлеба и его цвета. Для понижения активности ферментов следует повысить кислотность полуфабрикатов на 1—3 град, для чего в них добавляют молочно-

кислую закваску, спелую опару или тесто, молочную сыворотку, жидкие дрожжи и комплексные улучшители. Продолжительность брожения опары и теста следует сократить и вести его при температуре 27—28 °С, а влажность опары уменьшить на 2—3 %, теста — на 1 % против установленных норм.

Для улучшения физических свойств теста и хлеба целесообразно часть соли добавлять в опару (расход соли при этом составляет примерно 0,25 % общего ее расхода при выработке хлеба из сортовой и 0,5 % из обойной муки); увеличивать дозировку прессованных дрожжей до 50 % против количества, установленного рецептурой.

**Ржаная мука, смолотая с примесью проросшего зерна.** Мука, смолотая из ржи с примесью проросших зерен, имеет повышенную автолитическую активность. Для снижения активности ферментов следует повысить кислотность заквасок на 2—3 град путем увеличения продолжительности их брожения, уменьшить влажность заквасок на 2—3 %, повысить начальную кислотность теста на 1—1,5 град путем увеличения количества закваски или использования молочной сыворотки в количестве 15—20 % к массе муки, уменьшить влажность теста на 1 %.

При ведении технологического процесса следует сократить продолжительность брожения теста. Длительность расстойки также должна быть уменьшена во избежание образования плоской корки и разрыва мякиша.

Если приведенные рекомендации не обеспечивают удовлетворительного качества хлеба и на предприятии нет муки для подсортировки, то следует перейти на выработку ржано-пшеничного хлеба.

**Мука с пониженной ферментативной активностью.** Мука с пониженной ферментативной активностью смолота из зерна, высушенного при высокой температуре. Изделия из такой муки имеют малоразвитую тонкостенную пористость, бледный цвет корки, пониженный удельный объем хлеба. Эту муку рекомендуется использовать на замес теста. Муку с пониженной ферментативной активностью целесообразно смешивать с мукой, смолотой из проросшего зерна. Масса муки в опаре должна быть увеличена на 5—20 %, продолжительность замеса полуфабрикатов — на 5—7 мин. Влажность опары и теста должна быть максимальной. Массу дрожжей увеличивают на 30—50 % и вводят комплексные улучшители или улучшители восстановительного действия. Продолжительность брожения теста, расстойки и выпечки полуфабрикатов должна быть увеличена.

**Мука из свежесмолотого (несозревшего) зерна.** Мука из свежесобранного зерна или с малыми сроками созревания после помола обладает пониженной водопоглощительной способностью, а тесто — высокой адгезией. Формоустойчивость тестовых заготовок в расстойке резко ухудшается. В результате расход муки на замес те-



ста снижается, что сказывается на выходе изделий и их качестве. При переработке такой муки необходимо применять технологические приемы, используемые при переработке муки, смолотой из проросшего зерна. Тесто лучше готовить опарным способом на большой опаре с использованием жидких дрожжей. Кислотность теста необходимо повысить, использовать улучшители окислительного действия.

## **15.2. ДЕФЕКТЫ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ВЫЗВАННЫЕ НАРУШЕНИЕМ ПРАВИЛ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ**

Неправильно составленные указания по подсортировке отдельных партий муки (без учета ее хлебопекарных свойств) могут вызывать дефекты у значительной массы изделий. Характер дефектов зависит от хлебопекарных свойств муки и степени ошибки. Возможны случаи, когда правильно составленные указания по смешиванию партий или сортов муки выполняются неточно — не соблюдается необходимая пропорция отдельных партий или однородность смеси. При этом готовые изделия будут неоднородны по качеству (цвету мякиша, форме, состоянию пористости и др.).

Расходование партий муки без учета очередности их поступления может привести к тому, что свежесмолотая несозревшая мука пойдет в производство без отлежки.

При небрежной очистке мешков (особенно загрязненных) перед засыпкой муки часть минеральных примесей может попасть в хлеб и вызвать появление в нем хруста. Если повреждено сито в просеивателе, то в тесте и хлебе возможны посторонние включения. Использование слишком частого сита обуславливает увеличение массы схода, что снижает выход изделий. Колебания в плотности (концентрации) растворов соли или сахара вызывают нарушения рецептурного содержания соли (сахара) в изделии, которые могут повлиять также на окраску корки, вкус и пористость хлеба.

Расслаивание растопленного или жидкого маргарина в производственных емкостях на жир и воду приводит к тому, что одна часть продукции будет иметь пониженное, а другая — повышенное содержание жира. Недостаточная магнитная очистка муки, сахара, солода и другого сырья может вызвать попадание примесей (или предметов) в полуфабрикаты и изделия.

Если дрожжи с плохой подъемной силой не активированы, то возможны замедленное брожение полуфабрикатов, снижение пористости изделий и другие дефекты.

Применение сухого молока или яичного порошка без достаточного набухания частиц этих продуктов вызывает появление крапин и крупинок в мякише изделий. Сухое молоко и порошок на-

бухают недостаточно, если сокращена продолжительность набухания, применена холодная вода или недостаточно интенсивно взбита эмульсия.

Недостаточно тщательная органолептическая проверка качества сырья (особенно яиц) может стать причиной использования недоброкачественного сырья в производстве.

### **15.3. ДЕФЕКТЫ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ВЫЗВАННЫЕ НАРУШЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ**

Дефекты хлеба могут быть вызваны отклонениями от оптимального режима тестоприготовления.

**Дефекты хлеба, вызванные неправильной или недостаточной дозировкой муки, воды и дополнительного сырья.**

1. Хлеб имеет малый объем и округлую форму. Мякиш сухой крошащийся. Причина — недостаточное количество воды при замесе теста или неточная дозировка муки.

