

**А.Г. Киселёва, С.В. Макаров**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**



Иваново 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

**А. Г. Киселёва, С. В. Макаров**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Учебное пособие

Иваново 2019

**Киселёва, А. Г.**

Технология производства макаронных изделий: учебное пособие / А.Г. Киселёва, С.В. Макаров; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2019. – 90 с.

В учебном пособии рассмотрены научные основы технологии производства макаронных изделий, влияние свойств основного и дополнительного сырья, а также параметров производства на ход технологического процесса, качество полуфабрикатов и готовой продукции. Рассмотрены особенности стадий замеса и прессования макаронного теста, разделки, сушки, охлаждения, стабилизации и хранения макаронных изделий.

Пособие предназначено для подготовки студентов очной и заочной форм обучения бакалавриата по направлению «Продукты питания из растительного сырья» профиль «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий».

Табл. 13. Рис. 17. Библиогр. : 29 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

«Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований»  
ФГБУН «ИХР РАН им. Г.А. Крестова»  
доктор технических наук И.В. Оселедцева (ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный технологический университет»)

© Киселёва А. Г., Макаров С. В., 2019

© ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет», 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ПРОИЗВОДСТВО МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ.....	6
2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	10
3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ СТАДИЙ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	15
4. ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	18
4.1. Пшеница.....	18
4.2. Пшеничная мука.....	21
4.3. Вода.....	27
5. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ.....	28
6. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПРОИЗВОДСТВУ .....	31
7. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПРЕССОВАНИЕ МАКАРОННОГО ТЕСТА .....	35
7.1. Рецептура и типы замесов макаронного теста .....	35
7.2. Процессы, протекающие при приготовлении макаронного теста .....	37
7.3. Уплотнение и формование макаронного теста .....	39
7.4. Высокотемпературные режимы замеса и формования макаронного теста .....	45
7.5. Влияние качества муки, параметров замеса и прессования на свойства теста и качество изделий .....	50
7.6. Виды брака выпрессовываемых макаронных изделий и способы их устранения.....	56
8. РАЗДЕЛКА СЫРЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	58
8.1. Обдувка сырых изделий .....	58
8.2. Резка и раскладка изделий.....	58
9. СУШКА, СТАБИЛИЗАЦИЯ И ОХЛАЖДЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ .....	61

9.1. Особенности сушки макаронных изделий как капиллярно-пористых материалов .....	62
9.2. Изменение свойств макаронных изделий в процессе сушки .....	65
9.3. Сушка с использованием низкотемпературных режимов .....	68
9.4. Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки .....	72
9.5. Сушка с применением энергетических полей.....	75
10. СОРТИРОВКА, УПАКОВЫВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	77
11. ПРОИЗВОДСТВО НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	79
11.1. Сырые макаронные изделия длительного хранения .....	79
11.2. Быстрорастворяемые и не требующие варки изделия.....	81
11.3. Изделия из бесклеяковинного крахмалсодержащего сырья (БКС).....	83
12. НОРМИРОВАНИЕ И УЧЕТ РАСХОДА СЫРЬЯ В МАКАРОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	88

## ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Технология производства макаронных изделий» являются получение теоретических и практических знаний по технологии макаронных изделий с возможностью применять эффективные методы управления процессами производства этих изделий на отдельных стадиях, а также осуществление подготовки квалифицированных специалистов указанного профиля, способных к самостоятельному решению поставленных технологических задач.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### **знать**

- методы анализа свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции с целью разработки перспективных технологических решений действующего, проектируемого и реконструируемого предприятия;
- основные процессы, протекающие при производстве и хранении макаронных изделий;
- принципы формирования свойств полуфабрикатов и качества готовых изделий;
- показатели качества основного сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и методы их определения;

### **уметь**

- подбирать и контролировать основные параметры и режимы по всем стадиям производства макаронных изделий в соответствии с технологическими инструкциями;
- пользоваться справочной, нормативной и конструкторской документацией, необходимой для разработки технологического процесса;
- определить расход сырья и выход готовой продукции;

### **владеть**

- теоретической базой данных для осуществления технического перевооружения, реконструкции и внедрения новых технологий на предприятиях макаронной промышленности.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Выпускник должен обладать следующими компетенциями:

- способностью владеть методами теххимического контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий (ПК-3);
- способностью осуществлять управление действующими технологическими линиями (процессами) и выявлять объекты для улучшения технологии пищевых производств из растительного сырья (ПК-7).

# 1. ПРОИЗВОДСТВО МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ

Макаронные изделия пользуются неизменной популярностью у потребителей благодаря простоте приготовления, способности к достаточно длительному хранению (до 24 месяцев) без значительного ухудшения основных свойств, высокой питательности и хорошей усвояемости, возможности сочетания в качестве гарнира с различными блюдами из мяса, рыбы, морепродуктов. В рационе питания человека макароны выступают в качестве источника углеводов и белка, их энергетическая ценность составляет в среднем 300 - 350 ккал на 100 г продукта. Пищевая ценность и потребительские свойства макаронных изделий зависят от сорта муки и применяемых обогащающих добавок.

В настоящее время отсутствует единое мнение о происхождении слова «макароны». По одной из версий, слово «*maccheroni*» происходит из сицилийского диалекта, в котором оно означает «обработанное тесто». Согласно другой версии, слово «макароны» происходит от греческого слова «*μακαρία*», что означает «кушанье из ячменной муки». Наоборот, со словом «паста», которое известно многим благодаря итальянским традициям производства макаронных изделий, согласно которым макароны (*maccheroni*) являются одной из разновидностей пасты), всё более или менее понятно: *pastum* переводится с латыни как «пища», а *pasta* – «тесто», основа этой пищи.

Долгое время считалось, что паста была завезена в Италию Марко Поло, который в 1295 году вернулся в Венецию из продолжительного путешествия в Китай. Действительно, недавние находки археологов подтверждают факт приготовления вермишели в Китае еще в 2000 году до н. э. Однако эти макаронные изделия изготавливались не из пшеницы, а из проса. Согласно другой версии, паста распространилась по Италии после арабского нашествия на Сицилию в XII - XIII веках. Арабы-кочевники всегда брали в свои путешествия запас сушеной лапши, которая спасала их от голода во время долгих переходов.

Первое точное описание макарон относится к 1154 году и принадлежит арабскому географу Аль-Идриси.

В XIV - XVI веках паста распространяется по всей Италии. Её упоминает в своем «Декамероне» Джованни Бокаччо (1313 - 1375). В XVI веке возникают цеха изготовителей пасты со своими уставами и правилами. Свежая паста (*pasta fresca*) производилась из муки мягких сортов пшеницы, высшего сорта (в Италии ее обозначают «00»), для производства сухой пасты (*pasta secca* или *pasta sciutta*) использовалась мука из твердых сортов пшеницы. Интересно, что в те времена *pasta secca* не была общедоступной пищей, поскольку твердая пшеница очень требовательна к условиям выращивания.

В XVIII веке в Неаполе изобрели механические приспособления для изготовления пасты, что позволяет уменьшить их стоимость.

Распространение макаронных изделий в России связывают с эпохой Петра I. Однако первая макаронная фабрика на территории Российской империи была открыта позднее – в 1797 году в Одессе, т.к. в этом городе имелись благоприятные условия для производства макарон: качественная мука из твердых сортов пшеницы, теплый умеренный климат, что немаловажно, поскольку в те времена полуфабрикат сушили неаполитанским способом на свежем воздухе. Владельцами фабрики были французы.

В 1882 году фабрика по производству макаронных изделий была открыта в Самаре.

В 1883 году, с разрешения генерал-губернатора Москвы, Иоганном-Леонгардом Дингом была построена фабрика макарон, шоколада и кондитерских изделий. После революции макаронную фабрику национализировали, она получила название «Макаронная фабрика №1», которая с 1993 года выпускает продукцию под маркой ОАО «Экстра М».

Важным прорывом в развитии макаронного производства в XX веке явилось внедрение сушилок непрерывного действия, шнековых прессов и создание на их основе механизированных поточных линий: в 1945-1948 гг. – первых линий фирмы *Pavan* (Италия), *Braibanti* (Италия), *Bühler* (Швейцария) [1, 2].

В настоящее время лидером по объёму промышленного производства макаронных изделий является Италия, на втором месте - США, на третьем – Россия [2].

Потребление макаронных изделий в России на душу населения в 2017 г. составило 8,6 кг/год [3]. Согласно Рекомендациям по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания (приказ Министерства Здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614) норма потребления макаронных изделий составляет 8 кг/год на человека [4]. Для сравнения, по данным некоммерческой организации International Pasta Organisation (IPO) за 2017 г., потребление макаронных изделий на душу населения составляет в Италии – 23,5 кг/год, Тунисе – 17 кг/год, Венесуэле – 12 кг/год, США – 9 кг/год, Франции – 8,1 кг/год, Германии – 7,7 кг/год, Великобритании – 3,5 кг/год [2].

По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) производство макаронных изделий в России в среднем превысило 1 млн. тонн и составило в 2015 г. – 1,15 млн. тонн, в 2016 г. – 1,01 млн. тонн, в 2017 г. – 1,2 млн. тонн. Экспорт макаронных изделий в 2015 году составил 103 тыс. тонн, в 2016 г. – 98 тыс. тонн, в 2017 г. – 113 тыс. тонн (преимущественно в страны СНГ). Импорт макаронных изделий в 2015 году составил 57,7 тыс. тонн, в 2016 г. – 49 тыс. тонн, в 2017 г. – 61,3 тыс. тонн. Страны, поставляющие в Россию макароны: Италия (доля данной страны в структуре импорта составляет более 50 %), Германия, Китай [3]. Очевидно, что значительная часть спроса на макаронные изделия в нашей стране удовлетворяется за счет российских производителей. Вместе с тем



необходимо отметить, что импортируемые из Италии макаронные изделия производятся преимущественно из муки твердой пшеницы, а в нашей стране выпускается довольно много макарон из муки менее ценной мягкой стекловидной пшеницы.

Соотношение объемов производства в России различных видов макаронных изделий, не подвергнутых тепловой обработке, показано на рис. 1 [3].

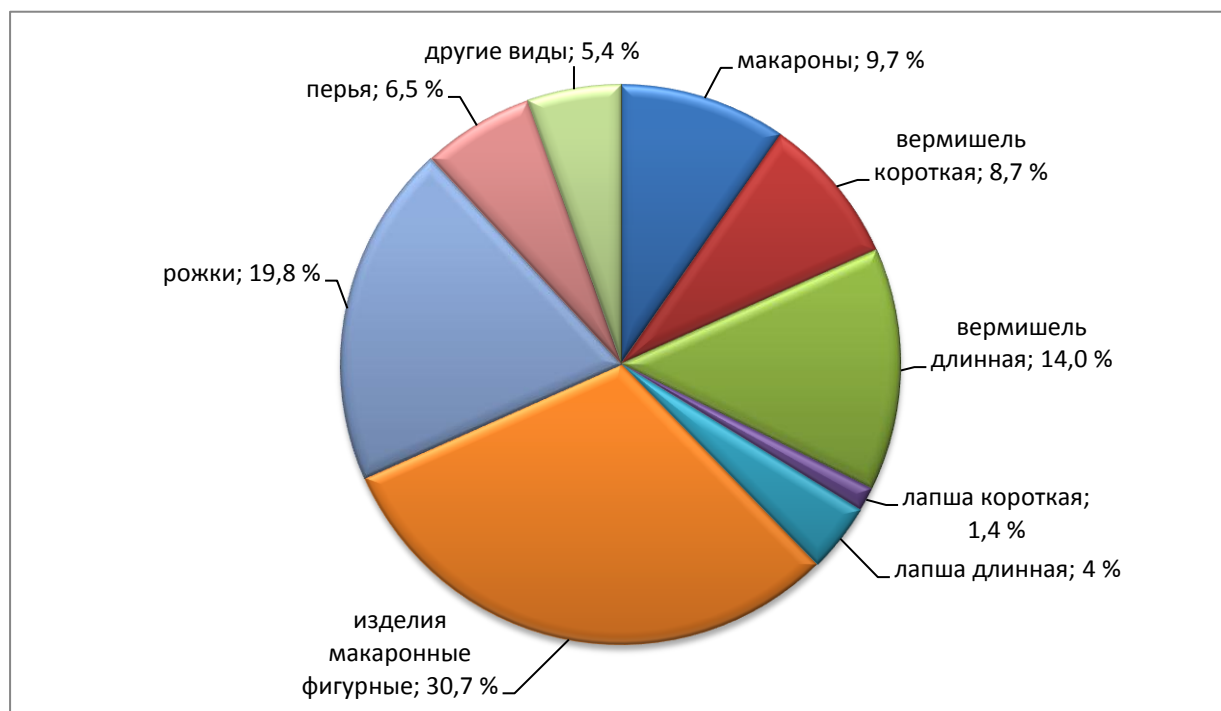


Рис. 1. Производство макаронных изделий, не подвергнутых тепловой обработке, по видам в России в 2016 г. (по данным Росстата)

Основными тенденциями развития производства макаронных изделий являются:

1) совершенствование технологии основных этапов производства: замеса и формования теста, сушки макаронных изделий. Так, например, внедряются новые материалы для изготовления матриц макаронных прессов, разрабатываются прогрессивные методы высокотемпературных режимов формования и сушки;

2) стремление к сокращению времени кулинарной обработки сухих изделий – производство быстро разваривающихся и не требующих варки макарон;

3) расширение ассортимента продукции за счет выпуска:

а) изделий лечебного питания: безглютеновых макарон для больных целиакией, проявляющейся в дефиците ферментов, расщепляющих глютен (клейковину), а также низкобелковых изделий для больных почечной недостаточностью, содержащих менее 1 % белка;

б) изделий функционального назначения, в рецептуру которых введены обогащающие добавки – источники пищевых волокон, незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ.

### **Контрольные вопросы**

- 1.** Назовите достоинства макаронных изделий как продукта питания.
- 2.** Перечислите основные этапы развития производства макаронных изделий в России и Италии.
- 3.** Какие страны являются лидерами по объёму промышленного производства макаронных изделий?
- 4.** Охарактеризуйте структуру импорта и экспорта макаронных изделий в России.
- 5.** Каковы основные тенденции развития производства макаронных изделий?

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Согласно ГОСТ 31743-2017 «макаронные изделия – это пищевой продукт, изготавливаемый из продуктов переработки зерновых и незерновых культур с использованием дополнительного сырья и без него, смешиванием с водой, при дальнейшем формовании и высушивании различными способами» [5].

Макаронные изделия содержат большое количество углеводов; кроме того, их пищевая ценность обусловлена наличием в составе белков, витаминов (тиамина, рибофлавина, ниацина), а также макроэлементов (калия, магния, фосфора) (табл. 1). В макаронных изделиях с добавками яичных и молочных продуктов на 15 - 20 % увеличивается содержание белка, на 20 - 30 % – метионина, лизина, триптофана [6]. Овощные добавки (томаты, шпинат, морковь) влияют не только на цвет готового продукта, но и способствуют улучшению минерального состава.

Таблица 1. Пищевая и энергетическая ценность макаронных изделий из муки твердой пшеницы на 100 г продукта [6]

Продукт	Белок г	Жиры г	Угле- воды, г	Энерге- тическая ценность, ккал	К, мг	Mg, мг	P, мг	B <sub>1</sub> , мг	B <sub>2</sub> , мг	PP, мг
Макароны из муки высшего сорта	11,0	1,3	70,5	338	123	16	87	0,17	0,04	1,2
Макароны яичные	11,3	2,1	69,6	342	132	17	106	0,17	0,08	1,2
Макароны из муки 1 сорта	11,2	1,6	68,4	333	178	45	116	0,25	0,08	2,2

ГОСТ 31743-2017 также устанавливает характеристики, лежащие в основе классификации макаронных изделий. Деление на группы проводится в соответствии с видом используемого для приготовления сырья: для группы А – это мука твердой пшеницы (ГОСТ 31463-2012), для группы Б – мука мягкой пшеницы для макаронных изделий (ГОСТ 31491-2012), для группы В – мука пшеничная хлебопекарная или общего назначения (ГОСТ 52189-2003). Классификация по сортам основана на величине показателя зольности (рис. 2). Зольность макаронных изделий с дополнительным сырьем (яйцепродукты, сухое молоко, овощные порошки) может изменяться в зависимости от зольности применяемой добавки. Для макаронных изделий, изготовленных с использованием дополнительного сырья, обозначение группы и сорта дополняют одноименным с вносимым сырьем наименованием. Так, например, макаронные изделия группы А из муки высшего сорта с использованием в качестве дополнительного сырья яичного

порошка имеют обозначение «Группа А высший сорт яичные» [5].

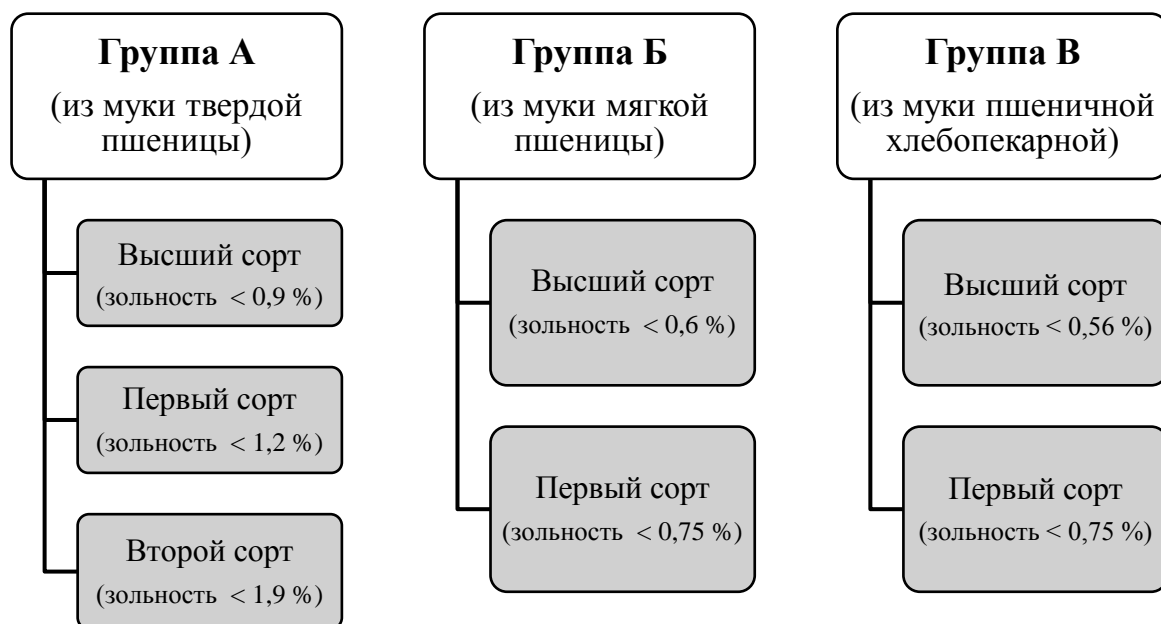


Рис. 2. Классификация макаронных изделий по группам и сортам согласно ГОСТ 31743-2017

Макаронные изделия в зависимости от способа формования классифицируют на следующие виды:

- резаные изделия, тип которых формируется из ленты уплотненного теста ножом;
- прессованные изделия, тип которых формируется путем продавливания через матрицу;
- штампованные изделия, тип которых формируется из ленты уплотненного теста штампом.

По форме макаронные изделия делят на следующие типы:

- трубчатые изделия, имеющие форму изогнутой или прямой трубки (рожки, перья и их аналоги у итальянских производителей – пенне ригате (*penne rigate*), челентани (*cellentani*) и др.);
- нитевидные изделия, сформованные в виде нитей, имеющих форму круга в поперечном сечении (вермишель, капеллини (*capellini*));
- ленточные изделия, сформованные в виде нитей, имеющих форму овала в поперечном сечении (лапша, феттуччине (*fettuccine*), тальятелле ларге (*tagliatelle larghe*));
- фигурные изделия, имеющие форму объемных или плоских фигур (ракушки / конкилье ригате (*conchiglie rigate*), гребешки, бантики / фарфалле (*farfalle*), спиральки / фузилли (*fusilli*) и др.)