2. Хлеб тяжелый, подовый хлеб расплывается, формовой имеет плоскую верхнюю корку. Мякиш с крупной пористостью, влажный на ощупь и липкий. Причина: избыток воды при замесе теста. Кроме того, с повышением влажности теста снижается пищевая ценность продукта.

3. Отслаивание корки, разрывы в мякише — причины те же, тесто невыброженное.

4. Хлеб с неравномерной пористостью, иногда с уплотнениями в мякише, темными пятнами или кольцом в центре. Причина: при замесе использовали горячую воду, что губительно сказалось на бродильной микрофлоре и брожении теста. Следовательно, необходимо установить нормальную температуру воды для замеса теста.

5. Готовые изделия имеют недостаточный объем и более плотный мякиш. При замесе теста уменьшили дозу дрожжей, что привело к замедлению процессов брожения и расстойки.

6. Хлеб несоленый, расплывчатый, с интенсивно окрашенной коркой, мякиш непропеченный. Причина: недостаток соли в тесте. Необходимо проверить плотность солевого раствора и правильность его дозировки.

7. Хлеб чрезмерно соленый, пористость толстостенная, неразвитая, верхняя корка хлеба бледнее обычного («седина»). Причина: избыток соли. Увеличенная дозировка соли тормозит микробиологические и биохимические процессы.

8. Изделия, в рецептуру которых входит сахар, имеют бледную корку. Причина: в тесто не введен сахар или уменьшена его дозировка. Необходимо проверить дозировку сахара.

9. В мякише хлеба обнаружены комочки непромешенной муки. Причина: недостаточный промес теста, который может быть следствием либо недостаточной длительности замеса теста, либо не-

удовлетворительного технического состояния тестоприготовительного оборудования. Так, например, деформация деж или неправильная их конфигурация может привести к тому, что и при нормальной длительности замеса на дне дежи будет оставаться слой непромешенной муки. Следовательно, необходимо увеличить длительность замеса теста и проверить исправность работы тестомесильной машины.

10. Хлеб с неравномерной пористостью, недостаточного объема, очень расплывчатый на поду. Тесто липкое. Причина: чрезмерная длительность замеса теста из слабой пшеничной муки, вследствие чего резко ухудшаются его физические свойства.

11. Хлеб пресный, на поверхности пузырьки с тонкой подгоревшей корочкой, которая при надавливании ломается. Мякиш такого хлеба имеет недостаточную кислотность и «дрожжевой» привкус. Причина: недостаточная длительность брожения опары или теста. Необходимо увеличить продолжительность брожения опары или теста.

12. Хлеб с бледной коркой и трещинами, вкус и запах кислый, в мякише имеются разрывы. Необходимо установить нормальную продолжительность брожения.

13. Неравномерная толстостенная пористость хлеба, в мякише имеются пустоты. Причина: отсутствие обминки при переработке пшеничной сортовой муки с крепкой клейковиной. В соответствии с сортом и силой муки необходимо предусмотреть определенное число обминок.

14. Образование высохшего слоя на поверхности теста в процессе брожения может произойти при низкой относительной влажности воздуха. В мякише хлеба, выпеченного из такого теста, могут попадаться участки (слои или полосы), более плотные и более темные по сравнению с остальным мякишем.

15. Хлеб пониженного объема при выпечке на поду расплывается. Причина: чрезмерная обминка теста, особенно из слабой муки, ухудшает физические свойства теста.

**Дефекты хлеба, вызванные неправильной разделкой теста.** Недостаточная механическая проработка пшеничного теста при его округлении и закатке может привести к получению изделий с неравномерной пористостью мякиша, с отдельными крупными порами или даже пустотами.

Отсутствие операции округления при производстве булочных изделий из пшеничной сортовой муки приводит к получению готовой продукции пониженного объема с недостаточно мелкой и равномерной пористостью мякиша.

Отклонения в работе закаточной или округлительной машины (в случае, если эти операции являются завершающими при формовании), приводящие к получению кусков теста неправильной формы, неизбежно приведут к получению готовых изделий, не соответствующих требованиям нормативной или технической документации.

Огромное влияние на качество продукции оказывают рационально подобранные и точно соблюдаемые параметры выпечки: продолжительность и относительная влажность воздуха.

#### **Дефекты, вызванные неправильной расстойкой теста.**

1. Неправильная форма изделий, пониженная и неравномерная пористость мякиша. Причина: недостаточная механическая проработка пшеничного теста при его округлении и закатке, отсутствие округления при изготовлении булочных изделий из пшеничной сортовой муки.

2. Наличие пустот с гладкими стенками в мякише. Причина: при формовании было использовано большое количество муки, которая при закатке осталась в массе теста.

3. Верхняя корка формового хлеба очень выпуклая и оторвана с одной или двух сторон от боковых стенок. Подовый хлеб имеет шаровидную форму и выплывы с боков. Причина: недостаточная расстойка теста перед выпечкой. Необходимо увеличить продолжительность расстойки.

4. Верхняя корка формового хлеба плоская или вогнутая (опавшая), подовый хлеб расплывчатый, пористость неравномерная. Причина: чрезмерная продолжительность расстойки теста перед выпечкой.

5. Небольшие трещины на поверхности хлеба. Причина: при расстойке заветрилось тесто. Устранить сквозняки, создать несбходимый влажностный режим.

#### **Дефекты хлеба, вызванные нарушениями в процессе выпечки.**

1. Отслаивание корки от мякиша, разрывы в мякише. Причина: встряхивание кусков теста или удары форм с тестом о под при посадке в печь или в начале выпечки. Необходимо устранить толчки при посадке и выпечке хлеба.

2. Хлеб с чрезмерно толстой и темноокрашенной (горелой) коркой. Причина: излишняя продолжительность выпечки при пониженной температуре.

3. Хлеб с бледной коркой, тяжелый, мякиш сыропеклый, липкий, заминающийся. Причина: недостаточная продолжительность выпечки при нормальной температуре. Необходимо увеличить продолжительность выпечки хлеба.

4. Хлеб с очень толстой и темноокрашенной коркой либо с нормальной коркой, но недостаточно пропеченный, с заминающимся мякишем. Причина: чрезмерно высокая температура выпечки. Следует отрегулировать нагрев печи.

5. Хлеб с непропеченным мякишем и бледноокрашенной коркой либо с чрезмерно толстой коркой. Подовые изделия при этом могут быть излишне расплывчатыми. При слабом тесте может наблюдаться закал. *Закал* — это слой уплотненного беспористого мякиша. Причина: слишком низкая температура выпечки.

6. Хлеб с бледной боковой коркой. Подовый хлеб — «притиском». Иногда наблюдаются разрывы в мякише и трещины на кор-

ке. Причина: между формами или кусками теста (для подоюго хлеба) недостаточное расстояние.

7. Хлеб с матовой, не глянцевигой «седой» коркой, с подрывами и трещинами. Причина: недостаточное увлажнение на первой стадии выпечки.

В процессе выпечки необходимо строго контролировать ее параметры: температуру и продолжительность в каждой зоне, а также интенсивность увлажнения тестовых заготовок в первой зоне выпечки.

Неравномерная интенсивность подвода теплоты по ширине пода (или длине люльки), а также слишком близкое размещение тестовых заготовок на поду (подиках или люльке) также может стать причиной получения изделий с отклонениями некоторых показателей качества от нормы.

**Дефекты хлеба, вызванные неправильным его перемещением и хранением после выпечки.** На хлебозаводах хлеб перемещается от печей к циркуляционным столам ленточными транспортерами или по спускам. При переходе с одного транспортера на другой или при прохождении по спускам хлеб деформируется или механически повреждается. В ржаном формовом хлебе иногда у нижней корки наблюдается уплотнение мякиша. Причины.

1. Неосторожное обращение с горячим хлебом при выемке и в течение нескольких минут после выемки из печи. Необходимо устранить механические причины образования уплотнения мякиша. Укладывать горячий хлеб для остывания не на нижнюю корку, а на боковую или торцовую, быстро охлаждать хлеб.

2. Остывание на холодной металлической поверхности.

3. Плохая пропеченность. Следует улучшить режим выпечки, усилить нагрев пода, увеличить время выпечки, уменьшить развес хлеба.

4. Высокая автолитическая активность муки. Необходимо перерабатывать муку в смеси с мукой, имеющей низкую автолитическую активность. Повысить кислотность теста.

5. Высокая влажность мякиша. Необходимо уменьшить массу воды при замесе теста.

6. Недостаточная разрыхленность теста вследствие малой или чрезмерной продолжительности брожения. Установить правильный режим брожения.

#### **15.4. БОЛЕЗНИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

Болезни хлеба вызываются развивающейся в нем нежелательной микрофлорой. Наиболее часто встречается картофельная болезнь, а также плесневение, меловая болезнь и болезнь, вызываемая бактерией «чудесная палочка». Картофельная болезнь — самое

серьезное заболевание хлебобулочных изделий. Все виды болезней делают хлеб непригодным для употребления в пищу.

**Картофельная болезнь хлеба.** Возбудителем картофельной, или «тягучей», болезни хлеба является картофельная палочка (*Bac. mesentericus*). Эти микроорганизмы широко распространены в природе (в воздухе, почве, на растениях) и встречаются в том или ином количестве на зерне. Споры картофельной палочки при помеле переходят в муку. Во время выпечки хлеба споры сохраняют свою жизнеспособность (они погибают только при мгновенном прогревании до 130 °С или при 100 °С через 6 ч). Наиболее благоприятные условия для их прорастания: значительная влажность продукта, нейтральная реакция среды и температура выше 37 °С. Хлеб, пораженный этой болезнью, имеет слизистый мякиш, который тянется тонкими лагуинообразными нитями, резкий, специфический запах и вкус, что связано с действием ферментов картофельной палочки. Картофельной болезнью болеет только пшеничный хлеб, особенно в жаркое время года. В ржаном хлебе вследствие его высокой кислотности болезнь не развивается. Наиболее эффективными способами предотвращения этого заболевания хлеба являются химические, биологические и организационные.

К химическим относятся способы, предусматривающие применение молочной, уксусной, пропионовой кислот и их солей (ацетат кальция, пропионаты натрия, калия и кальция, диацетат натрия). Уксусную кислоту вносят в дозировке 0,1—0,2 % (в пересчете на 10%-ную кислоту), а соли — в виде водных растворов: ацетат калия — 0,2—0,3 % к массе муки; пропионаты натрия, калия и кальция (E281, E282, E283) — 0,3—0,5 % к массе муки.

Весьма эффективно введение в тесто пищевой добавки «Селектин» антибактериального действия, которая воздействует на споры *Bac. mesentericus* и уничтожает их. Дозировка «Селектина» зависит от степени развития болезни и составляет 50—100 г на 100 кг муки.

К биологическим относятся: повышение кислотности теста путем использования высококислотных заквасок или внесения в тесто части спелого теста (опары) предыдущего приготовления. Наиболее целесообразно применение пропионовокислой закваски (штамм пропионовокислых бактерий ВКМ-103). Эта закваска эффективно предотвращает возникновение картофельной болезни и плесневения. Пропионовая и муравьиная кислоты, накапливающиеся в закваске, ингибируют развитие плесеней и споровых бактерий. Кроме того, в закваске накапливается витамин В<sub>12</sub>.