Макаронные изделия всех типов выпускают длинными (длиной 200 мм и более) или короткими (длиной менее 200 мм). Длинные макаронные изделия могут быть одинарными (т.е. не иметь изгибов) или двойными гнутыми, а также сформованными в мотки, бантики и гнезда [5].

Органолептические показатели макаронных изделий приведены в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические показатели макаронных изделий

Наименование показателя	Характеристика
Цвет	Соответствующий сорту муки Цвет изделий с использованием дополнительного сырья изменяется в зависимости от вида этого сырья
Форма	Соответствующая типу изделий
Вкус	Свойственный данному изделию, без постороннего вкуса
Запах	Свойственный данному изделию, без постороннего запаха

ГОСТ 31743-2017 «Изделия макаронные. Общие технические условия» введен в действие с 1 января 2019 г. взамен принятого ранее ГОСТ 31743-2012 [7]. Основные изменения по сравнению с ранее действующим стандартом затрагивают физико-химические показатели качества макаронных изделий (табл. 3):

1) введен показатель массовой доли белка в пересчете на сухое вещество, который должен составлять не менее 10,5 % для макаронных изделий группы А;

2) отдельно нормируются показатели массовой доли золы в пересчете на сухое вещество для макаронных изделий с добавками (овощных, яичных) и без них;

3) для изделий группы А содержание муки из мягкой пшеницы должно составлять не более 15 %;

4) для макаронных изделий группы А мелкого формата и нитевидных диаметром до 1 мм увеличен показатель сухого вещества, перешедшего в варочную воду (% , не более) – с 6,0 до 9,0 %.

Определение содержания белка и показателя сухого вещества, перешедшего в варочную воду, проводят согласно ГОСТ 31964-2012 «Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества»; методы определения наличия в макаронных изделиях муки из мягкой пшеницы и зольности (общей золы) установлены в ГОСТ 31750-2012 «Изделия макаронные. Методы идентификации»

Кроме того, в ГОСТ 31743-2017 указано, что допускается вносить в макаронные изделия пищевые добавки в количествах, которые не нарушат выполнение требований ТР ТС 029/2012 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Таблица 3. Физико-химические показатели качества макаронных изделий

Наименование показателя	Норма (ГОСТ 31743-2017)						
	Группа А			Группа Б		Группа В	
	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт
Влажность изделий, %, не более	13	13	13	13	13	13	13
Кислотность изделий, град, не более:							
- томатных	10	-	-	10	-	10	-
- остальных	4	4	5	4	4	4	4
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %, не менее	10,5	10,5	10,5	-	-	-	-
Зола, нерастворимая в 10%-м растворе HCl, %, не более	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %, не более							
овощных, яичных	0,90 1,40	1,20 1,70	1,90 2,40	0,60 1,10	0,75 1,25	0,56 1,10	0,75 1,25
Содержание муки из мягкой пшеницы, %, не более	15	15	15	-	-	-	-
Сухое вещество, перешедшее в варочную воду, %, не более							
для мелкого формата и нитевидных диаметром до 1 мм							
Сохранность формы сваренных изделий, %, не менее	100						
Металломагнитная примесь, мг на 1 кг продукта, не более	3 при размере отдельных частиц не более 0,3 мм в наибольшем линейном измерении						
Наличие зараженности и загрязненности вредителями хлебных запасов	Не допускается						

Влажность макаронных изделий, отправляемых в районы Крайнего Севера и труднодоступные районы, а также морским путем, должна составлять не более 11 %.

Микробиологические показатели макаронных изделий должны удовлетворять требованиям ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [8] (табл. 4).

Таблица 4. Микробиологические показатели качества макаронных изделий

Наименование показателя	Допустимые уровни	Примечания
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в массе продукта, г	25	Макаронны яичные
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^4$	Макаронные изделия с добавками на молочной и растительной основе
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	Макаронные изделия с добавками на растительной основе
<i>S.aureus</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	Макаронные изделия с добавками на молочной основе
Дрожжи и плесени (сумма), КОЕ/г, не более	100	Макаронные изделия с добавками на растительной основе

Таким образом, рассмотренные стандарты на макаронные изделия отражают существующие тенденции в развитии рынка производства данного вида пищевой продукции. Большинство отечественных производителей используют современное, основанное на передовых технологиях оборудование, что позволяет им вырабатывать качественную продукцию, отвечающую требованиям мировых стандартов.

### Контрольные вопросы

1. В чем состоит пищевая ценность макаронных изделий?
2. На какие группы и сорта подразделяются макаронные изделия согласно ГОСТ 31743-2017? На чем основана данная классификация?
3. Как классифицируют макаронные изделия по типам и в зависимости от способа формования?
4. Какие физико-химические показатели качества макаронных изделий контролируют согласно стандарту?
5. Приведите микробиологические показатели качества макаронных изделий.

### 3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ СТАДИЙ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технология производства традиционных макаронных изделий включает следующие основные стадии:

#### 1. *Подготовка сырья*

Цель: подготовка основного сырья (муки и воды) и дополнительного сырья (обогащающих добавок: яичепродуктов, сухого молока, овощных порошков и т.д.) к замесу теста.

Муку просеивают, насыщая тем самым воздухом, очищают от металломагнитных примесей, в случае, если её температура ниже 10 °С, подогревают, смешивают разные партии муки согласно указаниям производственной лаборатории. Воду, используемую для замеса макаронного теста, подогревают в теплообменных аппаратах до температуры, указанной в конкретной технологической инструкции. Жидкие добавки, после оценки качества в лаборатории, растворяют в воде, растворы фильтруют для отделения взвешенных частиц. Меланж размораживают, куриные яйца подвергают тщательной санитарной обработке.

#### 2. *Замес макаронного теста*

Цель: приготовление теста согласно рецептуре для данного вида макаронных изделий.

Ингредиенты вводят в емкость тестомесильного оборудования вручную либо при помощи дозаторов непрерывного или периодического действия. Муку и воду подают в соотношении примерно 3:1. Жидкие добавки вносят вместе с водой. Сухое дополнительное сырье (например, яичный порошок, овощные смеси) дозируют вместе с мукой при помощи ротационных питателей. В процессе интенсивного перемешивания муки и воды происходит увлажнение и набухание частиц муки. Однако в отличие от теста для хлебобулочных изделий, макаронное тесто по окончании замеса представляет собой не однородную массу, а множество увлажненных мелких комков (рассыпчатая структура теста).

#### 3. *Прессование теста (экструзия)*

Цель: уплотнение теста, получение однородно связанной вязкопластичной массы с последующим приданием ей заданной формы.

На производстве уплотнение и прессование макаронного теста осуществляют в шнековом прессе непрерывного действия. Шнек (от нем. Scheneke – улитка), являющийся основным рабочим органом данного типа оборудования, представляет собой стержень, имеющий вдоль продольной оси сплошную винтовую поверхность. При его вращении сыпучая масса теста перемещается вдоль цилиндра пресса к матрице, позволяющей получить изделия заданной формы. Шнек выполняет работу транспортирующего механизма, перемещающего увлажненные тестовые комки и крошки. Частицы теста, тесно соприкасаясь друг с другом, постепенно сжимаются. Происходит уплотнение массы, превращение ее в крутое пластичное тесто.



Экструзия (от лат. *extrusio* – выталкивание) – метод получения изделий посредством продавливания материала в вязком расплавленном виде через формующие отверстия матрицы макаронного пресса. Таким способом получают прессованные изделия. Форма полуфабриката определяется формой отверстий. Так, лапшу производят, используя отверстия прямоугольного сечения, вермишель или спагетти – при помощи отверстий круглого сечения.

Кроме того, согласно ГОСТ 31743-2017 резаные макаронные изделия формируют из ленты уплотненного теста специальными ножами; штампованные изделия – при помощи штампующих устройств.

#### **4. Разделка сырых изделий**

Цель: получение макаронных изделий нужных размеров и подготовка их к сушке.

Сырые изделия нарезают на отрезки необходимой длины. В процессе резки или перед ней сырые изделия интенсивно обдувают воздухом для формирования подсушенной корочки на их поверхности. Это позволяет предотвратить слипание изделий, прилипание их к ножам и сушильным поверхностям, тем самым сокращаются производственные потери. Подготовка к сушке определяется видом вырабатываемого изделия и типом используемого сушильного оборудования. Так, сырые изделия могут раскладывать на специальные сетчатые транспортеры или рамки, либо развешивают на сушильные жерди – бастуны.

Бастуны – это полые алюминиевые трубки длиной 2 - 2,5 м, сплюснутые с боков для придания необходимой жесткости. В торцах трубки закреплены цапфы, с помощью которых бастун опирается на цепи конвейера.

#### **5. Сушка макаронных изделий**

Цель: удаление влаги из полуфабрикатов, закрепление формы изделий, предотвращение развития нежелательных микроорганизмов за счет удаления излишней влаги.

Данная стадия технологического процесса является наиболее длительной. От создания правильных условий сушки зависит прочность готовой продукции и её сохранность. Слишком интенсивная сушка приводит к образованию трещин на поверхности макаронных изделий. Слишком медленная сушка может способствовать закисанию и развитию плесени. Наиболее распространенным способом сушки макаронных изделий на производстве является обдувание нагретым воздухом (конвективная сушка).

#### **6. Охлаждение высушенных изделий**

Цель: снижение температуры макаронных изделий после сушки до температуры воздуха упаковочного отделения.

С точки зрения сохранения качества готовой продукции наиболее предпочтительно медленное охлаждение макарон в специальных камерах или бункерах (так называемых стабилизаторах-накопителях). Если макаронные изделия отправлять на упаковку без охлаждения, то испарение влаги будет продолжаться в упаковке, в результате масса продукции уменьшится. В случае водонепроницаемой упаковки появится конденсат, который является

благоприятной средой для развития посторонней микрофлоры.

После охлаждения проверяют качество макарон, брак удаляют, и затем изделия упаковывают.

#### **7. Упаковывание**

Цель: предохранение макаронных изделий от порчи и обеспечение возможности их транспортировки с сохранением высокого качества.

Готовые изделия упаковывают в различные виды тары на фасовочных автоматах.

8. **Хранение** упакованных макаронных изделий осуществляется в крытых складских помещениях с относительной влажностью воздуха до 70 % и температурой не более 35 °С [1, 5, 9].

### **Контрольные вопросы**

1. Каким образом проводят подготовку сырья при производстве макаронных изделий?
2. С какой целью проводят прессование макаронного теста?
3. Что такое бастуны? Как их используют при производстве макаронных изделий?
4. В чем заключается цель высушивания макаронных изделий? Как проведение данной стадии может повлиять на качество готовой продукции?
5. При каких условиях рекомендуется хранить готовые макаронные изделия?

## 4. ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Основным сырьем при производстве традиционных макаронных изделий являются пшеничная мука и вода.

### 4.1. Пшеница

Физико-химические и биохимические процессы, протекающие в зерне при его созревании, хранении и переработке в муку, формируют основу макаронного производства, оказывая непосредственное влияние на качество готового продукта.

Пшеница – одна из древнейших культур, возделываемых человеком. Она относится к семейству злаковых (лат. *Gramineae*), подсемейству мятликовых (лат. *Pooideae*). Известно около 20 видов пшеницы, наибольшее распространение получили пшеница твердая (*Triticum durum Desf.*) и мягкая (*Triticum aestivum L.*), показатели качества для которых установлены в ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия» [10].

Зерно различных видов пшеницы, как и других злаков, имеет сходный химический состав и состоит из следующих анатомических частей: оболочки, имеющие различное биологическое назначение, алейроновый слой, эндосперм и зародыш, расположенный в нижней части зерна (рис. 3).

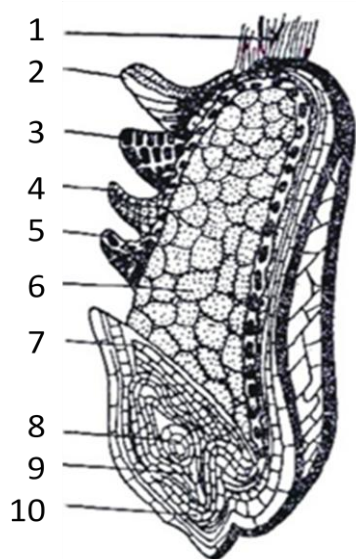


Рис. 3. Продольный разрез зерна пшеницы:

1 - бороздка; 2,3,4 - оболочки (плодовые и семенные); 5 - алейроновый слой; 6 - эндосперм; 7 - щиток; 8 - зародыш; 9 - почечка; 10 - зачаточный корешок.

*Оболочки* делятся на плодовую и семенную. В их состав входят в основном неусвояемые вещества: клетчатка, гемицеллюлозы, а также минеральные вещества и пигменты. Функции оболочек заключаются в защите семени от воздействия внешней среды, механических и химических повреждений. Общая масса оболочек может достигать 9 % массы всего зерна.

*Алейроновый слой* (от греч. αλεύρι – мука) прилегает к семенной оболочке и состоит из одного ряда крупных клеток, в состав которых входит белок – алейрон, а также минеральные вещества и липиды. Эти вещества практически не усваиваются организмом человека, поскольку клеточные стенки алейронового слоя состоят из целлюлозы. Функции алейронового слоя – защитная и запасующая. Масса алейронового слоя составляет 5..7 % от массы зерна.

*Эндосперм* состоит из крупных тонкостенных клеток, заполненных зернами крахмала (более 70 %) и белковыми веществами (10 - 15 %). Эндосперм содержит также сахара, целлюлозу и минеральные вещества. Центральные его части богаты крахмалом, а периферические – белком.

Масса эндосперма достигает 85 % от массы зерна. Эндосперм наиболее важен для производства муки. Ценность белков эндосперма пшеничного зерна состоит в том, что при набухании в воде они образуют эластичную, упругую массу – клейковину, в состав которой входят спирторастворимый глиадин и щелочерастворимый глютенин.

*Зародыш* – зачаток будущего растения, состоящий из почечки, щитка и зачаточного корешка. Он богат белками, сахарами, липидами, витаминами и ферментами. Его масса составляет 2 - 3 % от массы зерна. Зародыш плохо поддается измельчению, поэтому его удаляют при переработке зерна в муку, кроме того, содержащиеся в нем липиды легко подвергаются прогорканию, что может привести к порче муки.

Несмотря на похожее анатомическое строение, зерна твердой и мягкой пшеницы существенно различаются по ботаническим характеристикам и технологическим свойствам. Наиболее типичные формы зерен твердой и мягкой пшеницы представлены на рис. 4.

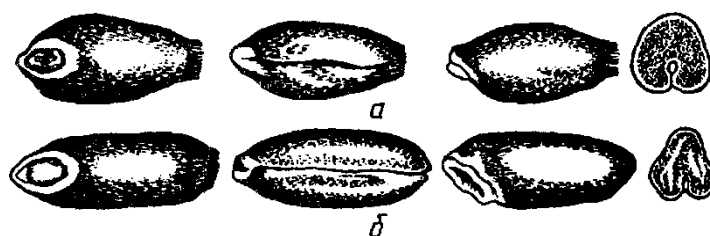


Рис. 4. Зерна мягкой (а) и твердой (б) пшеницы:

1 - вид со спинки; 2 - вид со стороны брюшка; 3 - вид сбоку; 4 - поперечный разрез зерна

Зерна твердой и мягкой пшеницы также различаются по окраске, консистенции эндосперма (стекловидности), степени развитости бороздки и ряду других признаков (табл. 5). Твердая пшеница содержит каротиноиды в количестве до 0,05 мг на 100 г зерна, благодаря чему макаронные изделия имеют привлекательный янтарно-желтый цвет. Данные пигменты практически полностью отсутствуют в мягкой пшенице и в малом количестве (до 0,02 мг/100 г зерна) содержатся в мягкой стекловидной пшенице.

Другим важным отличием является структура эндосперма, крахмалистый или белковый характер которого отражает такой показатель, как стекловидность зерна. Крахмальные гранулы эндосперма соединены между собой белковыми веществами. В эндосперме зерен твердой пшеницы велико содержание белка, прочно связанного с крахмальными гранулами и соединяющего тем самым их в монолитную стекловидную массу. В поперечном разрезе стекловидные зерна напоминают излом стекла, они содержат больше белка, такие зерна дают более сильную муку. Стекловидность твердых пшениц составляет в среднем 90 - 100 % (по ГОСТ 9353-2016 – не менее 70 %). Мучнистые зерна содержат больше крахмала, в поперечном разрезе они непрозрачны, поскольку содержат больше белка, слабо связанного с крахмальными гранулами. Зерна мягкой пшеницы чаще всего бывают полустекловидными или мучнистыми. Продукты помола зерен

рассмотренных видов пшеницы различаются: твердое, стекловидное пшеничное зерно размалывают на крупинки с острыми гранями (макаронная крупка), в то время как мягкое мучнистое зерно, рассыпаясь при размоле на множество отдельных зерен крахмала и белковых включений, дает порошкообразную муку.

Таблица 5. Сравнение зерен твердой и мягкой пшеницы

Признак	Зерно пшеницы	
	твердой	мягкой
Форма зерна	Продолговатая, удлинённая, более ребристая	Овальная, в поперечном разрезе округлая
Величина	Чаще крупное	Средней крупности
Цвет	Янтарно-желтый, реже красный	Белый или красный разных оттенков
Стекловидность	Стекловидная, реже полустеклоидная	Чаще полустеклоидная. мучнистая, реже полностью стеклоидная
Форма зародыша	Продолговатая, выпуклая	Округлый, более или менее вогнутая
Бородка	Отсутствует или едва заметна	Сильно развит, легко различим
Отношение длины к ширине	3:1 или 2:1	2:1

Мягкая пшеница, в отличие от твердой, не требовательна к составу почв и может произрастать в суровых условиях, давая высокий урожай, однако наилучшими макаронными свойствами обладает мука из твердой пшеницы. Именно макаронные изделия группы А (согласно ГОСТ 31743-2017) имеют в сухом виде янтарно-желтый цвет, а в готовом – приятные аромат и вкус, после варки оставляя прозрачную воду, не теряя своей формы и не склеиваясь.

В России пшеница подразделяется на типы, подтипы, классы и сорта. В основу деления на *типы* положены следующие признаки: биологическая форма (озимая или яровая), ботанический вид (мягкая или твердая) и цвет (краснозерная или белозерная). Выделяют 5 типов пшеницы:

- I тип – яровая краснозерная;
- II тип – яровая твердая (дурум);
- III тип – яровая белозерная;
- IV тип – озимая краснозерная;
- V тип – озимая белозерная.

Признаками для деления пшеницы на подтипы являются цвет зерна и его стеклоидность в изломе [1, 11].

## 4.2. Пшеничная мука

Пшеничная мука – это эндосперм зерна, измельченный в порошкообразное (в случае мягкой пшеницы) или крупитчатое состояние (для твердой пшеницы). При помоле оболочки (отруби) и зародыш стараются отделить от зерна, поскольку измельченные темноокрашенные оболочки ухудшают внешний вид муки, а липиды, содержащиеся в зародыше, легко подвергаются прогорканию, что может привести к порче муки. Сорт муки тем выше, чем меньше в ней содержится золы, поскольку зольность эндосперма ниже по сравнению с оболочками и зародышем. Кроме того, более высокие сорта муки получают из центральных частей эндосперма, они содержат больше крахмала, но меньше белковых веществ, сахаров, жиров, витаминов и минеральных веществ, ферментов, сконцентрированных в периферийных частях эндосперма (табл. 6) [1, 6, 12].