Мезофильные закваски кислотностью 18—22 град, приготовленные в результате культивирования *Lactobacillus fermenti*-27, добавляют в тесто в дозировке 4—6 % к массе муки; концентрированные молочнокислые закваски кислотностью 16—18 град, полученные в результате культивирования *Lac. plantarium*-30, применяют в дози-

ровке 4—6 % к массе муки; комплексную закваску кислотностью 6—9 град применяют в дозировке 15—20 % к массе муки.

Для предупреждения заболевания хлеба картофельной болезнью разработан пшеничная закваска, получаемая путем культивирования мезофильных молочнокислых бактерий *St. lactis diastaticus*, выделенных из кукурузного силоса. Чистую культуру вносят в мучную смесь при соотношении муки и воды 1 : 3, выдерживают 6—8 ч при 30—32 °С до кислотности 14—16 град и расходуют в количестве 15—20 %. К недостаткам этого способа относится то, что при длительном культивировании молочнокислых бактерий они вытесняются бактериальной (спонтанной) микрофлорой муки.

Молочнокислые бактерии *Lactobacillus* в процессе развития из углеродсодержащих компонентов питательной смеси образуют органические кислоты. Последние снижают активную кислотность и препятствуют размножению нежелательной микрофлоры.

К организационным мероприятиям относятся снижение температуры и максимальное усиление вентиляции в хлебохранилище для быстрого охлаждения хлеба.

Определить степень поражения хлеба картофельной болезнью можно следующим образом. Хлеб формовой, батонобразные изделия массой 0,3 кг и больше через 1,5—2 ч после выпечки заворачивают в двойной слой чистой пористой бумаги, увлажняют, упаковывают в полиэтиленовый пакет и помещают в теплое место (термостат). Через 24 ч хранения хлеб разрезают острым ножом и проверяют на наличие заболевания. При отсутствии признаков заболевания (специфический запах, липкий мякиш) хлеб выдерживают в аналогичных условиях 36 ч.

После проверки зараженный хлеб и бумагу сжигают. Каждый раз по окончании испытания нож тщательно протирают 3%-ным раствором уксусной кислоты.

Результаты испытаний записывают в специальный журнал в следующей формулировке: «Не выявлена (выявлена) зараженность картофельной палочкой через 24 ч (или 36 ч)».

Показатель «картофельная болезнь хлеба» не является бракеражным для муки.

Муку пшеничную с выявленной зараженностью картофельной палочкой рекомендуется использовать следующим образом:

пшеничную высшего или первого сорта — для выработки мелкочстучных изделий массой 0,2 кг и менее, бараночных и сухарных изделий, печенья, пряников;

пшеничную второго сорта и обойную — для выработки ржано-пшеничных сортов хлеба (орловский, славянский, украинский и др.).

Категорически запрещается перерабатывать хлеб, пораженный картофельной болезнью (даже в самой незначительной степени), в сухарную муку, крошку или мочку и использовать в технологическом процессе.

Хлеб, пораженный картофельной болезнью, должен быть немедленно удален из производства. Вопрос о его использовании на корм животным в каждом отдельном случае должны решать органы ветнадзора. Хлеб, который не может быть использован на кормовые цели, подлежит уничтожению путем сжигания.

По окончании переработки партии муки, хлеб из которой болеет картофельной болезнью через 24 или 36 ч после выпечки, складские и производственные помещения, металлические, деревянные и тканевые поверхности оборудования, а также транспортные средства должны быть подвергнуты тщательной механической обработке с удалением остатков муки, теста, хлеба, крошек с помощью металлических или капроновых щеток в соответствии с Инструкцией по предупреждению картофельной болезни хлеба.

После механической очистки дополнительно проводят санитарную обработку оборудования с использованием дезинфицирующих средств. В качестве таких препаратов применяют хлорную известь, хлорамин, уксусную кислоту, препараты «Сентабик» и «Септадор», а также другие разрешенные средства дезинфекции.

Обработка оборудования 3%-ным раствором хлорной извести или 2%-ным раствором хлорамина в течение 1 ч приводит к гибели до 70 % спор картофельной палочки; при использовании 3%-ного раствора уксусной кислоты погибает 50 % жизнеспособных спор, а 0,5%-ного раствора «Сентабик» и 0,1%-ного раствора препарата «Септадор» — 90 % спор.

Помещения, предназначенные для продажи и хранения хлеба, должны быть сухими, хорошо вентилируемыми. Полки, лотки, стеллажи, контейнеры для хранения хлеба по мере их освобождения следует тщательно очищать от крошек, а затем насухо протирать.

При обнаружении в процессе хранения или продажи хлебобулочных изделий признаков их заболевания картофельной болезнью изделия должны быть немедленно изъяты из подсобного помещения и торгового зала и направлены на корм скоту или уничтожены. Полки, шкаф, лотки, контейнеры, в которых хранились эти изделия, необходимо тщательно промыть горячей водой с моющими средствами, обработать дезсредством, а затем вновь промыть горячей водой.

**Плесневение хлеба** чаще всего происходит при длительном его хранении и вызывается попаданием плесени и ее спор из окружающей среды на поверхность продукта. Прорастая внутрь хлеба, плесень начинает развиваться и в мякише. Развитие и рост плесени возможны при температуре от 5 до 50 °С. Этому процессу способствует повышенная влажность воздуха, в атмос-



фере которого хранится хлеб. Заворачивание хлеба в обычные упаковочные материалы, приводящие к быстрому увеличению влажности корки, положительных результатов не дает, а наоборот, способствует его плесневению. Предотвратить плесневение хлеба особенно важно при длительном хранении (для участников экспедиций и другого контингента). С этой целью в тесто вносят химические консерванты, например сорбиновую кислоту и ее соли, которые подавляют развитие плесени; заворачивают хлеб в герметическую влагонепроницаемую термостойкую пленку с последующей тепловой стерилизацией прогреванием до температуры 85—90 °С в центре мякиша; заворачивают хлеб в пленку или бумагу, пропитанную сорбиновой кислотой, с последующей герметической упаковкой. Для очень длительного хранения хлеб подвергают расстойке и выпечке в жестяных консервных банках с закаткой их сразу после выпечки. Предотвратить плесневение обычного хлеба можно ускоренным охлаждением в контейнерах и вагонетках путем усиленной вентиляции.