Таблица 6. Средний состав пшеничной муки различных видов и сортов (на 100 г) [6]

Наименование показателя	Мука из твердой пшеницы			Мука из мягкой пшеницы	
	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт	Высший сорт	Первый сорт
Вода, г	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Белки, г	11,0	11,1	11,7	10,3	10,6
Жиры, г	1,3	1,5	1,8	1,1	1,3
Моно- и дисахариды, г	2,0	2,3	2,9	0,2	0,5
Крахмал, г	67,7	65,7	62,8	68,7	67,1
Пищевые волокна, г	3,7	5,1	5,6	0,1	0,2
Зола, г	0,5	0,7	1,1	0,5	0,7
Натрий, мг	3	4	6	3	4
Калий, мг	122	176	251	122	176
Кальций, мг	18	24	32	18	24
Магний, мг	16	44	73	16	44
Фосфор, мг	86	115	184	86	115
Железо, мг	1,2	2,1	3,9	1,2	2,1
Тиамин, мг	0,17	0,25	0,37	0,17	0,25
Рибофлавин, мг	0,04	0,08	0,12	0,04	0,08
Ниацин, мг	1,2	2,2	4,5	1,2	2,2

Макаронная крупка (высший сорт) и полукрупка (первый сорт) производятся из твердых и мягких стекловидных пшениц с высоким содержанием клейковины [12]. Согласно ГОСТ 31743-2017, для производства макаронных изделий группы В можно также использовать хлебопекарную муку из мягкой пшеницы (табл. 7).

Таблица 7. Органолептические и физико-химические показатели различных видов и сортов муки, используемых для производства макаронных изделий

Показатель	Мука из твёрдой пшеницы по ГОСТ 31463-2012 [12]		Мука из мягкой стекловидной пшеницы по ГОСТ 31491-2012 [13]		Мука пшеничная хлебопекарная по ГОСТ Р 52189-2003 [14]	
	Высшего сорта (крупка)	Первого сорта (полу-крупка)	Высшего сорта (крупка)	Первого сорта (полу-крупка)	Высшего сорта	Первого сорта
<i>Органолептические показатели</i>						
Цвет	Кремовый с жёлтым оттенком	Светло-кремовый	Белый с жёлтым оттенком	Белый с кремовым оттенком	Белый или белый с кремовым оттенком	Белый или белый с желтоватым оттенком
Запах	Свойственный нормальной муке, без запаха плесени, затхлости и других посторонних запахов					
Вкус	Свойственный нормальной муке, без кислого, горького и других посторонних привкусов					
Содержание минеральной примеси	При разжёвывании муки не должно ощущаться хруста					
<i>Физико-химические показатели</i>						
Влажность, %, не более	15,5	15,5	15,5	15,5	15,0	15,0
Содержание: сырой клейковины, %, не менее	26	28	28	30	28	30
Золы, %, на абс. сухое вещество, не более	0,90	1,20	0,60	0,75	0,55	0,75
Содержание металлопримесей, мг/кг муки, не более	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Заражённость вредителями хлебных запасов	Не допускается					

В пшеничной муке крахмал содержится в виде гранул с размером от 3 до 50 мкм, имеющих сферическую или овальную форму (рис. 5). При добавлении к ним холодной воды они частично набухают, не растворяясь. При нагревании в условиях избытка воды крахмальные зерна набухают, увеличиваясь в объеме, и при температуре 62,5 °С начинается клейстеризация пшеничного крахмала, в результате которой происходит разрыв полисахаридных цепочек с образованием единой гелеподобной массы – клейстера. Однако в условиях макаронного производства, при недостатке влаги крахмал (влажностью около 10 %) даже при нагревании до 90 °С практически не меняет своей структуры. Только 20 % зерен крахмала, имеющих влажность 30 - 32 %, клейстеризуются при нагревании до 70 °С в условиях недостатка воды, остальные 80 % сохраняют свою нативную структуру [1, 15].

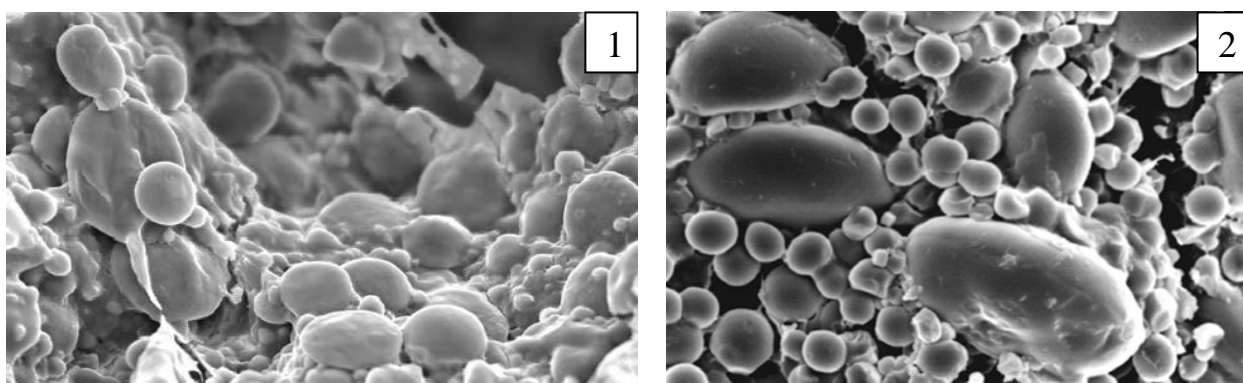


Рис. 5. Гранулы крахмала; изображения получены при помощи сканирующей электронной микроскопии, 1000X [15]:

1 - спагетти из муки твердой пшеницы (*durum semolina*); 2 - эндосперм твердой пшеницы

Макаронные свойства пшеничной муки, а именно её пригодность для получения изделий высокого качества, включают следующие показатели:

- количество и качество клейковины;
- содержание каротиноидных пигментов;
- крупность помола (гранулометрический состав);
- содержание темных вкраплений (частиц оболочек, алейронового слоя и зародыша);
- активность ферментов окислительного действия (липоксигеназы и полифенолоксидазы);
- кислотность муки.

Рассмотрим каждый из этих показателей.



## *Количество и качество клейковины*

Основными белками, входящими в состав пшеничной клейковины, являются глиадин и глютенин. Гидратированный глютенин представляет собой упругую, резинообразную массу. Чрезмерно упругая клейковина в макаронных изделиях приводит к снижению их прочности и избыточному переходу сухих веществ в варочную воду. Глиадин – это неупругая фракция клейковины, способная к сильному растяжению. Необходимо отметить, однако, что чрезмерно растяжимая клейковина приводит к увеличению липкости полуфабрикатов. Таким образом, присутствие глиадина в пшеничной клейковине определяет связанность теста, а глютенин определяет необходимую упругость и эластичность сырых макаронных изделий. Прочносвязанные комплексы глютенина с липидами муки предохраняют каротиноиды от окисления, тем самым сохраняя цвет готовых изделий.

Клейковина в производстве макаронных изделий выполняет следующие функции:

- пластифицирующую, т.е. клейковину можно рассматривать как смазку, придающую текучесть гранулам крахмала. Это свойство позволяет формовать тесто;
- связующую, благодаря которой крахмальные зерна объединяются в единую тестовую массу, что позволяет сохранить форму теста.

Уникальность клейковины также заключается в том, что клейковинный каркас, образованный при прессовании теста и упрочненный при дальнейшей сушке, при варке макаронных изделий в кипящей воде не разрушается, а наоборот, фиксируется, закрепляется в результате денатурации белков клейковины.

Согласно ГОСТ 31463-2012, содержание сырой клейковины в муке из твердой пшеницы высшего и первого сортов должно составлять не менее 28 %. Оптимальным для производства макаронных изделий считается содержание клейковины в муке 28-32 %. При содержании сырой клейковины в муке менее 28 % снижается прочность сваренных макаронных изделий, значительно возрастает степень слипаемости и потери сухих веществ в варочную воду. Это обусловлено тем, что содержания клейковины недостаточно для прочного соединения и удерживания клейстеризующихся зерен крахмала. При содержании клейковины в муке более 40 % (на практике такая мука встречается редко) для приготовления изделий требуется больше времени, а сами они приобретают резиноподобную консистенцию.

Содержание клейковины в исходной муке также определяет белковую ценность макаронных изделий. Так, согласно ГОСТ 31743-2017, для макарон группы А массовая доля белка в пересчете на сухое вещество должна составлять не менее 10,5 %.

### *Содержание каротиноидных пигментов*

К основным каротиноидам пшеничной муки относятся ксантофилл (в среднем его доля достигает 90 % от общего количества пигментов), эфиры ксантофилла и  $\beta$ -каротин (в сумме до 10 %). Каротиноиды придают макаронным изделиям янтарно-желтый цвет.

Молекулы каротиноидов за счет содержания большого количества двойных связей легко окисляются под действием прямых солнечных лучей, а также в случае высокой активности фермента липоксигеназы в присутствии кислорода воздуха и влаги. Поэтому для предотвращения обесцвечивания макаронных изделий необходимо соблюдать условия хранения и контролировать активность ферментов муки.

### *Крупность помола (гранулометрический состав)*

Макаронная мука существенно отличается от хлебопекарной. Она имеет крупитчатую структуру, размеры частиц колеблются от 200 до 400 мкм. Размер частиц муки оказывает значительное влияние на ее водопоглотительную способность, и, следовательно, на физические свойства уплотненного теста и полуфабрикатов. При уменьшении размера частиц муки пластичность теста снижается, а его прочность, наоборот, повышается. Мука с размером частиц 400-500 мкм медленнее поглощает воду и дает слишком пластичное тесто. Оптимальное соотношение пластичности и прочности имеет тесто при размерах частиц от 200 до 350 мкм. Крупка с такими размерами частиц в наибольшей степени подходит для производства макаронных изделий.

### *Содержание темных вкраплений (частиц оболочек, алейронового слоя и зародыша)*

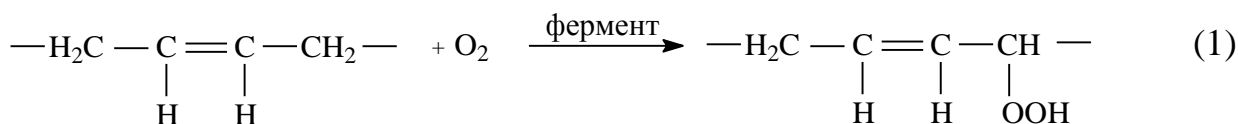
Частицы оболочек, алейронового слоя и зародыша, присутствующие в муке, ухудшают внешний вид макаронных изделий. Наличие в муке значительного количества периферийных частей зерна может также свидетельствовать о повышенном содержании аминокислот и ферментов, в частности, тирозина, фенилаланина и полифенолоксидазы, участвующих в процессе потемнения макаронных изделий (образования меланинов) во время сушки. Поэтому для производства качественных макаронных изделий необходимо использовать муку высшего сорта, получаемую из центральных частей эндосперма.

### *Активность ферментов окислительного действия (липоксигеназы и полифенолоксидазы)*

Несмотря на то, что ферменты содержатся в муке в сравнительно небольших количествах, они влияют на протекание важных биохимических

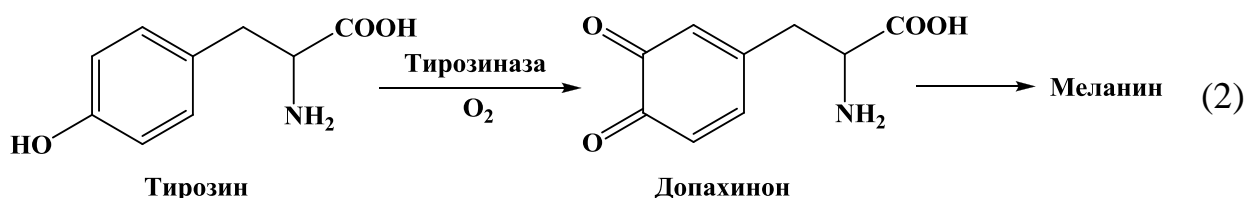
процессов, происходящих при производстве и хранении макаронных изделий.

Фермент липоксигеназа в присутствии кислорода воздуха и воды катализирует окисление ненасыщенных жирных кислот и каротиноидов с образованием реакционноспособных перекисей и гидроперекисей (уравнение 1), склонных к дальнейшему окислению:



В результате этих процессов мука может обесцветиться при хранении в неблагоприятных условиях. Однако при производстве макаронных изделий каротиноидные пигменты не разрушаются, поскольку с самого начала замеса теста они образуют прочные комплексы с белками, что предохраняет пигменты от ферментативного окисления. Поэтому макаронные изделия из твердой пшеницы сохраняют желтый оттенок даже при хранении в прозрачной упаковке из полимерных материалов.

Мука, применяемая в производстве макаронных изделий, не должна содержать в значительных количествах свободные аминокислоты и не должна иметь активную полифенолоксидазу (тирозиназу), представляющую собой фермент класса оксидаз, катализирующий в присутствии кислорода и воды окислительное разложение тирозина с образованием темноокрашенных соединений – меланинов (уравнение 2):



В результате этого нежелательного процесса макароны из твердой пшеницы приобретают коричневый оттенок, а из муки мягкой пшеницы – серый.

#### *Кислотность муки*

Согласно ГОСТ 31463-2012, кислотность муки высшего и первого сортов из твердой пшеницы не должна превышать 3 град, второго сорта – не более 5 град. Кислотность муки из мягкой пшеницы должна составлять не более 4 град. При непрерывном технологическом процессе кислотность муки равна кислотности макаронных изделий. Однако простые оборудования могут привести к закисанию теста. Повышенная кислотность макаронных изделий снижает срок их хранения и потребительские свойства в целом. Поэтому перед использованием муки в макаронном производстве необходимо проверять её кислотность [1, 11, 12].

### 4.3. Вода

Вода должна быть прозрачной, бесцветной, без посторонних привкусов и запахов, не содержать органических примесей и взвешенных частиц, соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» и ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества». Гигиенические требования включают следующие показатели: вода должна быть безопасна в эпидемиологическом отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

По микробиологическим и физико-химическим показателям вода должна отвечать СанПин 2.1.4.1074-01. Вода не должна содержать ионы  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$ , токсичные металлы и неметаллы (например, свинец, кадмий, барий, ртуть, селен, мышьяк и др.) в концентрациях, превышающих предельно допустимые (ПДК). Жесткость воды выражается в виде суммы миллиграмм-эквивалентов ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , содержащихся в 1 л воды.

По степени жесткости вода делится следующим образом:

- очень мягкая – менее 1,5 мг-экв/л;
- мягкая – 1,5...3,0 мг-экв/л;
- умеренно жесткая – 3,0...6,0 мг-экв/л;
- жесткая – 6,0...9,0 мг-экв/л;
- очень жесткая – более 9,0 мг-экв/л [16, 17].

Вода характеризуется общей жесткостью. Для замеса макаронного теста можно использовать воду любой жесткости. Однако для обогрева водяных калориферов необходимо использовать только мягкую воду, с целью предотвращения образования накипи, которая приводит к снижению теплопроводности труб.

### Контрольные вопросы

1. Из каких анатомических частей состоит зерно пшеницы? Какие из них удаляют при сортовом помоле?
2. Назовите основные различия между зернами твердой и мягкой пшеницы?
3. Что характеризует такой показатель как стекловидность зерна? Чем стекловидные зерна пшеницы отличаются от мучнистых?
4. Какие физико-химические показатели контролируют для муки согласно стандартам?
5. Почему при производстве макаронных изделий крахмал пшеничной муки клейстеризуется не полностью?
6. Какие показатели характеризуют макаронные свойства пшеничной муки?
7. Что представляет собой клейковина пшеничной муки, какие функции она выполняет?
8. Какие ферменты содержатся в пшеничной муке? Как они могут повлиять на качество макаронных изделий?

## 5. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ

К *дополнительному сырью* относят сырье, применяемое для обеспечения специальных органолептических и физико-химических свойств макаронных изделий. Используются следующие виды дополнительного сырья:

- обогащающие добавки – сырье, используемое в процессе изготовления макаронных изделий для повышения их пищевой ценности;
- пищевые добавки, т.е. природные или искусственные вещества и их соединения, специально вводимые в макаронные изделия в процессе их изготовления с целью придания им определенных свойств и/или сохранения качества макаронных изделий; как правило, с этой целью используются различные улучшители муки и вкусоароматические добавки [1].

Согласно ГОСТ Р 54656-2011 «Изделия макаронные с обогащающими добавками. Общие технические условия» при производстве макаронных изделий используют следующее дополнительное сырье:

- яйца куриные пищевые по ГОСТ Р 31654-2012;
- продукты яичные жидкие и сухие пищевые по ГОСТ Р 30363-2013;
- молоко сухое по ГОСТ Р 52791-2007;
- мука соевая дезодорированная по ГОСТ 3898-56;
- крупа гречневая по ГОСТ 55290-2012;
- продукты томатные консервированные по ГОСТ Р 54678-2011;
- овощи сушеные по ГОСТ 32065-2013;
- мука кукурузная по ГОСТ 14176-69;
- ржаная мука по ГОСТ 7045-2017;
- минерально-витаминный комплекс по ГОСТ Р 57106-2016;
- отруби пшеничные по ГОСТ 7169-2017 и ржаные по ГОСТ 7170-2017;
- мука для продуктов детского питания овсяная, рисовая и гречневая по ГОСТ 31645-2012;
- морская капуста по ГОСТ 31583-2012.

Кроме того, допускается использование других видов дополнительного сырья, в т.ч. импортного, которое должно отвечать требованиям соответствующих стандартов.

Согласно требованиям ГОСТ Р 54656-2011 обогащенными белком считаются макаронные изделия, содержащие не менее 15 % данного нутриента. Макароны, обогащенные пищевыми волокнами, должны содержать их не менее 6 %. Макароны, в рецептуру которых введены витаминные и/или минеральные премиксы, можно рассматривать как обогащенные изделия, только при содержании в 50 г продукта не менее 15 % и не более 50 % от суточной нормы физиологической потребности в витаминах и/или минеральных веществах [18].

Среди всего многообразия обогащающего сырья для макаронных изделий особый интерес представляют различные виды муки: ржаная, гречневая, рисовая, овсяная, в том числе и из цельнозернового зерна, а также

мука из бобовых и клубневых культур.

Макаронные изделия с добавкой ржаной обдирной или обойной муки содержат большее количество витаминов: тиамина ( $B_1$ ), рибофлавина ( $B_2$ ) и ниацина (PP), углеводов, в том числе пищевых волокон, а также отличаются более сбалансированным аминокислотным составом по сравнению с макаронами исключительно из пшеничной муки.

Гречневая мука, помимо крахмала, белков и липидов, содержит минеральные элементы (Mg, P, K, Fe), витамины ( $B_1$ ,  $B_2$ ) и пищевые волокна, а также ценные антиоксиданты, например, рутин (от 6 до 30 мг/100 г, в зависимости от обработки гречневой муки), который играет важную роль в снижении развития сосудистых заболеваний, способствуя повышению прочности капилляров. Белки гречихи имеют высокую биологическую ценность благодаря хорошо сбалансированному аминокислотному составу, отличающемуся более высоким содержанием лизина и аргинина по сравнению с белками пшеницы [19].

Дополнительным источником незаменимых аминокислот считается мука из нута и сои, которые вводят в рецептуры макаронных изделий функционального назначения. В частности, содержание белка в сое ( $\approx 40\%$ ) выше, чем у других бобовых культур (в среднем около 20-30%) или злаков (от 8 до 15%). Соевый белок имеет наиболее оптимальный аминокислотный состав по сравнению с другими растительными белками.

Муку из гороха, чечевицы, нута и обезжиренную соевую муку рекомендуют вносить в рецептуры макаронных изделий в количестве до 10% от массы муки твердой пшеницы. При этом, помимо оптимизации аминокислотного состава, наблюдается увеличение твердости готовой продукции и интенсивности её окраски. Более высокие дозировки нежелательны из-за возрастания агрегации частиц, что затрудняет работу шнекового пресса; кроме того, введение их в большом количестве увеличивает слипаемость изделий и потери сухих веществ при варке [20].