**Меловая болезнь** вызывается особыми дрожжеподобными грибами, которые попадают в хлеб с мукой. В результате их развития на корке и в мякише хлеба образуются белые сухие пятна, напоминающие мел. Меловая болезнь встречается очень редко, для здоровья человека она не опасна, однако заболевший ею хлеб не годен для употребления.

**Болезнь**, вызываемая бактерией «чудесная палочка». Встречается очень редко. «Чудесная палочка» — бесспорная бактерия, образующая пигмент красного цвета. Оптимальная температура для ее роста 25—35 °С. Бактерия попадает в хлеб из внешней среды, она окрашивает мякиш в красный цвет, осахаривает крахмал и разлагает белки хлеба. Эта бактерия не образует вредных для человека веществ, однако пораженный ею хлеб теряет товарный вид и не пригоден к употреблению.

При вспышке болезни достаточно вымыть помещение горячей водой, а оборудование обдать кипятком. При температуре 40 °С этот микроорганизм погибает.

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие дефекты могут возникнуть при производстве хлебобулочных изделий с использованием муки, выработанной из проросшего зерна?
2. Какие дефекты могут возникнуть в хлебе, выработанном из муки с отклонениями от хлебопекарных норм?
3. Какие мероприятия следует проводить для устранения дефектов, вызванных отклонениями свойств муки от хлебопекарных норм?

4. Какие дефекты хлеба возникают при его несоблюдении технологических режимов?
5. Какие дефекты хлеба возникают в результате неправильной разделки теста?
6. Какие дефекты хлеба возникают при нарушениях режимов выпечки?
7. Какие дефекты хлеба возникают при его неправильном перемещении и хранении?
8. Охарактеризуйте болезни хлеба.
9. Какие химические способы используют для предупреждения и борьбы с картофельной болезнью?
10. Какие существуют биологические способы предупреждения и борьбы с картофельной болезнью?

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## А

- Автолиз 66, 67
- Азодикарбонамид 350
- Активаторы протеолиза 52
- Активность
  - автолитическая 66
  - каталитическая 49
- Аллостерический центр 79
- Амарант 104
- Амилоза 43, 287
- Амилопектин 43, 287
- Аммония персульфат 349
- Арованилон 124

## Б

- Белизна муки 33
- Белково-протеиназный комплекс 48
- Белок
  - «идеальный» 11
  - иодированный 100
- Бензоила пероксид 351
- Болезнь хлеба 363
  - картофельная 305, 374
  - меловая 377
  - плесневение 377
  - «чудесная палочка» 377

## В

- Ванилин 124
- Влага
  - гигроскопическая 39

- равновесная 39
- свободная 39, 300
- связанная 39, 300
- Влажность
  - базисная 142
  - критическая 39
  - равновесная 40
  - средневзвешенная 310
  - теста 310, 311
- Выход
  - муки 33, 37
  - хлеба 308

## Г

- Гидрофильность 48
- Глиадин 36, 48
- Гликолипиды 201
- Гликопротеиды 54
- Глутатион 50
- Глюкан 78
- Глютелин 36
- Глютенин 36, 48

## Д

- Диглицериды жирных кислот 359
- Дрожжи
  - дрожжевое молоко 78, 82
  - жидкие 172
  - спиртовых заводов 83
  - хлебопекарные
    - прессованные 80
    - сушеные 81

## Ж

- Жесткость воды 73
- Жидкий диспергированный полуфабрикат 229
- Жир
  - для кулинарии, кондитерской и хлебопекарной промышленности 93
  - жидкий хлебопекарный 93
  - молочный 91, 97
- Жироподобные вещества 38

## З

- Заварка
  - заквашенная 175
  - мучная 346
  - осахаренная 175
- Закваска
  - ацидофильная 179
  - витаминная 179
  - дрожжевая 184
  - КМКЗ 180
  - комплексная 179
  - мезофильная 178
  - пропионовокислая 180
  - пшеничная
  - ржаная 246
  - эргостериновая 180
- Зародыш 110
- Зерно
  - пшеницы 30
  - ржи 31
  - тритикале 32
- Зимоген 49

## И

- Изделия хлебобулочные
  - диетические 7, 8, 16
  - национальные 7
  - пониженной влажности 7
- Ингибиторы протеолиза 52
- Иодказеин 100

## К

- Кальция пероксид 350
- Кислота
  - аскорбиновая 348
  - липоевая 55
- Кислотность
  - муки 143
  - полуфабрикатов 217
- Клейковина 37, 48, 317
- сухая пшеничная 111
- Конвекция 283
- Кондукция 283
- Кориандр 123
- Корица 123
- Крахмал 37, 43, 54
  - окисленный 352
- Кремнийорганическая жидкость 271
- Крошка
  - сахарная 291, 313
  - хлебная 291, 313
- Крупность частиц 59, 68
- Кукуруза 103
- Кунжут 121

## Л

- Лактилат
  - кальция 362
  - натрия 362
- Лен 122
- Лецитин 360
- Лизитин 55
- Липиды 38, 54, 145, 201
- Липопротеиды 54

## М

- Мак 121
- Маннан 78
- Маргарин 92
- Масло
  - горчичное 94
  - кукурузное 94

- подсолнечное 94
- растительное 93
- соевое 94
- хлопковое 94
- Мед 90
- Меланж 102
- Меланины 59
- Меланоидинообразование 97, 287
- Меланоидины 115, 287, 334
- Меласса 90
- Моноглицериды жирных кислот 359
- Мочка 291, 313
- Мука
  - вид 32
  - из облепихи 128
  - кукурузная 103
  - макаронная 32
  - общего назначения 32
  - прогоркание 143, 157
  - прокисание 157
  - слеживание 157
  - соевая 107, 352
  - сорт 33
  - тип 32
  - тритикалевая 68
  - хлебопекарная 32
  - чечевичная 12, 105, 233
- Мучка 110