Перечисленные обогащающие добавки также являются источником пищевых волокон, которые оказывают положительное влияние на здоровье человека благодаря следующим функциям: стимуляции перистальтики кишечника, адсорбции некоторых токсичных компонентов, участию в обмене желчных кислот. Кроме того, пищевые волокна служат питательной средой для развития полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Установлено, что пищевые волокна сои, ржи, гречневой крупы, кукурузы, овса и других культур при их введении в рецептуры макаронных изделий в количестве до 30% от массы пшеничной муки способствуют уменьшению калорийности продукта, улучшению структуры и варочных свойств изделий [20, 21].

В последние несколько десятилетий другая группа макаронных изделий – без глютена (Gluten Free) или безклейковинных – потребляется не только больными целиакией, проявляющейся в дефиците ферментов, расщепляющих глютен (клейковину), но и людьми, которые хотят исключить продукты на основе глютена из своего рациона в профилактических целях.

Согласно ГОСТ 32908-2014 «Изделия макаронные безглютеновые. Общие технические условия» «безглютеновые макаронные изделия – это продукты специального назначения с содержанием глютена не более 20 мг/кг, изготовленные из рисовой и/или кукурузной, и/или гречневой муки, и/или крахмала, и воды, в том числе с использованием дополнительного сырья» [22].

В макаронах без клейковины главной проблемой является её замена, поскольку данный комплекс белков играет важную технологическую роль в производстве макаронных изделий (так называемый клейковинный каркас, определяющий форму и структуру продукции). В результате ключевым компонентом при производстве безглютеновых макаронных изделий становится крахмал, поскольку реорганизация его макромолекулярной структуры обеспечивает хорошую текстуру и общее качество продукции. Изменения в организации молекул крахмала с помощью различных технологических приемов должны привести к созданию трехмерной структуры, способной имитировать вязкоупругие свойства клейковины, что подразумевает высокую степень клейстеризации и ретроградации, которая отвечает за стабилизацию формы [20, 23].

### **Контрольные вопросы**

- 1.** С какой целью дополнительное сырьё вводят в рецептуру макаронных изделий?
- 2.** Приведите примеры дополнительного сырья, используемого для производства макарон.
- 3.** Какое влияние на пищевую ценность макаронных изделий оказывает ржаная и гречневая мука?
- 4.** Использование каких ингредиентов позволяет получить макаронные изделия со сбалансированным аминокислотным составом?
- 5.** Какие макаронные изделия относят к безглютеновым? Каким образом удается достичь снижения содержания глютена при их производстве, сохранив при этом требуемую форму и структуру продукции?

## 6. ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПРОИЗВОДСТВУ

Всё сырьё, как основное, так и дополнительное, поступающее на макаронное производство, должно удовлетворять по качеству требованиям соответствующих нормативных документов, что устанавливается при его анализе в производственной лаборатории.

### *Хранение муки*

Мука на предприятия по производству макаронных изделий доставляется, как правило, автотранспортом. Её перевозят в мешках (тарным способом) или в автомуковозах (бестарным способом). Соответственно, различают два способа хранения муки на предприятиях: хранение в мешках (тарный способ) на складе и хранение муки в специальных силосах или бункерах (бестарный способ).

Каждую партию муки, под которой понимают любое количество однородной по качеству муки, после анализа её качества снабжают штабельным ярлыком. В нем указывают сорт муки, номер накладной, массу партии, число мешков, дату поступления на предприятие, показатели ее качества, предусмотренные стандартом.

При бестарном хранении муки её перекачивают аэрозольтранспортом в силосы для хранения по сортам. Работу аэрозольтранспорта обеспечивает компрессорная станция, перемещение муки в трубах осуществляется при помощи регулируемой подачи сжатого воздуха. Склады бестарного хранения могут располагаться в отдельном здании или в производственном помещении.

Склад тарного хранения муки должен быть сухим, отапливаемым, с хорошей вентиляцией. Температура воздуха на складе зимой должна быть не ниже +8 ... +12 °С при относительной влажности воздуха не более 60-65 %. Температура воздуха на складе в летнее время должна составлять не более 25 °С при относительной влажности воздуха не более 70 %. При неблагоприятных условиях хранения – повышении температуры муки до 30 - 35 °С и высокой влажности ускоряются процессы «дыхания» муки и жизнедеятельности микроорганизмов; происходит самосогревание муки иногда до 50 °С в массе сырья. В результате появляются такие отрицательные изменения качества, как посторонние запахи и привкусы, потемнение муки и появление плесени. Такую муку нельзя использовать в производстве. Для предотвращения заражения муки вредителями необходимо соблюдать правила транспортирования и хранения, проверять зараженность поступающей муки, содержать складские помещения в чистоте.

*Подготовка муки* к производству состоит из смешивания, просеивания, магнитной очистки и взвешивания.

*Смешивание муки.* Различные партии муки одного и того же сорта смешивают в определенном соотношении для улучшения какого-либо показателя качества одной партии за счет другой, у которой этот показатель



выше. Рецептуру смешивания составляет лаборатория на основании анализов муки. За основу принимают цвет муки, содержание золы или содержание клейковины. *Просеивание муки* проводят для отделения случайных примесей, отличающихся от частиц муки большими размерами, а также для насыщения муки кислородом. *Магнитную очистку* муки проводят для отделения от муки металломагнитных примесей при помощи постоянных магнитов, которые обычно располагают на пути движения муки в двух точках: после просеивания и непосредственно перед дозатором муки макаронного пресса. *Взвешивание муки* необходимо для учета количества сырья, передаваемого со склада или из силосов в производство. Для этого применяют порционные автоматические весы на стадии, когда мука поступает к прессам через промежуточные бункеры.

*Вода* при необходимости хранится в емкостях-баках, из которых затем направляется в специальные дозаторы. Также на предприятиях предусмотрены нагреватели для подогрева воды до нужной температуры согласно технологическим инструкциям.

#### *Хранение и подготовка к производству дополнительного сырья*

*Яйца.* Яйца куриные пищевые в зависимости от сроков хранения подразделяются на диетические и столовые. К диетическим относятся яйца, срок хранения которых не превышает 7 суток, а к столовым – срок хранения которых при температуре от 0 до 20 °С составляет не более 25 суток со дня сортировки, а также хранящиеся при температуре от 0 до -2 °С не более 90 суток. Яйца хранят при относительной влажности воздуха 85-88 % в сухих, чистых и хорошо вентилируемых помещениях.

Для предотвращения попадания бактерий яйца перед употреблением дезинфицируют, а затем промывают водой. Яйца обрабатывают в специальных моечных ваннах, состоящих из нескольких секций, путем замачивания в теплой воде с температурой 40-45 °С, в 2 %-м растворе хлорной извести, а затем в 2 %-м растворе питьевой соды по 5-10 минут, после чего ополаскивают проточной водой. Затем обработанные яйца разбивают по 3-5 штук на специальных ножах в отдельную посуду, после проверки яичной массы на запах и внешний вид её переливают в общую посуду через сито.

*Яичный порошок* (сухой меланж), сухой яичный желток на предприятие поступают упакованными в пакеты из комбинированного материала на полиэтиленовой или бумажной основе, а также в металлических банках. Сухие яичные продукты хранят при температуре не более 20 °С и относительной влажности воздуха не более 75 % в течение 6 месяцев, при температуре не более 4 °С – не более 24 месяцев со дня выработки. Этот продукт гигроскопичен и быстро портится под влиянием влаги, света и воздуха.

Яичный порошок смешивают примерно с равным количеством воды температурой 40-45 °С до сметанообразной консистенции. Затем смесь выливают в бак установки для подготовки добавок. Полученную эмульсию

тщательно перемешивают до и во время её подачи в тестомесильную емкость макаронного пресса.

*Яичный меланж* представляет собой освобожденную от скорлупы замороженную при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  смесь яичных белков и желтков в естественной пропорции. Меланж поступает на предприятия расфасованным в банки из белой жести по 5 или 10 кг, которые упаковывают в деревянные ящики.

Жидкие охлажденные яичные продукты (с температурой в толще от 0 до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) хранят при температуре от 0 до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более 24 часов.

Жидкие замороженные яичные продукты хранят при температуре не выше  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более 15 месяцев.

Перед употреблением банки с меланжем тщательно моют, а затем размораживают, помещая закрытые банки в ванну с теплой водой (с температурой  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на 2-3 ч. Затем тару вскрывают, меланж процеживают через сито с отверстиями не более 3 мм. После оттаивания меланж можно хранить не более 4 ч.

*Сухое молоко* цельное или обезжиренное на предприятия поступает упакованным в пакеты из комбинированных материалов, в бумажные мешки с полиэтиленовыми вкладышами, в металлические банки или пакеты из алюминиевой фольги. Сухое молоко в таре хранят при температуре не более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не выше 85 % не более 8 месяцев со дня выработки.

*Сухой молочный пищевой белок* упаковывают в многослойные бумажные мешки с полиэтиленовыми вкладышами по 20-30 кг. Хранят при температуре не более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не выше 70 % до 6 месяцев.

Сухое молоко и молочный пищевой белок перед использованием разводят водой с температурой  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в соотношении примерно 1:10, тщательно перемешивают и оставляют для набухания примерно на 0,5-1 ч. В случае необходимости полученную жидкость фильтруют.

*Концентрированные томатные продукты* (томатное пюре и пасту) на предприятия поставляют упакованными в стеклянные банки, металлические банки с эмалевым или лаковым покрытием, в алюминиевые тубы, а также в тару из полимерных и комбинированных материалов.

Томатные продукты сохраняют свое качество при следующих условиях хранения в зависимости от тары:

- в стеклянных банках и в металлических банках с эмалевым покрытием (при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 75 %) – не более 3 лет;

- в металлических банках с лаковым покрытием, полимерной таре, таре из комбинированных материалов, контейнерах-цистернах (при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 75 %) – не более 1 года;

- в алюминиевых тубах (при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 75 %) – не более 6 месяцев.

Перед вскрытием тару с концентрированными томатными продуктами тщательно протирают или моют. Пасту или пюре растворяют в теплой воде температурой 55-65 °С, раствор при необходимости фильтруют.

*Сушеные овощи* (морковь, зеленый горошек, сельдерей и др.) поставляют на предприятия в нарезанном или порошкообразном виде. Сушеные овощи хранят в сухих, вентилируемых помещениях при температуре не выше 25 °С и относительной влажности не более 75 % со дня изготовления не более 12 мес. При производстве макаронных изделий сушеные порошкообразные овощи смешивают с мукой или предварительно растворяют в небольшом количестве теплой воды с температурой 30 °С.

*Муку* соевую дезодорированную, ржаную, овсяную, рисовую, гречневую хранят в крытых складских помещениях, а также в емкостях бестарного хранения муки не более 6 месяцев при температуре воздуха не выше 20 °С и относительной влажности не более 70 %. Хранение муки данных видов вместе с товарами и продуктами, имеющими специфический запах, не допускается. Подготовка муки различных видов проводится аналогично подготовке пшеничной муки, включая очистку от примесей и металломагнитных частиц, просеивание, взвешивание.

*Витаминные и витаминно-минеральные премиксы* хранят в сухих, чистых помещениях, защищенных от прямых солнечных лучей, при температуре не выше 20 °С и относительной влажности воздуха не более 70 %. Срок годности устанавливает предприятие-изготовитель.

Упаковку с витаминами вскрывают только перед составлением витаминной смеси или непосредственно перед внесением витаминов в тесто. Витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР термоустойчивы и в используемых количествах (5 - 10 % от массы муки) хорошо растворимы, поэтому их можно растворять в воде любой температуры непосредственно в баках для подготовки добавок [1, 9].

### **Контрольные вопросы**

1. Какие требования предъявляются к хранению муки?
2. Каким образом осуществляется подготовка муки к производству?
3. Назовите виды яичных продуктов, используемые в производстве макаронных изделий. Как осуществляют их подготовку к производству?
4. Перечислите условия хранения концентрированных томатных продуктов.
5. Укажите требования к хранению и подготовке витаминно-минеральных препаратов, используемых для обогащения макаронных изделий.

## 7. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПРЕССОВАНИЕ МАКАРОННОГО ТЕСТА

### 7.1. Рецепттура и типы замесов макаронного теста

Рецептура макаронного теста – это совокупность сведений об основном и дополнительном сырье, его базисной влажности и количественном соотношении из расчета на 100 кг основного сырья для изготовления макаронных изделий.

Макаронное тесто – это рецептурная смесь, вымешенная до однородной комковатой или крошкообразной структуры, влажность и температура которой соответствуют цели и условиям изготовления макаронных изделий.

Макаронное тесто отличается от других тестовых масс пищевого назначения по своему составу и способу приготовления. Основными его компонентами являются мука и вода. При замесе макаронного теста добавляют примерно половину воды, которую могут поглотить основные химические компоненты муки – крахмал и белки. Макаронное тесто после замеса представляет собой сыпучую массу увлажненных комков и крошек. Связанное пластичное тесто получается из этой сыпучей массы после дальнейшей доработки – уплотнения ее под большим давлением в шнековой камере макаронного пресса.

При изготовлении макаронных изделий с добавками в рецептуре замеса теста указывается также дозировка добавок. Существуют нормы расхода яичных, молочных, овощных и витаминных добавок на 100 кг муки влажностью 14,5 %. Ассортимент макаронных изделий с добавками может быть расширен за счет использования новых видов добавок, повышающих пищевую или биологическую ценности макаронных изделий и их вкусовые качества; дающих определенный технологический или экономический эффект; не ослабляющих в значительной степени структуру изделий и разрешенных для использования в пищевой промышленности. Нормы расхода витаминов определяются, исходя из суточной потребности в них организма человека. Однако при использовании витамина В<sub>2</sub> в количестве 2 - 4 г на 100 кг муки макаронные изделия получают непривлекательного лимонно-зеленоватого цвета. Поэтому витамин В<sub>2</sub> целесообразно вносить только при изготовлении изделий из хлебопекарной муки (не витаминизированной на мукомольном заводе) или из продуктов помола мягкой стекловидной пшеницы и в меньшем количестве, а именно 1 - 2 г на 100 кг муки. В этом случае макаронные изделия имеют цвет, схожий с цветом изделий из продуктов помола твердой пшеницы.

В макаронном производстве в зависимости от ряда факторов используют несколько типов замеса теста (рис. 6).

Выбор того или иного типа замеса по влажности зависит от сорта муки, количества и качества клейковины, крупности помола, вида сушильной поверхности, материала матрицы, формы изделий. При использовании муки с низким содержанием клейковины желателен мягкий замес, а если клейковина муки липкая, тянущаяся – твердый. При изготовлении

коротких изделий и макарон с кассетной сушкой для предотвращения слипания изделий между собой во время сушки лучше применять твердый или средний замес.



Рис. 6. Классификация типов замеса макаронного теста в зависимости от влажности и температуры добавляемой воды [24]

При производстве длинных изделий с подвесной сушкой (на бастунах) для придания изделиям большей пластичности, исключающей растрескивание сырых изделий в местах перегиба на бастунах, применяют средний или мягкий замес. Мягкий замес применяют для гибких изделий с фигурной укладкой (в моток, бантик, гнездо), а твердый – для штампованных изделий сложной формы.

Тип замеса по температуре выбирают в зависимости от качества муки и формы изделий. Теплый тип замеса наиболее распространен в макаронном производстве, его применяют для муки нормального качества с содержанием клейковины не менее 28 %. На теплой воде процесс замеса происходит быстрее, чем на холодной. Если в производстве перерабатывается мука с пониженным содержанием клейковины, рекомендуется использовать воду с температурой 30-40 °С. Холодный замес применяют для муки со слабой клейковиной и при низком её содержании, при наличии теплой муки (в летнее время) или при формовании изделий сложной формы для получения очень вязкого и упругого теста. Горячий замес применяют для муки твердой пшеницы для макаронных изделий с содержанием клейковины более 38 % и чрезмерно упругой. При замесе теста с яичными или молочными добавками необходимо использовать воду с температурой не выше 40-45 °С.

На стадии замеса макаронного теста рекомендуется проводить его вакуумирование; цель данной операции заключается в удалении воздуха из

теста. Это позволяет получить тесто более плотной структуры, в результате при формировании теста прочность сырых изделий повышается в среднем на 40 %, а прочность сухих изделий – в среднем на 20 %. Вакуумированные изделия отличаются гладкой поверхностью, более ярким желтым цветом, лучшими прочностными (сокращается доля крошки) и варочными свойствами: количество сухих веществ в варочной воде снижается, изделия более устойчивы к слипанию, лучше сохраняют форму при варке.

Для вакуумной обработки одна из камер тестосмесителя, либо часть шнековой камеры герметично закрывается. Вакуум создается с помощью вакуумного насоса. При увеличении длительности вакуумирования, давления прессования или при уменьшении остаточного давления в зоне вакуума содержание воздуха в тесте уменьшается. Установлено, что содержание воздуха меньше в тесте из муки твердой пшеницы для макаронных изделий, чем в хлебопекарной. Оптимальным режимом считается режим вакуумирования при остаточном давлении не более 10-40 кПа в течение не менее 7 мин [1, 11, 25].

## **7.2. Процессы, протекающие при приготовлении макаронного теста**

Замес теста представляет собой смешивание сырья, входящего в рецептуру макаронного теста. В результате этого смешивания происходят глубокие физико-химические изменения главных компонентов муки: крахмала и белков. При приготовлении макаронного теста протекают биохимические, коллоидные и физические процессы.

Главную роль при приготовлении макаронного теста играют физические и коллоидные процессы. Основные компоненты муки белок и крахмал обладают различной водопоглотительной способностью. Взаимодействие воды с крахмалом и белком протекает в два этапа:

- На первом этапе происходит адсорбционное связывание воды. В результате на поверхности частиц муки образуются тончайшие водяные пленки. Количество воды, связываемой адсорбционно, невелико. Процесс смачивания сопровождается выделением тепла.

- На втором этапе происходит впитывание воды частицами муки. На этом этапе имеет место поглощение воды под действием осмотического давления (осмотическое связывание влаги).

При температурных условиях получения макаронного теста его крахмальная составляющая обладает слабой способностью к набуханию. Крахмальные зерна удерживают влагу в основном своей поверхностью, т.е. адсорбционно. Клейковина достигает максимума набухания в интервале температуры от 20 до 30 °С, при более высоких температурах ее набухаемость снижается. Набухание муки при замесе макаронного теста обусловлено в основном способностью клейковины к гидратации. Клейковина муки мягкой пшеницы набухает быстро, но поглощает меньше воды. Клейковина муки твердой пшеницы, наоборот, набухает медленно, но поглощает больше воды.

Макаронное тесто после замеса представляет собой трехфазную дисперсную систему:

- Твердой дисперсной фазой являются увлажненные крахмальные зерна и остатки мучных крупок.
- Дисперсионной средой является пластифицированная клейковина.
- Третьей – газообразной фазой являются включения воздуха, захваченные при замесе.

Эта трехфазная гетерогенная система обладает способностью уплотняться и упрочняться. Степень этого уплотнения зависит от режима замеса. Режим замеса макаронного теста характеризуется двумя параметрами: интенсивностью (частотой вращения месильного органа) и продолжительностью замеса. Интенсивный замес приводит к упрочнению структуры макаронного теста за счет более плотной упаковки частиц твердой фазы в дисперсионной среде и повышения адгезионной способности клейковины, которая прочнее склеивает частицы твердой фазы. Усиление механического воздействия на тесто приводит к увеличению водопоглотительной способности клейковины. Процесс созревания макаронного теста ускоряется. Чрезмерная механическая обработка вызывает ослабление упруго-вязких свойств макаронного теста из-за частичного разрушения белковой структуры (механической деструкции клейковины). Тесто из муки твердой пшеницы для макаронных изделий требует большей продолжительности замеса, чем тесто из муки пшеничной хлебопекарной или общего назначения, т.к. проникновение влаги внутрь плотных крупчатых частиц происходит значительно медленнее, чем внутрь мелких частиц хлебопекарной муки.

При замесе теста помимо процессов тестообразования протекают и ферментативные процессы. Макаронное тесто, в отличие от хлебопекарного, не подвергается ферментации, например, спиртовому или молочнокислому брожению. Биохимические процессы протекают в нем с меньшей интенсивностью. Протеолитические ферменты в условиях макаронного теста проявляют слабую активность, продукты гидролитического расщепления белков не накапливаются. Процессы, вызываемые амилолитическими ферментами, также существенной роли не играют.

Окислительные ферменты – оксидазы, как ранее отмечалось, могут оказать отрицательное действие на качество макаронных изделий. Это, в первую очередь, тирозиназа (полифенолоксидаза), окисляющая аминокислоту тирозин с образованием темноокрашенных соединений – меланинов. У макаронных изделий из муки с повышенным содержанием свободного тирозина и высокой активностью данного фермента наблюдается иногда очень интенсивное потемнение, особенно в процессе сушки. Высокое содержание тирозина характерно для муки из проросшего и морозобойного зерна.

Другая группа оксидаз – липоксигеназы – в присутствии кислорода окисляет непредельные жирные кислоты, в результате чего образуются перекиси и гидроперекиси, способные окислять каротиноиды. Установлено,

однако, что в процессе замеса в результате образования комплексов с белками и липидами каротиноиды не подвергаются значительному окислительному действию.

### 7.3. Уплотнение и формование макаронного теста

На производстве приготовление, уплотнение и формование макаронного теста осуществляют в шнековом прессе непрерывного действия, принципиальная схема которого представлена на рис. 7.

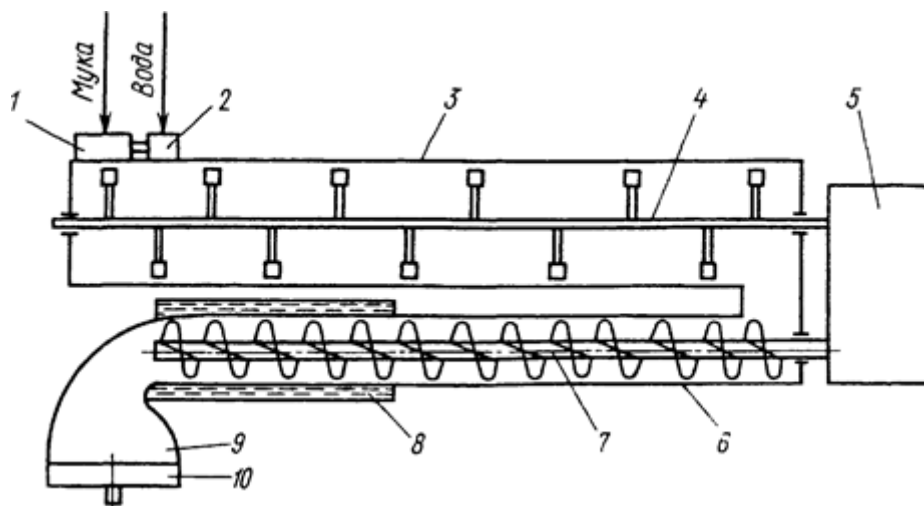


Рис. 7. Принципиальная схема шнекового макаронного прессы:

1 - дозатор муки; 2 - дозатор воды; 3 - камера тестосмесителя; 4 - вал с лопатками; 5 - электропривод; 6 - шнековый цилиндр; 7 - шнек; 8 - водяная рубашка; 9 - прессующая головка; 10 - сменная матрица

Прессы классифицируются по числу камер тестосмесителя (до 4-х камер); по числу прессующих устройств или прессующих шнеков (одно-, двух- и четырехшнековые); по форме матрицы (круглая или прямоугольная).

Основной рабочий орган прессующего устройства – шнек. При его вращении сыпучая масса теста перемещается вдоль цилиндра к матрице. Шнек в этой части выполняет работу транспортирующего механизма, перемещающего увлажненные тестовые комки и крошки. Частицы теста, тесно соприкасаясь друг с другом, постепенно сжимаются. Происходит уплотнение массы, превращение ее в крутое пластичное тесто. Воздух, заполняющий поры и промежутки между частицами теста, вытесняется в сторону загрузочного отверстия шнековой камеры. Давление от нуля повышается до 6-10 МПа. Далее плотная связанная масса теста нагнетается в предматричную камеру (прессовую головку) и, преодолевая сопротивление матрицы, продавливается через формующие отверстия. Только 20 % подаваемого в матрицу теста выпрессовывается через ее отверстия, основная масса за счет противодействия закручивается в межвинтовом пространстве шнека и перемещается в противоположном направлении. Перед матрицей



происходит послойное перемещение теста вперед и назад. Это ведет к переходу механической энергии движения слоев теста в тепловую, в результате чего тесто приобретает большую пластичность, его температура повышается на 10-12 °С. Для поддержания оптимальной температуры теста перед матрицей шнековая камера снабжена водяной рубашкой, в которую подается холодная вода. После длительных остановок пресса ее используют для прогрева шнековой камеры перед началом прессования теста. Оптимальной температурой формования является 45-50 °С. С повышением температуры вязкость теста уменьшается, и скорость формования возрастает. Однако выше температуры 65 °С начинается денатурация белков и клейстеризация крахмала. Тесто становится неэластичным, рвется, изделия получаются с шероховатой поверхностью. Снижение температуры приводит к уменьшению скорости формования.

При рассмотрении процесса перемещения и прессования макаронного теста в шнековой камере принято различать четыре зоны (рис. 8):

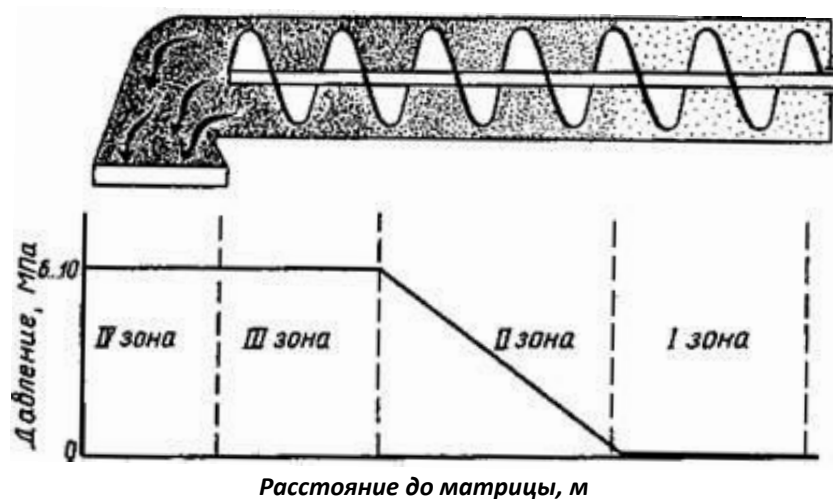


Рис. 8. Деление прессующего устройства шнекового пресса на зоны (пояснения даны в тексте)

I - прием и транспортирование теста;

II - прессование (уплотнение);

III - перемещение спрессованного теста по виткам шнека;

IV - нагнетание спрессованного теста по шнеку к прессовой головке, подача его к матрице и выпрессовывание через формующие отверстия матрицы.

Из камеры тестосмесителя макаронное тесто в виде неоднородной сыпучей массы, состоящей из отдельных комков и крошек, поступает в приемную зону нагнетающего шнека (I). Здесь тесто частично заполняет межвитковое пространство шнека и, следовательно, не полностью покрывает поверхность витков шнека и шнековой камеры. Непрерывная винтовая поверхность, образуемая витками шнека, при вращении соприкасается с частицами теста и оказывает на них давление. Частицы теста в зоне I

перемещаются в основном поступательно, а от вращательного движения их удерживает сила собственной массы. Поскольку эта зона не заполнена тестом полностью и плотно, в ней отсутствует давление, и тестовая масса перемещается, как в обычном транспортном шнеке для кускового или сыпучего материала. Поэтому процесс перемещения в зоне I обусловлен степенью заполнения тестом объема винтовой полости и характеризуется отсутствием давления и в основном неизменной объемной массой комкообразного и крошкообразного теста. В этой зоне тестовая масса перемещается свободно и ее частицы не связаны одна с другой. Концом приемной зоны считается та часть шнековой камеры, где начинается уплотнение теста и происходит нарастание давления.

В зоне II, в отличие от зоны I, тестовая масса уплотняется, и степень связанности частиц увеличивается. Сначала заполняется свободный межвитковый объем шнека, а затем тесто уплотняется за счет уменьшения промежутков между частицами и вытеснения из него значительного количества воздуха. При этом увеличиваются число и поверхность контактов между частицами теста. Далее происходит пластическая деформация самих частиц, которая приводит к сближению внутренних поверхностей, склеиванию частиц друг с другом клейковинными нитями и пленками. После этого наступает такой момент, когда вследствие слипания отдельных частиц в непрерывную связанную массу тесто перестает вести себя, как сыпучая масса, и начинает оказывать сопротивление перемещению, как целое вязкопластичное тело. Частицы теста под воздействием вращающейся винтовой поверхности шнека получают два движения: поступательное – вдоль оси шнека, и вращательное – вокруг оси шнека. В зоне II в результате постепенного сжатия и максимального уплотнения теста обеспечивается рост давления от нуля до величины давления прессования. С ростом давления тестовой массы увеличивается сила сцепления частиц между собой (прочность когезии) и с поверхностями шнека и шнековой камеры (прочность адгезии). В конце зоны II тесто, замедляя движение, плотно заполняет объем винтовой полости шнека. В этой зоне кроме основной операции прессования шнек, путем интенсивного перемешивания продолжает процесс замеса – проминку теста. Одновременные замес и прессование способствуют не только уплотнению, но и пластификации теста.

Тесто, уплотненное в зоне II, перемещается в зону III и под действием давления поддерживается в таком состоянии. Спрессованная масса теста, как и в зоне II, совершает вращательно-поступательное движение с относительным послойным перемещением частиц. К концу зоны III тесто приобретает сплошную однородную структуру, чему способствует продолжающийся в этой зоне процесс проминки теста. При этом в результате трения внутренних слоев теста между собой и трения теста о поверхности шнека и шнековой камеры происходит разогрев тестовой массы, в результате чего увеличиваются ее пластичность и текучесть.

В конце зоны III (последний виток шнека) спрессованная масса теста выходит из винтовой полости шнека и поступает в зону IV в виде закрученного пульсирующего потока. Выходя из шнека с неодинаковой осевой скоростью, тесто преодолевает силу давления в прессовой головке, входит в нее и распределяется по ее сечению. Давление в зоне IV обусловлено двумя факторами: величиной подачи теста вращающимся шнеком к матрице и сопротивлением формирующих отверстий матрицы продавливанию теста. Соотношение этих двух параметров определяет также и скорость выпрессовывания (*формования*) теста через матрицу, т.е. производительность пресса [1, 9, 11, 25].

Матрицы, как и прессующее устройство, является основным рабочим органом макаронного пресса. Они определяют вид изделий (форму и размеры поперечного сечения), производительность пресса, в значительной степени влияют на качество продукции (прежде всего на степень шероховатости поверхности). Матрицы изготавливают из металлов, не поддающихся коррозии, обладающих достаточной прочностью и износостойкостью: твердой фосфористой бронзы, латуни, нержавеющей стали.

Матрицы бывают двух типов:

- *круглые* (дисковые), используемые для формования коротких изделий различных типов и видов (рис. 9). Диаметр матриц данного типа зависит от производительности пресса и может составлять 298, 350, 400 мм и более.

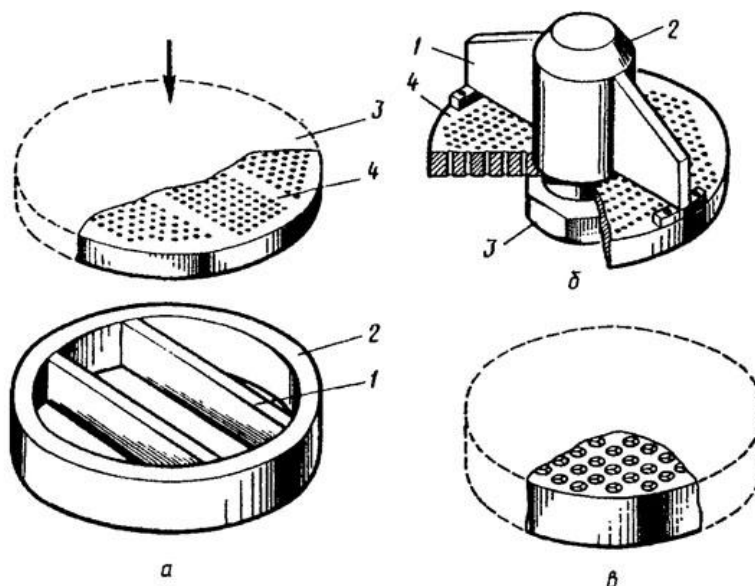


Рис. 9. Круглые матрицы для макаронного пресса:

*а* - с подкладным колосником (1 - ребра; 2 - обечайка; 3 - корпус; 4 - поперечные полосы);  
*б* - с накладным колосником (1 - ребра; 2 - болт; 3 - гайка; 4 - формирующая часть);  
*в* - высотой 60 мм

Поскольку при прессовании матрицы испытывают значительное давление (от 7 до 9 МПа), их высота должна обеспечивать необходимую прочность. Так, матрицы диаметром 298 мм производят трех видов в зависимости от высоты: 22, 28 и 60 мм. При этом матрицы с высотой 22 и 28 мм используют вместе со специальными опорными устройствами – колосниками для повышения их прочности.

- *прямоугольные* (тубусные) матрицы, применяемые для формирования длинных макаронных изделий (макарон, лапши, спагетти, вермишели), вырабатываемых на автоматических линиях с подвесной сушкой (рис. 10).

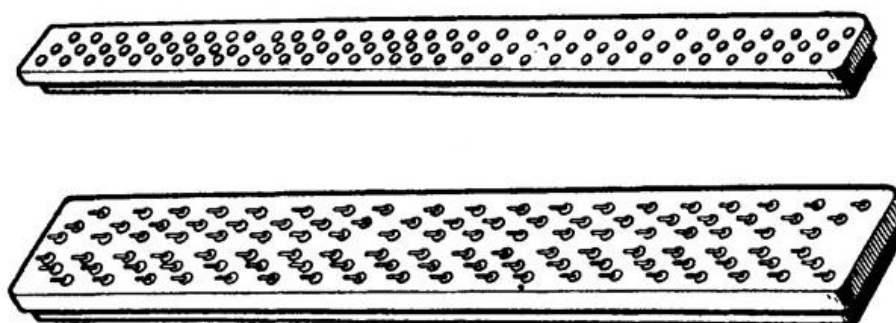


Рис. 10. Прямоугольные матрицы для макаронного пресса

Прямоугольные матрицы производят одно- и двухполосными. Каждая полоса имеет по несколько рядов отверстия для формирования. Толщина таких матриц составляет от 35 до 50 мм.

Матрицы по конструкции каналов (отверстий) для формирования классифицируют на следующие типы:

- *без вкладышей* – для формирования различных видов макаронных изделий простой формы, за исключением трубчатых;
- *с вкладышем* – для формирования трубчатых и фигурных изделий [25, 26].

Характер движения макаронного теста в формующих каналах матриц определяется соотношением двух сил: сил сцепления частиц теста между собой (сил когезии) и сил сцепления частиц теста с поверхностью формующих каналов, т. е. сил адгезии (прилипания).

Если силы когезии меньше сил адгезии, то тесто течет в канале подобно течению вязкой жидкости. Если же величина сил когезии превосходит величину сил адгезии, то тесто скользит по поверхности канала и движется в канале подобно движению твердого тела. В первом случае слой теста, который соприкасается с внутренней поверхностью канала матрицы, прилипает к ней и остается неподвижным. В таких случаях возможно образование дефекта – шероховатой поверхности отформованных макаронных изделий. Это вызвано тем, что прилипший к стенкам пограничный слой теста остается неподвижным, второй слой отрывается от

него с образованием трещинок и надрывов, придающих поверхности выпрессовываемых изделий шероховатость, что снижает их товарный вид. Кроме того, из-за отрыва мельчайших частиц от неровной поверхности изделий в горячей воде увеличивается потеря сухих веществ в процессе варки изделий (степень мутности варочной жидкости).

Помимо этого, при вязком течении затрачивается дополнительная механическая энергия на преодоление сил сцепления частиц теста между собой, на отрыв теста от прилипшего к каналу матрицы элементарного слоя, а также замедляется скорость выпрессовывания, т.е. снижается производительность пресса. Поэтому уменьшение прилипания теста к поверхности формирующих каналов матрицы дает значительные технические и экономические выгоды.

При производстве макаронных изделий для снижения степени прилипания теста к формирующим каналам матриц их производят из специальных материалов. В качестве такого материала, например, используют пластмассу тефлон (отечественный аналог – фторопласт-4). Однако прочность тефлона невелика, поэтому полностью матрицы из него не изготавливают. Решением данного недостатка является установка тефлоновых вставок в формирующие щели металлических матриц.

В результате формования теста через матрицы с тефлоновыми вставками макаронные изделия приобретают гладкую, ровную поверхность независимо от качества муки, температуры и влажности теста. Если изделия имеют шероховатую поверхность, то это указывает на износ тефлоновых вставок.

Другой способ устранения прилипания теста к каналам металлической матрицы заключается в её нагревании до 100-110 °С. Высокотемпературные режимы формования макаронных изделий будут рассмотрены ниже.

Матрицы периодически заменяют для их очистки или для перехода на выработку другого вида изделий. Одна матрица находится в эксплуатации обычно не более суток.

Около 10 % коротких фигурных изделий изготавливают *штампованием*. При этом используют щелевидные матрицы и штамп-машины. Из щелевидной матрицы выпрессовывается лента теста шириной около 80 см и толщиной около 3 мм. Дальнейшая обработка тестовой ленты осуществляется на штамп-машине и состоит из следующих технологических операций: калибровки ленты (прокатка ее через валки), обдувки откалиброванной ленты, штамповки из ленты тестовых заготовок и придания им пространственной формы (например, сжатием их посередине). Остатки ленты теста измельчают и подают в месильную камеру пресса на вторичную переработку, а изделия поступают на сушку в конвейерную сушилку [1, 9].

#### 7.4. Высокотемпературные режимы замеса и формования макаронного теста

В традиционных режимах замеса и формования макаронного теста температуру теста перед матрицей ограничивают 50-55 °С, стремясь тем самым снизить риск денатурации белковых веществ при более высоких температурах, поскольку протекание данного процесса приводит к ослаблению структуры макаронных изделий. Установлено, что деструкция белковых молекул происходит преимущественно за счет механического трения шнека об уплотненную тестовую массу и в результате перетираания теста. Напротив, нагрев макаронного теста при замесе до температуры около 60 °С с тем, чтобы перед матрицей она составила не более 65 °С, имеет ряд преимуществ перед традиционным режимом. Такой режим называется *высокотемпературным режимом замеса (ВТРЗ)* макаронного теста.

При использовании высокотемпературного замеса в шнековой камере масса теста становится более пластичной, что уменьшает степень перетираания теста и увеличивает его текучесть. Несмотря на то, что при температуре замеса 60-65 °С степень термической денатурации больше, чем при традиционном замесе, нагревание теста позволяет снизить интенсивность механической деструкции белков клейковины. Действительно, при температурах, не превышающих 50-55 °С, уплотняемое макаронное тесто имеет более высокую вязкость, что увеличивает степень его перетираания в шнековой камере, а текучесть, наоборот, снижается. Истирающее действие шнека на тесто приводит к возрастанию его температуры, для её снижения необходимо подавать холодную воду в рубашку шнекового цилиндра. В итоге вязкость теста вновь увеличивается, а производительность пресса снижается.

Другие структурообразующие компоненты макаронного теста – крахмальные зерна устойчивы к нагреву теста в интервале 50-70 °С в условиях сравнительно небольшой влажности, ограничивающей степень их набухания, что сдерживает разрыв полисахаридных цепочек.