## Н

- Натирка теста 333
- Натрия тиосульфат 354
- Норма выхода хлеба 308

## О

- Обжарка 290
- Обминка 221
- Овес 103
- Орехи
  - арахис 120
  - грешки 119
  - кешью 120

- миндаль сладкий 119
- фундук 118
- Отлежка теста 333
- Отруби 109
- Ошпарка 334

## П

- Партия муки 132
- Патока
  - крахмальная 86
  - мальтозная 88
  - рафинадная 89
- Пахта 98
- Пентозаны 54
- Пигменты 39, 59
- Пищевые волокна 38, 318
- Плиты сахарные 322
- Полуфабрикаты сахаропаточные 89
- Притвор 329

## Р

- Расстойка
  - окончательная 265
  - предварительная 264
- Ретроградация крахмала 298
- Рецептура 187

## С

- Сахар
  - жидкий 86
  - молочный 97
  - песок 84
- Сахарная пудра 86
- «Сила» муки 47
- Синглетный кислород 241
- Собственные сахара муки 41
- Созревание
  - муки 141
  - теста 210
- Солод
  - неферментированный 113

- ферментированный 115
- ячменный пивоваренный 115
- Солодовый
  - концентрат 117
  - экстракт 116
- Соя 106
- Спреды – 96
- Схема производства 20
  - структурная 26–29
  - технологическая 21–26
  - функциональная 21
- Сыворотка молочная 97, 99
- Сырье
  - дополнительное 30, 84–131
  - основное 30

## Т

- Температура клейстеризации 213
- Тефлон 276
- Технологические
  - затраты 308, 311–313
  - потери 308, 311–313
- Технология «холодная» 170
- Тмин 123
- Топленая смесь 96

## У

- Улучшители 345
  - комплексные 355
- Упаковывание 306
- Упек 289
- Усушка 293, 296

## Ф

- Фаза теста
  - газообразная 198
  - жидкая 194, 209, 287
  - твердая 194
- Ферменты
  - $\alpha$ -амилаза 38, 41, 54, 286, 288
  - $\beta$ -амилаза 38, 41, 49, 54

- аскорбинатоксидаза 53, 144, 349
- $\beta$ -галактозидаза 97, 98
- гидролазы 98
- глутатионредуктаза 52
- $\alpha$ -глюкозидаза 38, 42, 80
- глюкозооксидаза 351
- дипептидаза 51
- *o*-дифенолоксидаза 49, 53, 59, 144, 287, 344, 368
- каталаза 49, 53, 98, 144
- липаза 38, 41, 98, 145
- липоксигеназа 52, 144
- пептидаза 49
- пероксидаза 53, 98, 144
- полифенолоксидаза 49, 59
- протеазы 49, 66
- протеиназы 49
- протеолитические 41, 49
- редуктаза 98
- фитаза 16, 144
- фосфатазы 79, 98
- $\beta$ -фруктофуранозидаза 42, 79, 80
- цистинредуктаза 52
- Фосфатиды 55
- Фосфолипиды 360
- Фторопласт 271, 275-277

## Х

- Химический состав 341
  - пшеничной муки 36–40
  - ржаной муки 60–61
- Хлебопекарные свойства
  - пшеничной муки 40–60
  - ржаной муки 62–68
- Хлопья кукурузные 112

## Ц

- Цвет муки 59, 67
- Ценность
  - биологическая 11, 98, 341
  - пищевая 9, 11, 340
  - энергетическая 13, 341
- Цистеин 354

## Ч

Черствение 295

Чечевица 105

## Ш

Шортенинги 237

Шрот амаранта 104

## Э

Экструдаты 112

Электрострикция 195

Эссенция 124

Эфиры жирных кислот и поли-  
глицерина 361

– сахарозы 361

Эффективность биологическая 342

## Я

Яблочное пюре 230

Ячмень 103

## ЛИТЕРАТУРА



*Ауэрман Л. Я.* Технология хлебопекарного производства /Под ред. Л. И. Пучковой. — СПб.: Профессия, 2002. — 416 с.

*Витавская А. В., Дудикова Г. Н., Тулемисова К. А.* Биологическая защита хлеба от картофельной болезни. — Алма-Ата: РНИ «Бастау», 1998. — 240 с.

*Жеребцов Н. А., Попова Т. П., Артюхов В. Г.* Биохимия. — Воронеж: ВГТУ, 2002. — 696 с.

*Зубченко А. В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий. — Воронеж: ВГТА, 1997. — 416 с.

*Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипов, И. Т. Кротов, А. Н. Остриков и др.* — М.: Высшая школа, 2001. — Кн. 2. — 703 с.

*Пащенко Л. П.* Биотехнологические основы производства хлебобулочных изделий. — М.: Колос, 2002. — 368 с.

*Пащенко Л. П., Кульнева Н. Г., Демченко В. И.* Новые дополнительные ингредиенты в технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий. — Воронеж: ВГТА, 1999. — 87 с.

*Пащенко Л. П., Мазур П. Я.* Физико-химические основы хлебопечения. — Воронеж: ВГТА, 2001. — 115 с.

*Пащенко Л. П., Санина Т. В., Бывальцев А. И.* Электрохимия в технологии хлеба, макаронных и кондитерских изделий. — Воронеж: ВГТА, 2001. — 233 с.

*Пащенко Л. П., Жаркова И. М.* Рациональное использование растительного белоксодержащего сырья в технологии хлеба. — Воронеж: ФГУП ИПФ «Воронеж», 2003. — 239 с.

*Пищевая химия / А. П. Нечасов, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др.* — СПб.: ГИОРД, 2003. — 640 с.

*Проектирование хлебопекарных предприятий с основами САПР / Л. И. Пучкова, А. С. Гришин, И. И. Шаргородский и др.* — М.: Колос, 1993. — 224 с.

*Пучкова Л. И.* Хлебобулочные изделия. — М.: МГУПП, 2000. — 60 с.

*СанПиН 2.3.4.1078—01.* Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: 2002. — 208 с.



*Сборник* рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия /Сост. П. С. Ершов. — СПб.: Гидрометеиздат, 1998. — 192 с.

*Сборник* технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий. — М.: Прейскурантиздат, 1989. — 494 с.

*Цыганова Т. Б.* Технология хлебопекарного производства. — М.: Академия, 2001. — 432 с.

*Хромеевков В. М.* Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 496 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ



<b>Часть I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХЛЕБОПЕКАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</b> .....	3
<b>Глава 1. Хлеб — основной продукт питания населения России</b> .....	3
1.1. Краткая характеристика и актуальные проблемы хлебопекарной отрасли .....	3
1.2. Роль хлебобулочных изделий в питании человека .....	6
1.3. Основные виды хлебобулочных изделий .....	6
1.4. Пищевая ценность хлеба и пути ее повышения .....	9
Контрольные вопросы .....	20
<b>Глава 2. Технологические схемы производства хлебобулочных изделий</b> .....	20
2.1. Функциональная и структурная схемы производства .....	21
2.2. Аппаратурно-технологическая схема производства пшеничного хлеба .....	26
2.3. Аппаратурно-технологическая схема производства ржаного хлеба .....	28
Контрольные вопросы .....	29
<b>Часть II. СЫРЬЕ ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> .....	30
<b>Глава 3. Основное сырье</b> .....	30
3.1. Хлебопекарная мука .....	32
3.1.1. Пшеничная мука .....	36
3.1.2. Ржаная мука .....	60
3.1.3. Тритикалевая мука .....	68
3.2. Вода .....	70
3.3. Соль поваренная пищевая .....	76
3.4. Дрожжи хлебопекарные .....	78
3.4.1. Прессованные дрожжи .....	80
3.4.2. Сушеные дрожжи .....	81
3.4.3. Дрожжевое молоко .....	82
3.4.4. Хлебопекарные дрожжи спиртовых заводов .....	83
Контрольные вопросы и задания .....	84
<b>Глава 4. Дополнительное сырье</b> .....	84
4.1. Сахар и сахаросодержащие продукты .....	84
4.2. Жиросодержащие продукты .....	91
4.3. Молоко и продукты его переработки .....	97

4.4. Яйца и яичные продукты .....	101
4.5. Мука из нетрадиционных для хлебопекарного производства культур .....	103
4.6. Продукты переработки зерна .....	107
4.7. Солод .....	113
4.8. Орехи, изюм, семена мака, кунжута и льна .....	118
4.9. Пряности. CO <sub>2</sub> -экстракты .....	122
4.10. Плодово-ягодное и овощное сырье .....	126
4.11. Подсластители и сахарозаменители .....	129
Контрольные вопросы и задания .....	131

## **Глава 5. Способы хранения сырья на хлебопекарных предприятиях и подготовка его к производству .....**

5.1. Хранение и подготовка муки к производству .....	132
5.2. Процессы, протекающие при хранении пшеничной муки .....	141
5.2.1. Изменение влажности .....	142
5.2.2. Изменение кислотности .....	143
5.2.3. Изменение липидов .....	145
5.2.4. Изменение белково-протеиназного комплекса .....	148
5.2.5. Изменение цвета .....	150
5.3. Процессы, протекающие при хранении ржаной муки .....	151
5.4. Процессы, вызывающие порчу муки при хранении .....	152
5.4.1. Изменение липидов .....	152
5.4.2. Изменение углеводов .....	156
5.4.3. Процессы, протекающие при хранении муки пониженной влажности .....	158
5.5. Хранение соли и подготовка ее к производству .....	158
5.6. Хранение дрожжей и подготовка их к производству .....	159
5.7. Хранение сахара и подготовка его к производству .....	161
5.8. Хранение патоки и подготовка ее к производству .....	165
5.9. Хранение жировых продуктов, другого сырья и подготовка их к производству .....	165
Контрольные вопросы .....	169

## **Часть III. ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....**

### **Глава 6. Способы разрыхления теста .....**

6.1. Химический способ разрыхления теста .....	170
6.2. Механический способ разрыхления теста .....	171
6.3. Биологический способ разрыхления теста .....	172
6.3.1. Жидкие дрожжи .....	172
6.3.2. Пшеничные закваски .....	178
Контрольные вопросы .....	187