Таким образом, высокотемпературный режим замеса макаронного теста имеет следующие преимущества по сравнению с традиционным низкотемпературным режимом:

- производительность пресса возрастает на 10-15 % благодаря увеличению текучести теста перед прессованием;
- снижается выпуск изделий с браком (белесыми пятнами) благодаря уменьшению интенсивности процессов перетираания теста в шнековой камере и насыщения его мельчайшими пузырьками воздуха;
- нет необходимости в расходе воды на охлаждение шнековой камеры;
- продолжительность сушки изделий сокращается, а их слипание предотвращается вследствие испарения около 3 % влаги с поверхности выпрессовываемых сырых изделий и образования подсушенной корочки в результате разницы температур изделий и окружающего воздуха;

- улучшается цвет изделий в результате частичной термической инактивации фермента полифенолоксидазы.

Одним из наиболее простых способов реализации ВТРЗ макаронного теста является оснащение тестомесильной камеры пресса внешним обогревателем: паровой или водяной рубашкой, электронагревателем. Подавать горячую воду непосредственно в камеру нежелательно, поскольку это приводит к завариванию муки в результате попадания струй воды.

ВТРЗ макаронного теста целесообразно применять в следующих случаях:

- при выпрессовывании длинных изделий, поскольку образование подсушенной корочки на их поверхности увеличит ломкость сырых изделий, усложняя процесс разделки;

- при использовании прессов с вакуумированием теста в месильных камерах, в которых вместе с удалением воздуха из нагреваемой тестовой массы испаряется влага;

- при производстве изделий с яичными добавками вследствие более низкой температуры денатурации яичного белка, чем белков клейковины теста.

Двух последних ограничений можно избежать при использовании *высокотемпературного режима формования* (ВТРФ) макаронных изделий сквозь нагретые матрицы.

Основная цель применения режимов высокотемпературного формования (резания) – повышение производительности пресса, которого удастся достичь в результате кратковременного нагрева (10-40 с) макаронного теста до достаточно высоких температур (выше 60-65 °С). При формовании макаронного теста даже очень высокие температуры (80-120°С) не приводят к глубоким денатурационным изменениям его белка, поскольку тесто очень быстро проходит сквозь каналы матрицы.

Для макаронных изделий из крупки и полукрупки твердой пшеницы, а также из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта характерно снижение доли водорастворимого белка как в массе изделия, так и в поверхностном слое с увеличением температуры матрицы (табл. 8). Для хлебопекарной пшеничной муки эта тенденция более выражена по сравнению с традиционным режимом при температуре 50 °С, чем для макаронных изделий из муки твердой пшеницы. Уменьшение содержания белка в поверхностных слоях (0,1-0,2 мм) изделий более существенно, чем в объеме. Это положительно влияет на закрепление формы сырых изделий, что обусловлено денатурацией белка и закреплением клейковинного каркаса при высокотемпературном формовании.

Таблица 8. Влияние температуры матрицы на содержание водорастворимого белка в макаронных изделиях

Исходная мука	Температура матрицы, °С	Содержание водорастворимого белка			
		в массе изделий		в поверхностном слое	
		%	% от снижения содержания при 50 °С	%	% от снижения содержания при 50 °С
Твердая пшеница:					
Крупка	50	5,0	0	4,8	0
	80	4,7	6,0	4,1	14,6
	120	4,1	18,0	3,7	25,0
Полукрупка	50	4,7	0	4,7	0
	80	4,1	12,8	3,9	17,0
	120	3,6	23,4	3,3	29,8
Хлебопекарная мука					
Высший сорт	50	4,7	0	4,4	0
	80	4,0	14,9	3,5	20,4
	120	3,4	27,7	2,8	36,4

При температуре матрицы 80 °С содержание декстринов в макаронных изделиях остается на достаточно высоком уровне по сравнению с традиционным формованием при 50°С, значительный рост этого показателя отмечается лишь при температуре 120 °С. Данный факт обусловлен большей стабильностью крахмальных гранул по сравнению с белками при кратковременном воздействии высоких температур. Увеличение содержания декстринов в поверхностном слое изделий также желательное, поскольку позволяет сократить время варки.

Таким образом, формование макаронного теста сквозь нагретую матрицу приводит к положительным изменениям свойств белка и крахмала в поверхностном слое макаронных изделий. Кроме того, при температуре матрицы 80 °С производительность прессы увеличивается в 2 раза. Последующее повышение температуры сопровождается дальнейшим увеличением скорости выпрессовывания, однако при температуре матрицы свыше 120 °С имеет место вспучивание поверхности сырых изделий из-за значительного перепада температур изделий и воздуха, а также резкого испарения влаги из изделий. Тем не менее, при применении металлической матрицы без тефлоновых вставок с температурой 110±5 °С получаются изделия с абсолютно гладкой поверхностью. Это обусловлено тем, что испаряющаяся в формируемых изделиях влага при соприкосновении с горячей поверхностью канала матрицы создает между ней и поверхностью изделий паровую прослойку, предотвращающую прилипание тестовой поверхности изделия. При возникновении паровой прослойки резко возрастает скорость выпрессовывания изделий и, соответственно, снижается давление



прессования. Но необходимо учитывать, что давление прессования должно составлять не менее 5-6 МПа, в противном случае можно получить изделия с непрочной структурой.

При использовании высокотемпературного режима формования существенную роль играет влажность теста. Так, при влажности теста из крупки, равной 32 %, повышение температуры матрицы от 40 до 80 °С способствует возрастанию производительности пресса в 2 раза и снижению давления на 37 %. Использование теста с более низкой влажностью (29 %) позволяет достичь аналогичной производительности, давление прессования при этом возрастает, что дает возможность избежать слипания сырых изделий в сушилке и обеспечить высокую прочность изделий. Повысить давление прессования, не меняя влажность теста, можно также подачей холодной воды в рубашку шнекового цилиндра, при этом сохранится повышенная производительность пресса при горячей матрице.

При выработке изделий из полукрупки были получены аналогичные зависимости, но установлен больший рост давления прессования и производительности при увеличении температуры матрицы. Это связано с более высокой водопоглощательной способностью частиц полукрупки по сравнению с крупкой и, следовательно, с большей вязкостью теста при одинаковых значениях влажности.

Таким образом, при высокотемпературном режиме формования (резания) макаронных изделий за счет изменения температуры нагрева матрицы, влажности замешиваемого теста и степени охлаждения шнековой камеры можно увеличить производительность пресса и варьировать давление прессования и степень снижения влажности выпрессовываемых сырых изделий.

Важным критерием выбора оптимальных параметров ВТРФ является необходимость снижения потерь сухих веществ при варке и сохранения массовой доли белка на уровне не менее 10,5 % для макаронных изделий группы А, что требует ГОСТ 31743-2017.

При использовании матриц с тефлоновыми вставками минимальные потери сухих веществ при варке наблюдаются при температуре матрицы 80 - 100 °С, что обусловлено закреплением клейковинного каркаса в поверхностном слое изделий. В случае формования макаронного теста через матрицу без тефлоновых вставок потери сухих веществ минимальны при температуре матрицы 110-120 °С, поскольку сформованные изделия имеют абсолютно гладкую поверхность. Увеличение температуры матрицы с 45 - 50 до 100-110 °С способствует уменьшению продолжительности варки изделий с 8-9 до 6-7 минут, а также возрастанию прочности сваренных макарон на срез с 60-80 до 100-120 кПа. Уменьшение времени варки обусловлено предварительным пропариванием макаронных изделий в ходе прессования через горячую матрицу – частичной денатурацией белка и разложением крахмала до декстринов.

Результаты анализа варочной жидкости, полученной после варки вермишели, произведенной из твердой пшеницы и хлебопекарной муки при

традиционном режиме (ТР:  $t_{\text{замеса}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{формования}} = 45-50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), при высокотемпературном режиме замеса (ВТРЗ:  $t_{\text{замеса}} = 60-65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{формования}} = 65-70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и при высокотемпературном режиме формования (ВТРФ:  $t_{\text{замеса}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{формования}} = 110-120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), приведены в табл. 9.

Таблица 9. Влияние различных режимов замеса и формования макаронного теста на содержание сухих веществ, белка и крахмала в варочной жидкости

Исходная мука	Режим замеса и формования	Содержание				
		сухого остатка, %	белка		крахмала	
			% на СВ остатка	г/100 г изделий	% на СВ остатка	г/100 г изделий
Крупка твердой пшеницы	ТР	8,7	35,9	3,1	51,3	4,5
	ВТРЗ	9,0	37,2	3,3	52,0	4,7
	ВТРФ	7,0	21,7	1,5	49,5	4,2
Хлебопекарная мука высшего сорта	ТР	9,8	41,7	3,3	40,1	3,9
	ВТРЗ	10,0	42,0	4,2	44,2	4,4
	ВТРФ	9,1	20,3	1,8	62,1	5,5

На основании данных, приведенных в табл. 9, можно заключить, что основным достоинством использования ВТРФ по сравнению с ТР и ВТРЗ являются уменьшение содержания сухих веществ в варочной жидкости. Данный факт свидетельствует о закреплении клейковинного каркаса в поверхностном слое макаронных изделий и об уменьшении доли водорастворимых белков, остающихся в варочной воде.

В заключение определим следующие оптимальные температуры нагрева матриц при высокотемпературном режиме формования:

- 75-85  $^{\circ}\text{C}$  для матриц с тефлоновыми вставками, поскольку более высокие температуры нежелательны из-за снижения прочности вставок данного типа;
- 110-120  $^{\circ}\text{C}$  для металлических матриц без тефлоновых вставок, с точки зрения максимального увеличения производительности пресса и улучшения качества изделий, которые получают с абсолютно гладкой поверхностью.

На практике наиболее целесообразно использовать нагретые матрицы с тефлоновыми вставками, поскольку на их нагрев требуется меньший расход энергии [1].

## 7.5. Влияние качества муки, параметров замеса и прессования на свойства теста и качество изделий

Требования к основным свойствам уплотненного макаронного теста перед формованием включают:

- однородность по температуре и влажности, отсутствие следов непромеса, затвердевших крошек и комочков подсохшего теста;
- пластичность и текучесть, достаточные для оптимизации затрат энергии на его формование, с учетом того, что сырые изделия не должны рваться, разламываться и трескаться при дальнейшей обработке;
- оптимальная вязкость и плотность, способствующие уменьшению прилипания к рабочим органам прессующих устройств и слипаемости сырых изделий друг с другом.

Все эти свойства определяются главным образом тремя основными факторами: качеством муки, параметрами замеса теста и его прессования.

### *Количество и качество клейковины муки*

Клейковина определяет основные технологические свойства макаронного теста – *пластичность и вязкость*.

*Пластичность* – это способность теста деформироваться. При длительных и значительных по величине нагрузках (выше так называемого предела упругости) макаронное тесто ведет себя как пластичный материал, т.е. после снятия нагрузки сохраняет приданную ему форму. Именно это свойство позволяет формировать из теста сырые макаронные изделия определенного вида.

*Вязкость* характеризуется величиной сил сцепления частиц между собой (сил когезии). Чем больше величина сил когезии теста, тем оно более вязкое (прочное) и менее пластичное.

Оптимальное соотношение пластичности и вязкости уплотненного теста и сырых макаронных изделий достигается при содержании сырой клейковины в исходной муке на уровне 28 %: снижение содержания клейковины ниже этого значения ведет к уменьшению как пластичности, так и вязкости теста, увеличение – к повышению пластичности и снижению вязкости теста. Подобный характер влияния количества клейковины на физические свойства уплотненного макаронного теста и сырых изделий связан главным образом с её связующими свойствами. Тесто по своей структуре представляет собой клейковинный каркас, в который заключены зерна (гранулы) крахмала.

На практике используют муку с содержанием клейковины от 28 до 40 %. С одной стороны, прочность сырых изделий из муки с высоким содержанием клейковины несколько снижается, но с другой стороны, значительно уменьшается расход энергии на прессование более пластичного теста, а также повышаются пищевая ценность и вкусовые свойства готовых изделий.

В макаронном производстве на качество клейковины муки существенно влияет протекание процесса механической деструкции. При нагнетании уплотненного макаронного теста к матрице происходят интенсивное трение теста о лопасти шнека и постоянное смещение и внутреннее трение его слоев друг о друга, что приводит к разрыву белковых молекул и потере упругоэластичных свойств клейковины. В результате механической деструкции клейковины содержание глютенина, определяющего упруго-эластичные свойства теста, снижается в среднем на 50 %, а содержание глиадины, который влияет на связующие, склеивающие свойства клейковины, – только на 20 %. В результате этого процесса клейковина становится губчатой, коротко рвущейся. Именно в таком виде она участвует в формировании структуры макаронных изделий.

### *Гранулометрический состав муки*

Оптимальными считаются размеры частиц исходной муки в диапазоне 200-350 мкм, что характерно для макаронной крупки. Частицы хлебопекарной муки имеют размеры менее 150 мкм. С уменьшением размера частиц муки возрастает их удельная поверхность и, следовательно, водопоглотительная способность. Поэтому при одинаковом количестве добавляемой при замесе теста воды порошкообразная хлебопекарная мука будет давать более вязкое, менее текучее тесто, а крупитчатая макаронная мука – более пластичное, более текучее тесто. Поэтому, если для производства макаронных изделий используется хлебопекарная мука, то для увеличения пластичности при замесе следует добавлять большее количество воды, чем при использовании макаронной крупки. В противном случае слишком вязкое тесто из хлебопекарной муки будет с трудом продавливаться через отверстия матрицы. Связующая способность клейковины уменьшится и, как следствие, будут выпрессовываться ломкие, непрочные изделия.

С другой стороны, крупка с размером частиц около 500 мкм и более требует меньше воды при замесе теста по сравнению с мелкой крупкой. Однако при современных кратковременных режимах обработки макаронного теста использование такой крупки может привести к ухудшению внешнего вида высушенных изделий.

На структуру и свойства теста из макаронной крупки и хлебопекарной муки существенно влияют различная консистенция эндосперма зерен твердой и мягкой пшеницы и различные размеры частичек муки.

При размоле мягкой пшеницы повреждается и разрушается большая часть клеток, из которых легко высвобождаются слабо связанные между собой крахмальные зерна. Макаронное тесто из такой муки можно рассматривать как двухфазную дисперсную систему: жидкой средой выступает клейковина, дисперсной фазой являются зерна крахмала. Воздушные включения в тесте являются временным структурным элементом, поскольку при нагнетании теста, особенно при его вакуумировании, воздух удаляется практически полностью. Подвергаясь различным изменениям

формы под давлением, данная двухфазная дисперсная система находится в макаронном прессе в непрерывном движении, при котором происходит взаимное смещение относительно друг друга элементарных слоев и частиц. Такой характер движения теста является одной из причин появления шероховатости на поверхности изделий.

Из эндосперма твердой пшеницы получают крупку, при этом свободные крахмальные зерна в продуктах помола практически не содержатся, поскольку они очень прочно связаны и склеены между собой. Все это существенным образом отражается на структуре и свойствах макаронного теста из крупки твердой пшеницы. В результате смачивания водой происходит не раздельное набухание гранул крахмала и белков, а набухание мучных крупок. Тесто из мучных крупок твердой пшеницы можно условно рассматривать как состоящее из трех фаз, две из них формируют дисперсионную фазу: клейковина и равномерно распределенные в ней крахмальные зерна, оторвавшиеся от мучных крупок. В этой жидкой фазе более или менее равномерно диспергирована третья фаза – увлажненные остатки мучных крупок. Тесто, состоящее из трех дисперсных фаз, обладает очень высокими физико-механическими свойствами.

Таким образом, для получения макаронных изделий высокого качества рекомендуется использовать муку, однородную по гранулометрическому составу. Нецелесообразно смешивать порошкообразную хлебопекарную муку с крупитчатой макаронной, поскольку это приведет к ухудшению качества изделий из-за различий в реологических свойствах теста, полученных из пшеничной муки твердой и мягкой пшеницы.

### ***Продолжительность и интенсивность замеса***

Продолжительность замеса макаронного теста определяется двумя факторами:

- достижением равномерного распределения воды по всей массе теста, образующегося в тестомесильной камере;
- скоростью проникновения влаги внутрь частиц муки.

Вода будет более равномерно и быстро распределяться в объеме теста при её подаче в тестомесильную камеру в распыленном виде или в виде множества мелких струй. Так, например, итальянская фирма *Braibanti* предлагает применять с этой целью вертикальный пропитыватель, состоящий из трех главных частей: цилиндрической вертикальной камеры пропитывания, вращающегося вала с рядом лопастей и сопел распылителей, созданных специально для равномерного распыления воды. Операция пропитывания происходит в течение нескольких минут. Полученный в результате агломерат является исключительно однородным и гомогенным.

Другой эффективный способ ускорения равномерного распределения влаги в макаронном тесте – интенсификация смешивания муки и воды. Для этого в многокамерных прессах тестомесильный вал первой камеры вращается с большей частотой, чем валы последующих камер. Так,

например, в современных линиях фирмы *Bühler* (Швейцария) при замесе теста перед подачей в тестомесильную камеру мука и вода попадают в специально установленные высокоскоростные смесители.

Интенсивность пропитывания частиц муки влагой определяется в первую очередь размерами частиц муки: более крупные частицы требуют более длительного вымешивания. Для производства макаронных изделий с однотонным цветом, без следов непромеса, при наличии крупки с размером частиц до 350 мкм необходимо использовать многокамерные прессы, продолжительность замеса теста в которых составляет 16-20 минут. В случае использования муки с размерами частиц не более 200-250 мкм (например, полукрупки) оптимальная продолжительность замеса составляет 8-10 минут.

Установлено, что наиболее эффективным является двухстадийный замес: на первой стадии интенсивное перемешивание теста, на второй – перемешивание при пониженной частоте вращения месильного вала. Для выполнения этого режима следует иметь, по крайней мере, двухкамерный тестосмеситель.

### ***Влажность теста***

В ходе производства макаронных изделий технолог может изменять в определенных пределах влажность теста, влияя тем самым на физические свойства теста, сырых изделий и качество продукции.

С увеличением влажности снижаются вязкость теста и прочность сырых изделий, увеличивается их пластичность. Так как с повышением влажности теста увеличиваются пластичность и текучесть теста, облегчается и процесс его выпрессовывания через матрицы. Это приводит к снижению давления прессования и к повышению производительности прессы. С точки зрения экономичности работы оптимальная влажность теста при использовании шнекового прессы составляет 32 %, в случае применения поршневого прессы – 34 %. Влажность теста влияет также на степень шероховатости поверхности изделий при использовании матриц без тефлоновых вставок, что также связано с влиянием влажности теста на величину давления прессования.

При конкретных условиях нарезания технологического полуфабриката оптимальные соотношения скорости выпрессовывания сырых изделий и величины давления прессования следует находить эмпирическим путем. С одной стороны, необходимо поддерживать давление на достаточно высоком уровне для обеспечения прочности изделий, с другой стороны, величина давления не должна превышать определенного предела, установленного для конкретного прессы, во избежание его поломки.

### ***Температура теста***

Вторым важным технологическим параметром, которым может управлять технолог в процессе замеса теста, является температура.

При прессовании теста на шнековых макаронных прессах в ходе нагнетания теста к матрице его внутренние слои испытывают постоянные деформации сдвига, смещения слоев. Имеет место *турбулентный* характер движения теста. При увеличении температуры выше 60 °С структура теста не фиксируется: денатурирующаяся клейковина, находящаяся в постоянном смещении, не может сформировать устойчивую структурную решетку вплоть до продавливания теста через отверстия матрицы. Зерна крахмала при данной температуре набухают, их пластичность возрастает, в результате текучесть теста увеличивается.

Однако использование слишком высоких температур при нарезании полуфабриката нежелательно, поскольку это приведет к тепловой денатурации клейковины, а следовательно, к резкому снижению её связующих свойств, прочности структуры изделий, что выражается в увеличении потери сухих веществ во время варки. В результате перегрева белки клейковины иногда настолько денатурируют, что все оптимальные упруго-вязко-пластичные свойства теста утрачиваются. При этом на тепловую денатурацию клейковины накладывается ее механическая денатурация. Поэтому оптимальной температурой теста перед матрицей следует считать температуру 55-60 °С.

Необходимо отметить, что увеличение температуры теста перед матрицей до оптимального следует осуществлять только за счет подвода теплоты к тесту извне (через прогреваемую водяную рубашку). При этом следует избегать разогрева теста в результате интенсивного трения его о лопасти шнека и внутреннего трения слоев. Такой нежелательный процесс приводит к глубокой механотермической деструкции клейковины и потере ею связующих свойств.

### ***Вакуумирование теста***

Вакуумирование макаронного теста впервые стали использовать с внедрением шнековых прессов. Данная операция позволяет удалить воздух из теста, что дает значительный положительный технологический эффект. Прежде всего, сокращается шероховатость изделий. Кроме того, при последующем прохождении теста через матрицы с тефлоновыми вставками готовые изделия приобретают насыщенный желтый цвет. Это обусловлено не только отсутствием процесса окисления каротиноидных пигментов при участии фермента липоксигеназы, но в большей степени двумя другими процессами. Во-первых, в условиях низкого содержания воздуха во время замеса теста замедляется процесс его потемнения, связанный с активностью фермента полифенолоксидазы. Во-вторых, в тесте, подвергнутом вакуумной обработке, отсутствуют воздушные пузырьки, лучи света проникают на большую глубину гладкой поверхности готовых изделий, большее количество молекул пигментов участвует в избирательном поглощении, поэтому данные изделия воспринимаются как более насыщенно-желтого цвета. При отсутствии вакуумирования теста возрастает риск получения

макаронных изделий с белыми пятнами, даже при использовании муки из твердой пшеницы или яичных добавок.

Последние исследования показали, что появление белых пятен на поверхности макаронных изделий вызвано исключительно физическим процессом насыщения теста большим количеством мелких пузырьков воздуха при интенсивном его перетирании в шнековой камере (образуется подобие пенообразной структуры). Этот дефект может проявляться даже при высоком содержании каротиноидов в муке.

Данный вид брака можно устранить двумя способами:

1) за счет повышения давления прессования и охлаждения теста. Однако при этом возрастает вязкость теста и повышается расход энергии на прессование и снижается скорость процесса;

2) за счет повышения пластичности теста, что предусматривает увеличение влажности или повышение температуры, но только за счет предварительного нагревания теста.

### ***Внесение добавок***

Рецептуры отдельных видов макаронных изделий предусматривают внесение дополнительного сырья и различных добавок, которые чаще всего используются с целью увеличения пищевой ценности готовой продукции. Однако при разработке новых видов макаронных изделий функционального назначения необходимо учитывать возможное влияние дополнительного сырья и добавок на свойства компонентов пшеничной муки и реологические характеристики макаронного теста.

Необходимо иметь в виду, что введение в рецептуру яичепродуктов, содержащих желток, а значит, и жиров, приводит к снижению текучести теста, в результате чего производительность прессования снижается в среднем на 5 %.

В отдельных случаях приходится использовать одновременно несколько различных добавок, одни из которых повышают пищевую ценность макаронных изделий, а другие позволяют сохранить нормальную структуру теста и варочные свойства. Например, использование при производстве макаронного теста сухого молока, с одной стороны, повышает биологическую ценность изделий, но, с другой стороны, приводит к ослаблению структурных свойств, возрастают потери сухих веществ при варке. В данном случае рекомендуется вводить каррагинан (0,1 %), который обеспечивает необходимую прочность изделий за счет образования комплексных соединений с белками.

При введении в рецептуру добавок, которые не содержат в большом количестве связующий белок (например, витаминных премиксов, овощных порошков и пюре), в варочную воду переходит от 20 до 50 % данных обогатителей. Поэтому такие добавки целесообразно вносить в коротко резанные изделия, используемые для приготовления супов, в которых варочная жидкость не сливается [1, 9].



## 7.6. Виды брака выпрессовываемых макаронных изделий и способы их устранения

Наиболее часто встречающиеся виды брака выпрессовываемых макаронных полуфабрикатов, возможные причины и способы их устранения приведены в табл. 10.

Таблица 10. Виды брака макаронного полуфабриката, возможные причины и методы устранения

Вид брака	Возможные причины	Методы устранения
Сильная шероховатость поверхности всех выпрессовываемых изделий (матрицы без вставок)	Тесто малопластичное (очень крутое).  Плохая обработка формирующих щелей матрицы	Повысить температуру воды на замес теста; повысить влажность теста на 1...2 % Сменить матрицу
Шероховатость поверхности части выпрессовываемых изделий (матрицы со вставками)	Износ тефлоновых вставок	Снять матрицу, сменить вставки или забить дефектные отверстия
Продольный разрыв выпрессовываемых трубчатых изделий	В формирующей щели застрял кусочек засохшего теста	Снять матрицу, осмотреть её и промыть каналы
Белесая мучнистая поверхность (полностью или полосами)	Сырые макаронные изделия насыщены пузырьками воздуха из-за интенсивного перетирания теста в шнековой камере по следующим причинам: 1) большая вязкость теста;  2) низкая пропускная способности матрицы; 3) увеличение зазора (более 1 мм) между лопастями шнека и внутренней поверхностью камеры; 4) недостаточное питание шнековой камеры тестом	1) повысить температуру воды на замес теста; влажность теста на 1 - 2 %; включить обогрев шнековой камеры; 2) снять предматричную решетку; снизить вязкость теста; 3) ликвидировать зазор, установив новый шнек или наварив металл на лопасть старого; 4) следить, чтобы тесто заполняло от 1/2 до 2/3 объёма месильного корыта; если тесто с крупными комками, снизить влажность теста на 1-2 %
Растягивание выпрессовываемых изделий под действием собственной массы	Чрезмерно пластичное тесто.  Мука с дефектной сильно-тянущейся клейковиной	Снизить пластичность, уменьшив влажность теста на 1-2 %. Использовать эту муку только для подмешивания к муке нормального качества или для выработки коротких изделий

## **Контрольные вопросы**

- 1.** Перечислите типы замеса макаронного теста в зависимости от влажности. Как количество и качество клейковины в муке влияет на выбор того или иного типа замеса?
- 2.** Какие вы знаете типы замеса макаронного теста в зависимости от температуры воды? В каких случаях предпочтительнее использовать горячий замес?
- 3.** Назовите параметры, которые характеризуют режим замеса макаронного теста. Каким образом они определяют качество изделий?
- 4.** Какие ферментативные процессы могут протекать при замесе макаронного теста?
- 5.** В чем заключается принцип работы шнекового макаронного пресса?
- 6.** Что собой представляют матрицы макаронного пресса? Как их классифицируют?
- 7.** Каким образом можно снизить прилипание теста к формующим каналам матриц?
- 8.** При каких условиях проводят высокотемпературные режимы замеса и формования макаронного теста? Какими достоинствами и недостатками обладают данные режимы?
- 9.** С какой целью проводят вакуумирование макаронного теста?
- 10.** Как температура и влажность макаронного теста влияют на качество готовой продукции?
- 11.** Какие факторы необходимо учитывать при внесении обогащающих добавок в макаронные изделия?
- 12.** Укажите способы устранения белесой мучнистой поверхности макаронных изделий, считающейся браком.

## **8. РАЗДЕЛКА СЫРЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Разделка полуфабриката макаронных изделий осуществляется непосредственно после выпрессовывания. Её цель – подготовка изделий к сушке. В процессе резки полуфабрикат макаронных изделий подвергается обдувке, после резки – раскладке (или развешиванию) для последующей сушки. От качества выполнения указанных операций зависят такие важные показатели, как производительность сушильного оборудования, расход сырья и характеристики готовых изделий.

### **8.1. Обдувка сырых изделий**

Полуфабрикат макаронных изделий является пластичным материалом, который довольно легко деформируется. Поэтому для облегчения резки и предотвращения слипания сырых изделий при выходе из формирующих отверстий матрицы их необходимо интенсивно обдувать воздухом. Это приводит к образованию на поверхности сырых изделий подсушенной корочки, которая препятствует слипанию изделий при подаче в сушилку и затем на транспортерах сушилки (для коротких изделий), слипанию в лотковых кассетах, прилипанию их к бастунам (при подвесной сушке длинных изделий), налипанию их на режущие ножи и залипанию торцов трубчатых изделий при резке.

Изделия обычно обдувают воздухом формовочного отделения, температура которого составляет около 25 °С, а относительная влажность – 60-70 %. При этом влажность сырых изделий снижается на 1-2 % при традиционных режимах замеса и формования (резания) и на 3-4 % при высокотемпературных режимах.

При использовании подвесной сушки длинных изделий (как правило, на бастунах) обдувку необходимо проводить особенно тщательно, избегая чрезмерной подсушки поверхности изделий. Это связано с тем, что изделия могут разламываться в местах перегиба при сильном заветривании и падать с бастунов при развешивании или в процессе высушивания [1].

### **8.2. Резка и раскладка изделий**

Резку полуфабриката макаронных изделий на необходимую длину осуществляют с помощью режущего механизма. Для высушивания полуфабрикат раскладывают на сушильные поверхности (короткие изделия), укладывают в лотковые кассеты (макаронны при кассетном способе сушки) либо развешивают на бастуны (длинные изделия при подвесной сушке).

Короткие изделия режут двумя способами: скольжением ножа по плоскости матрицы или в подвесном состоянии (свисающую прядь режут на некотором расстоянии от матрицы). Фигурные изделия и рожки режут всегда первым способом, перья – вторым. Короткие вермишель и лапша могут нарезаться обоими способами, причем во втором случае изделия получают

более прямыми и появляется возможность более интенсивной обдувки, например, подачей воздуха вдоль пряди.

Механизмы для резки коротких макаронных изделий по диску матрицы устанавливают непосредственно под матрицей и крепят к станине прессы. Режущее устройство механизма имеет один или несколько ножей, прижатых к матрице, которые, вращаясь, отсекают отформованные изделия. Частота вращения ножа (ножей) изменяется с помощью вариатора скоростей в зависимости от скорости формирования изделий.

Для резки всех видов коротких макаронных изделий как по диску матрицы, так в подвесном состоянии используют универсальную режущую машину ЛПС (рис. 11).

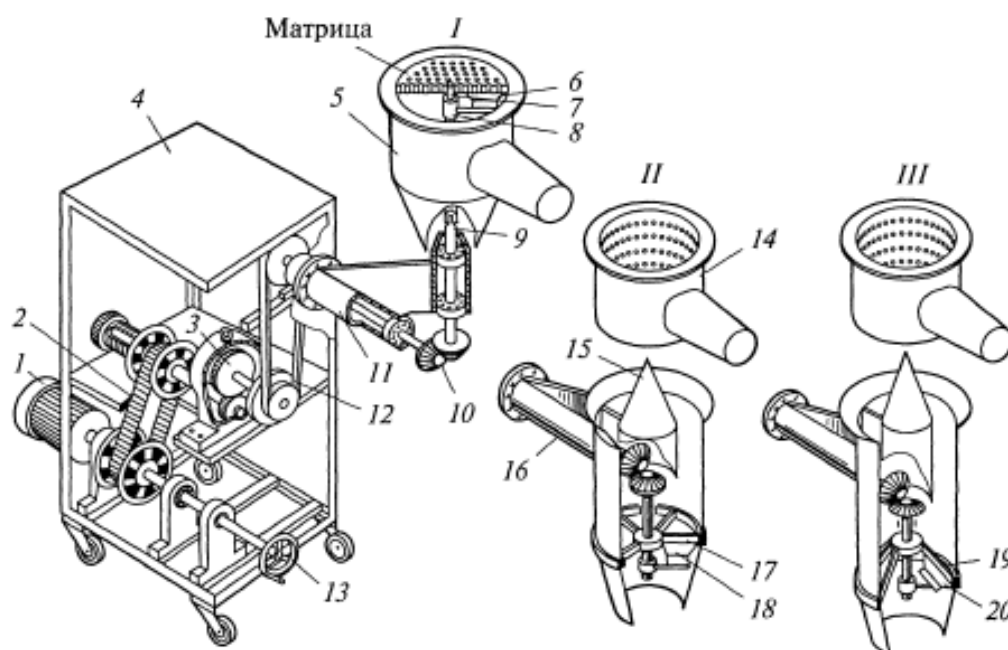


Рис. 11. Универсальная режущая машина ЛПС для коротких макаронных изделий:

*I* - головка для резки по диску матрицы фигурных и мелких макаронных изделий; *II* - головка для резки вермишели и лапши в подвесном состоянии; *III* - головка для резки вермишели, лапши и «перья» в подвесном состоянии; 1 - электродвигатель, 2 - вариатор; 3 - цилиндрическая зубчатая передача; 4 - корпус; 5, 14 - обдувочные кольца; 6 - нож; 7 - винт; 8, 11, 16 - кронштейны; 9 - карданная передача; 10 - редуктор; 12 - клиноременная передача; 13 - штурвал; 15 - конус; 17, 19 - противорежущие грани; 18, 20 - ножи

Режущая машина ЛПС позволяет получать фигурные и мелкие макаронные изделия, а также вермишель, лапшу и «перья» необходимой длины благодаря использованию трех режущих головок различной конфигурации. Они крепятся к передвижному корпусу с помощью кронштейнов. Сверху к установке крепится обдувочное кольцо с патрубками для подачи воздуха на макаронные изделия, выходящие из матрицы. В головке для резки по диску матрицы нож свободно скользит по её нижней плоскости с частотой вращения в пределах от 18 до 675 мин<sup>-1</sup>. При необходимости головке данного типа можно установить до четырех режущих ножей. В свою очередь на вертикальном валу головки для резки вермишели и

лапши в подвешном состоянии установлен кронштейн с одним ножом, который при вращении скользит по кромкам противорезающих граней, срезая при этом вермишель или лапшу заданной длины. При использовании режущей головки третьего типа, которая также снабжена одним ножом, срез концов макаронных трубок получается под углом 45 ° (изделия в форме «перьев»). Затем короткие макаронные изделия подаются для раскладки.

Для резки и развешивания длинных изделий на бастуны используют автоматические саморазвешивающие механизмы [1, 9, 25].

Возможные виды брака сырых изделий, возникающие при резке, и способы их устранения представлены в табл. 11.

Таблица 11. Возможные виды брака сырых изделий, возникающие при резке

Виды брака	Возможные причины	Методы устранения
Трубчатые изделия имеют смятые (закупоренные) торцы; трубки выпрессовываются сплюснутыми	Чрезмерно мягкое (влажное) тесто Отсутствует обдувка изделий Недостаточное прилегание режущего ножа к матрице Затупилось лезвие ножа	Снизить влажность теста на 1 - 2 % Включить обдувку  Отрегулировать положение ножа Заточить лезвие ножа
Слипание изделий между собой	Чрезмерно мягкое тесто.  Отсутствует обдувка изделий	Снизить влажность теста на 1 - 2 %. Включить обдувку
Образование трещин в местах перегиба изделий на бастунах	Тесто имеет недостаточную пластичность. Чрезмерное подсыхание поверхности выпрессованных изделий	Повысить влажность теста.  Снизить интенсивность обдувки или отключить обдувку наружной стороны изделий
Прилипание изделий к бастунам	Чрезмерно мягкое тесто.  Отсутствует обдувка изделий	Снизить влажность теста на 1 - 2 %. Включить обдувку

### Контрольные вопросы

1. С какой целью и при каких условиях проводят обдувку сырых макаронных изделий?
2. Какими способами нарезают короткие макаронные изделия?
3. Благодаря чему достигается универсальность работы режущей машины ЛПС для коротких макаронных изделий?
4. Перечислите причины и способы устранения смятых торцов трубчатых макаронных изделий при резке.
5. Чем вызвано растрескивание макаронных изделий на бастунах? Какими методами можно предупредить данный вид брака?

## 9. СУШКА, СТАБИЛИЗАЦИЯ И ОХЛАЖДЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ

Сушка полуфабриката макаронных изделий проводится с целью удаления влаги, закрепления формы изделий, предотвращения протекания нежелательных биохимических и микробиологических процессов. Высушивание заканчивают по достижении изделиями влажности 13,5 - 14 %, чтобы после остывания согласно ГОСТ 31743-2017 влажность готовых макаронных изделий составила не более 13 %.

Данная стадия технологического процесса является наиболее длительной. От создания правильных условий сушки зависит прочность готовой продукции, стекловидность в изломе, кислотность и сохранность. Слишком интенсивная сушка приводит к образованию трещин на поверхности макаронных изделий. Слишком медленная сушка может способствовать закисанию и развитию плесени. Наиболее распространенным способом сушки макаронных изделий является обдувание нагретым воздухом - конвективная сушка, которая в зависимости от температуры на одной или нескольких стадиях может быть низко-, высоко- и сверхвысокотемпературной. Намного реже применяются способы сушки, основанные на использовании инфракрасного излучения, а также в электромагнитном поле токов высокой и сверхвысокой частоты (рис. 12) [1].

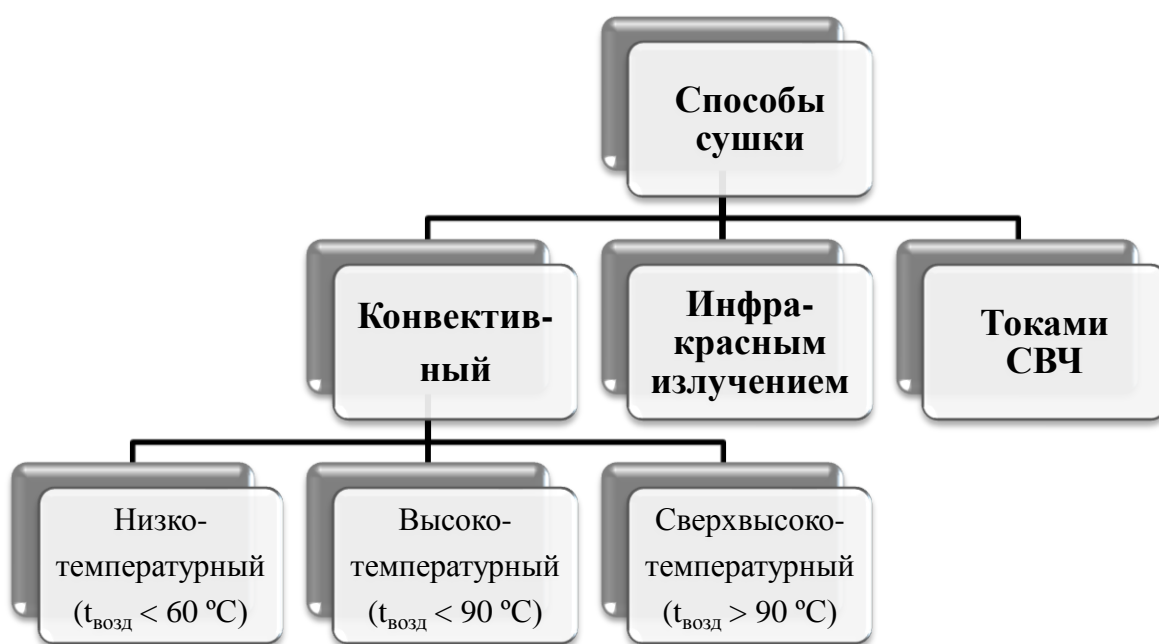


Рис. 12. Способы сушки макаронных изделий

## 9.1. Особенности сушки макаронных изделий как капиллярно-пористых материалов

Макаронные изделия по своей структуре относятся к капиллярно-пористым материалам. Подобные материалы содержат влагу, которая связана с веществом силами различной природы. Характер связи влаги с материалом имеет решающее значение для процесса сушки. Основными формами связи влаги с материалом являются химическая, физико-химическая и механическая.