<b>Глава 7. Подготовка теста из пшеничной муки</b> .....	187
7.1. Понятие о рецептуре .....	187
7.2. Дозирование сырья .....	189
7.3. Замес и образование теста .....	192
7.3.1. Роль компонентов пшеничной муки в образовании теста .....	194
7.3.2. Роль рецептурных компонентов в образовании теста .....	199
7.3.3. Роль воды и ее взаимодействие с рецептурными компонентами .....	209
7.4. Брожение (созревание) теста .....	211
7.4.1. Физические процессы .....	211
7.4.2. Коллоидные процессы .....	212
7.4.3. Микробиологические процессы .....	214
7.4.4. Биохимические процессы .....	218
7.4.5. Влияние температуры на созревание теста .....	219
7.4.6. Регулирование процессов созревания теста .....	219
7.5. Обминка теста .....	221
7.6. Способы приготовления пшеничного теста .....	222
7.6.1. Безопарный способ .....	222
7.6.2. Опарный способ .....	223
7.6.3. Преимущества и недостатки безопарного и опарного способов приготовления теста .....	225
7.6.4. Ускоренные способы .....	227
7.6.5. Приготовление теста на основе быстрозамороженных полуфабрикатов .....	235
7.6.6. Особенности приготовления хлебобулочных изделий для экологически неблагополучных регионов .....	240
7.7. Критерии оценки процесса созревания пшеничного теста .....	242
Контрольные вопросы и задания .....	244
<b>Глава 8. Подготовка теста из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки</b> ...	244
8.1. Отличительные особенности приготовления ржаного теста .....	244
8.2. Способы приготовления ржаного теста .....	246
8.2.1. Приготовление теста на густых ржаных заквасках .....	249
8.2.2. Приготовление теста на жидких ржаных заквасках .....	250
8.3. Аппаратурно-технологические схемы приготовления ржаного теста периодическим и непрерывным способами .....	252
8.3.1. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного приготовления теста на большой густой закваске .....	253
8.3.2. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на жидкой закваске без заварки .....	254
8.3.3. Аппаратурно-технологическая схема приготовления теста на жидкой закваске с заваркой .....	256
8.3.4. Приготовление ржаного теста на подкислителях .....	258
8.3.5. Сравнительная оценка способов приготовления ржаного теста ...	260
Контрольные вопросы и задания .....	260

<b>Глава 9. Разделка теста</b> .....	261
9.1. Разделка пшеничного теста .....	261
9.2. Разделка ржаного и ржано-пшеничного теста .....	267
9.3. Особенности разделки теста для замороженных полуфабрикатов .....	269
9.4. Особенности разделки теста для слоеных изделий .....	270
9.5. Мероприятия по устранению прилипания заготовок к рабочим поверхностям оборудования .....	270
9.6. Формы и листы, применяемые для выпечки тестовых заготовок. Антиадгезионные покрытия форм и листов. Эмульгаторы .....	272
Контрольные вопросы .....	278
<b>Глава 10. Выпечка хлебобулочных изделий</b> .....	279
10.1. Способы выпечки хлеба .....	282
10.2. Процессы, протекающие в тестовой заготовке при радиационно- конвективной выпечке хлеба .....	283
10.3. Факторы, влияющие на упек .....	289
10.4. Отличительные особенности режимов выпечки хлеба из ржаной и пшеничной муки .....	290
Контрольные вопросы .....	291
<b>Глава 11. Подготовка хлебобулочных изделий к реализации в торговой сети. Черствение хлебобулочных изделий и пути его предотвращения</b> .....	291
11.1. Процессы, протекающие в хлебе после выпечки .....	293
11.2. Процессы, протекающие в хлебе при черствении .....	295
11.3. Санитарные требования, предъявляемые к остывочному отделению и экспедиции .....	304
11.4. Рекомендации по увеличению сроков сохранения свежести хлебо- булочных изделий .....	305
Контрольные вопросы .....	307
<b>Глава 12. Выход готовых изделий</b> .....	308
12.1. Расчет выхода готовых изделий .....	308
12.2. Факторы, влияющие на выход хлеба .....	310
12.3. Использование доброкачественных отходов хлебопекарного производства .....	313
Контрольные вопросы и задания .....	316
<b>Глава 13. Технология диетических изделий и изделий пониженной влажности</b> .....	316
13.1. Диетические изделия .....	316
13.2. Сухари .....	321
13.2.1. Слобные сухари .....	321
13.2.2. Ржаные и ржано-пшеничные сухари .....	327
13.3. Бараночные изделия .....	328
13.4. Хлебные палочки .....	336
Контрольные вопросы и задания .....	338

<b>Часть IV. КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ</b> .....	339
<b>Глава 14. Факторы, влияющие на качество хлебобулочных изделий, пути его повышения</b> .....	339
14.1. Понятие «качество хлеба» и факторы, его определяющие .....	339
14.2. Переработка муки с пониженными хлебопекарными свойствами ...	342
14.3. Улучшители качества хлебобулочных изделий .....	345
14.3.1. Мучные заварки .....	346
14.3.2. Улучшители окислительного действия .....	348
14.3.3. Улучшители восстановительного действия .....	354
14.3.4. Комплексные улучшители .....	355
14.3.5. Ферментные препараты .....	356
14.3.6. Поверхностно-активные вещества (эмульгаторы) .....	358
Контрольные вопросы .....	362
<b>Глава 15. Дефекты и болезни хлебобулочных изделий, пути их предотвращения</b> .....	363
15.1. Дефекты хлебобулочных изделий, полученных из муки с пониженными хлебопекарными свойствами, и пути их устранения .....	363
15.2. Дефекты хлебобулочных изделий, вызванные нарушением правил подготовки сырья .....	369
15.3. Дефекты хлебобулочных изделий, вызванные нарушением технологических режимов .....	370
15.4. Болезни хлебобулочных изделий и пути их предотвращения .....	373
Контрольные вопросы и задания .....	377
Предметный указатель .....	379
Литература .....	384

Учебное издание

**Пашенко Людмила Петровна,  
Жаркова Ирина Михайловна**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Учебное пособие для вузов*

Художественный редактор *В. А. Чуракова*  
Корректор *В. Г. Лузгина*  
Компьютерная верстка *С. И. Шаровой*

Подписано в печать 15.01.08. Формат 60×88 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,01. Изд. № 046.  
Тираж 20 000 экз. (2-й завод: 1501—2500 экз.). Заказ № 623

ООО «Издательство «КолосС»,  
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.  
Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.  
Тел. (495) 680-99-86, тел./факс (495) 680-14-63, e-mail: koloss@koloss.ru,  
наш сайт: [www.koloss.ru](http://www.koloss.ru)

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ОАО «Марийский полиграфическо-издательский комбинат»  
424002. г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112