В случае *химической связи* вода удерживается молекулами вещества за счет сил химического взаимодействия. Для ее удаления требуется подвод большого количества тепла или химическое воздействие на высушиваемый материал.

*Физико-химическая связь* предполагает наличие адсорбционно связанной влаги, которая наиболее прочно удерживается материалом, в свою очередь, осмотически связанная и структурная влага (влага набухания) менее прочно связана с материалом. Её содержание значительно превышает количество адсорбционно связанной влаги.

*Механически связанная* влага – это влага, находящаяся в макро- ( $r > 10^{-5}$  см, где  $r$  – радиус капилляра) и микрокапиллярах ( $r < 10^{-5}$  см) тела, а также влага смачивания. Капиллярная связь обусловлена силами поверхностного натяжения и капиллярным давлением. Капиллярная влага более прочно связана с материалом, чем влага набухания. Влага смачивания находится в порах и пустотах тела, а также на его поверхности. Это наименее прочно связанная влага.

Таким образом, химически связанную, адсорбционную и капиллярную влагу сложнее всего удалить при сушке.

Конвективный способ сушки основан на тепло- и влагообмене между высушиваемым материалом и нагретым сушильным воздухом, который обдувает изделия. Процесс сушки заключается в перемещении влаги, находящейся внутри изделия к его поверхности, превращении влаги в пар и его удалении с поверхности изделия. При этом сушильный воздух выполняет следующие основные функции:

- отдает материалу энергию (теплоту), необходимую для превращения воды в пар;
- поглощает пар, испаряющийся с поверхности изделий;
- удаляет испарившийся пар с поверхности.

Основными параметрами сушильного воздуха, определяющими скорость высушивания, являются температура, относительная влажность и скорость движения. Чем выше температура сушильного воздуха, тем интенсивнее происходит испарение влаги с поверхности изделий; чем ниже относительная влажность воздуха, т.е. чем он «суше», тем интенсивнее он будет поглощать испаряющуюся влагу; чем выше скорость движения воздуха над изделиями, тем быстрее будет отводиться от них испарившаяся влага.

Кривая сушки, показывающая особенности протекания данного процесса, характеризует зависимость изменения влажности материала (в % к массе сухого вещества) во времени –  $\tau$  (рис. 13).

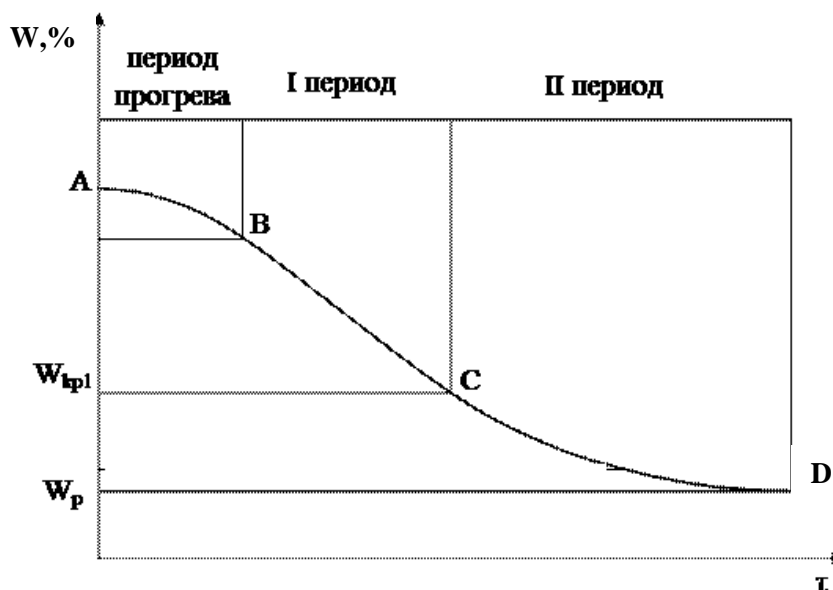


Рис. 13. Кривая сушки материала

В начале процесса сушки влажность незначительно убывает в течение небольшого отрезка времени – участок AB (*период прогрева*).

Затем на участке I (BC) наблюдается близкая к линейной зависимость изменения влажности во времени, процесс сушки протекает с постоянной скоростью.

В точке C, когда влажность материала достигает своего критического значения  $W_{кр1}$ , скорость сушки начинает монотонно снижаться (отрезок CD) – участок II.

В точке D влажность материала достигает равновесного при данных условиях (температуре, давлении) значения  $W_p$ . При этом скорость сушки близка к нулю – на этом процесс завершается.

Сушка макаронных изделий, как капиллярно-пористых материалов, также протекает в три периода. Первый период соответствует прогреву изделия во всем объеме. В конце этого периода наблюдается значительный рост скорости сушки. Второй период характеризуется постоянной скоростью сушки. Он обусловлен удалением, в основном, той части влаги, которая наименее прочно связана с крахмалом. В третьем периоде происходит обезвоживание белковых соединений, которые удерживают влагу прочнее, чем крахмал.

В настоящее время используют следующие режимы конвективной сушки макаронных изделий:

- низкотемпературный (НТ) с температурой сушильного воздуха не более  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- высокотемпературный (ВТ), при котором температура сушильного воздуха на одной или нескольких стадиях достигает  $70 - 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;



- сверхвысокотемпературный (СВТ), при котором температура сушильного воздуха на одной или нескольких стадиях составляет более 90 °С.

Трудность сушки макаронных изделий заключается в том, что в слое крутого макаронного теста возникают большие градиенты влажности. Они приводят к развитию внутренних напряжений, что может вызвать растрескивание изделий. Поэтому при сушке необходимо создавать режимы, при которых разность между влажностью наружных и внутренних слоев должна быть минимальной.

Для выполнения этого условия на производстве используют пульсирующий режим сушки, состоящий из трех стадий (рис. 14).

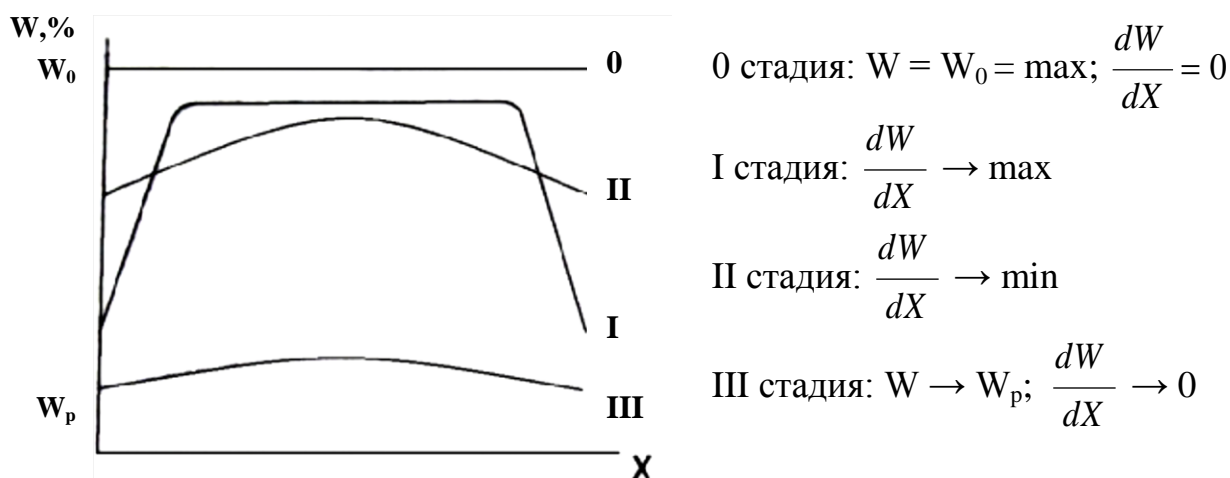


Рис. 14. Пульсирующий режим сушки

0 стадия – исходное (равномерное) распределение влаги по толщине  $X$  сырых макаронных изделий.

I стадия – жесткий режим сушки при низкой относительной влажности и высокой температуре; в результате стабилизируется форма изделий, предотвращается вытягивание и закисание.

II стадия – отволаживание, при котором в сушильной камере создается высокая относительная влажность воздуха и температура. В результате происходит увлажнение поверхностного слоя и, как следствие этого, снижается градиент влажности и внутренние напряжения. На данной стадии происходит перераспределение влаги во всей толще макаронных изделий.

III стадия – окончательная сушка – мягкий режим, при котором скорость испарения влаги соизмерима со скоростью ее перемещения из внутренних слоев изделия к внешним. После завершения сушки макаронные изделия медленно охлаждаются (стабилизируются) в специальных накопителях-стабилизаторах и направляются на упаковку [1, 11].

## 9.2. Изменение свойств макаронных изделий в процессе сушки

Особенностью сушки макаронных изделий является изменение их структурно-механических свойств и размеров. Во время сушки влажность продукта снижается с 29 - 30 % до 13 %, при этом происходит постепенное сокращение линейных и объемных размеров, усадка изделий составляет 6 - 8 %.

Сырые изделия, поступающие на сушку, являются пластичным материалом и сохраняют пластические свойства примерно до 20 %-й влажности. При снижении влажности примерно от 20 до 16 % они постепенно приобретают свойства, характерные для упругого материала. При такой влажности макаронные изделия являются упруго-пластичным телом. Начиная примерно с 16 %-й влажности, макаронные изделия становятся твердым упругим телом и сохраняют его свойства до конца сушки.

При *мягких режимах* сушки, т.е. медленном высушивании воздухом с низкой сушильной способностью, перепад по влажности между внешними и внутренними слоями невелик, так как влага из более влажных внутренних слоев успевает переместиться к подсушенным наружным слоям. Все слои изделий сокращаются приблизительно равномерно: усадка изделий увеличивается прямо пропорционально снижению их влажности (рис. 15, кривая 1).

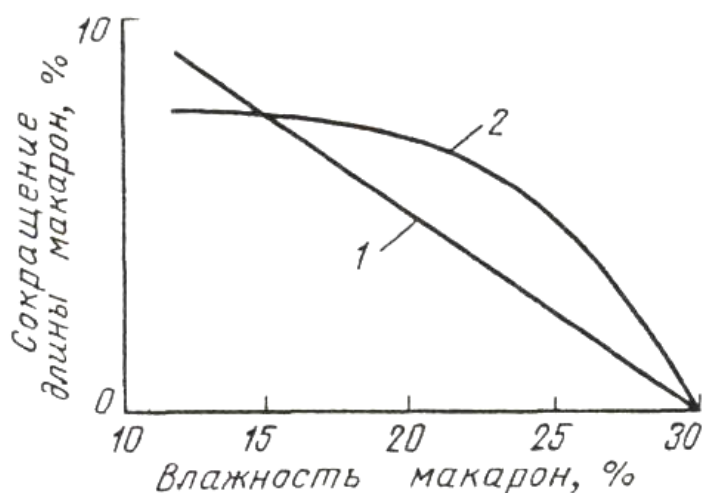


Рис. 15. Кривые усадки макарон:

1 - при мягком режиме сушки; 2 - при жестком режиме сушки

При *жестких режимах* сушки, т.е. интенсивном высушивании воздухом с высокой сушильной способностью, перепад по влажности между внешними и внутренними слоями достигает значительной величины, поскольку влага из центральных слоев не успевает переместиться к внешним. Более сухие наружные слои стремятся сократить свою длину, чему препятствуют более влажные внутренние слои. На границе слоев возникают напряжения, называемые внутренними напряжениями сдвига, величина которых тем значительнее, чем интенсивнее удаляется влага с поверхности

изделий и чем больше перепад во влажностях (градиент влажности). Усадка изделий при жестком режиме сушки происходит неравномерно (рис. 15, кривая 2): в начальный период сушки усадка наиболее интенсивна, а затем она постепенно уменьшается.

До тех пор, пока высушиваемые изделия обладают свойством пластичности, внутренние напряжения сдвига приводят к изменению формы, при этом разрушения продукции не наблюдается (рис. 16).

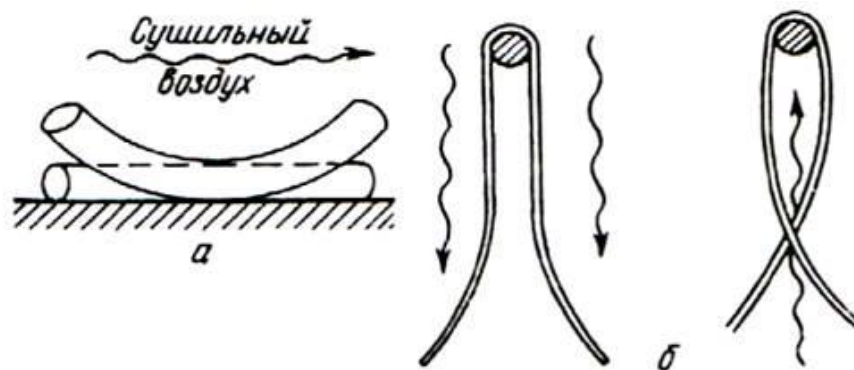


Рис. 16 - Деформация сырых макаронных изделий при жестком режиме сушки:  
а - на рамке; б - на бастуне

Когда макаронные изделия приобретают свойство упругости, возникающие внутренние напряжения сдвига в случае превышения предельно допустимых, критических значений приводят вначале к возникновению микротрещин, которые затем, увеличиваясь, могут привести к разрушению изделий.

Таким образом, макаронные изделия можно высушивать при жестких режимах, не опасаясь появления в них трещин, до влажности 20 %. При достижении продуктом этой влажности во избежание растрескивания необходимо проводить высушивание при мягких режимах, медленно удаляя влагу. Особенно осторожно следует удалять влагу на последних этапах сушки по достижении изделиями влажности 16 % и ниже. Этот вывод находит практическое применение при сушке изделий в сушилках современных поточных линий, в которых процесс сушки разделен на два этапа – предварительную и окончательную сушку.

Однако и при предварительном удалении влаги из изделий, при жестком режиме сушки, необходимо учитывать, что слишком быстрое высушивание сырых изделий воздухом температурой около 60 °С может привести к отслаиванию поверхностного слоя, к образованию чешуйчатой поверхности продукции. Данный вид брака вызван тем, что влага не успевает переместиться к поверхности из центральных слоев плотной структуры макаронного полуфабриката. Кроме того, при таком режиме сушки резкое превращение влаги изделий в пар может привести к образованию пузырьков в толще изделий, обладающих высокой пластичностью в начальный период

сушки. Поэтому увеличивая температуру воздуха в начале сушки, необходимо одновременно повысить и его относительную влажность.

Выходящие из сушилки макаронные изделия имеют температуру, приблизительно равную температуре сушильного воздуха. Поэтому перед упаковкой их следует охладить до температуры упаковочного отделения. Это вызвано тем, что при неконтролируемом испарении влаги из теплых упакованных изделий, особенно в случае герметичной упаковки, например, полиэтиленовых пакетов, она конденсируется на внутренней поверхности упаковки.

Наиболее благоприятным режимом охлаждения является продувка воздухом температурой 25 - 30 °С и относительной влажностью 60 - 65 % в течение не менее 4 ч (*медленное охлаждение*). При этом происходит стабилизация изделий: окончательное выравнивание влажности по всей толщ изделий, устранение внутренних напряжений сдвига, которые могли остаться после интенсивной сушки изделий, а также некоторое снижение массы остывающих изделий за счет испарения из них 0,5 - 1,0 % влаги.

*Быстрое охлаждение* высушенных изделий за счет интенсивного обдува воздухом в охладителях менее желательно: за такой короткий промежуток времени внутренние напряжения сдвига в нестабилизированных изделиях не снижаются, а, наоборот, возрастают из-за испарения влаги с поверхности изделий и увеличения градиента влажности. Если изделия были подвергнуты жесткой сушке, то растрескивание и превращение их в лом и крошку могут произойти уже после упаковывания.

При высокотемпературных и сверхвысокотемпературных режимах сушки макаронные изделия обладают пластическими свойствами вплоть до влажности 16 - 13 % (в зависимости от температуры). При этом критическая влажность изделий, соответствующая моменту перехода материала из пластического состояния в упругое, уменьшается практически до значения влажности готовых макаронных изделий. Поэтому данные режимы можно применять в течение всей сушки, значительно сокращая её продолжительность. Однако в этом случае для предотвращения растрескивания высушенных изделий необходимо тщательно проводить стабилизацию и охлаждение изделий, не допуская последующего испарения из них влаги. Если стабилизация высушенных изделий осуществляется при 70 °С, то относительная влажность воздуха должна составлять около 85 %, после стабилизации изделия можно сразу охлаждать воздухом в цехе с температурой 20-25 °С и относительной влажностью около 65 %: эти параметры соответствуют одинаковой величине равновесной влажности (13 %), поэтому влага не будет испаряться с поверхности изделий при охлаждении [1, 9].

### 9.3. Сушка с использованием низкотемпературных режимов

Самым первым способом сушки, который положил начало использованию низкотемпературного режима, является сушка макаронных изделий на открытом воздухе, когда макаронные изделия сушили в течение 3-5 дней на улице, а ночью переносили в подвал. Медленное испарение влаги из изделий способствовало получению прочного продукта, обладающего особым ароматом вследствие накопления в нем молочной кислоты.

Несколько позже для сушки стали использовали камерные сушилки, т.е. отдельные помещения с определенными температурно-влажностными параметрами; затем шкафные сушилки, в которых поддерживалась температура 30-50 °С. Продолжительность сушки варьировалась от 5 до 8 ч (для коротких изделий) до 16-24 ч (для длинных изделий).

Затем, в конце 40-х - начале 50-х гг. XX века, появились сушилки непрерывного действия: тоннельные – для подвесной сушки длинных изделий и конвейерные – для сушки коротких изделий.

Рассмотрим основные режимы и способы реализации низкотемпературного режима сушки на предприятиях макаронной промышленности.

*Сушка макарон в шкафных сушилках* проводится на лотковых кассетах. Для сушки используют воздух сушильного отделения со следующими параметрами: температура 30-35 °С, относительная влажность воздуха 65-70 %. Воздух нагревается от батареи радиаторов отопления или калорифером, через который в помещение нагнетается свежий воздух. Для более равномерного высушивания периодически, через каждый час, меняют направление движения воздуха в сушильных установках, переключая электродвигатель на работу в обратном направлении, т. е. за счет реверсирования.

Продолжительность сушки – от 20 часов до 24 часов в зависимости от диаметра макаронных изделий.

Сушка макарон в лотковых кассетах, несмотря на простоту используемого нагревательного оборудования, имеет целый ряд недостатков:

- низкая степень механизации, высокая доля ручного труда;
- неблагоприятные условия работы в сушильном отделении;
- уменьшение относительной влажности воздуха или увеличение скорости его движения приводит к растрескиванию продукции;
- увеличение относительной влажности воздуха выше 70-75 % увеличивает риск закисания или развития плесени на макаронных изделиях;
- неравномерная усадка макарон при неравномерном удалении влаги с поверхности, что приводит к сильному искривлению изделий и ухудшению их внешнего вида.

С целью устранения высокой доли ручного труда были созданы механизированные поточные линии с сушкой в лотковых кассетах, в которых сушилки конструируют из нескольких шкафных аппаратов, устанавливаемых

в один или два ряда. С обеих сторон (в однорядных сушилках) или между рядами аппаратов (в двухрядных сушилках) медленно перемещаются стопки кассет с высушиваемыми макаронами. Сушилки обычно заключают в кожух, что позволяет использовать более высокие температуры воздуха – до 40-45 °С, поддерживая при этом влажность воздуха на уровне не более 70-75 %.

Для сушки коротких изделий в закрытых шкафных сушилках можно использовать следующие режимы:

- сушку с постоянной сушильной способностью воздуха при температуре 45-50 °С и относительной влажности 70-80 % – до влажности изделий 13,5-14,5 %;

- трехстадийный режим сушки: 1) предварительная сушка при температуре 55-60 °С и относительной влажности 70-80% – до достижения влажности изделий 20-21 %; 2) отволаживание в течение 30-45 минут при отключении обогрева и вентиляции и при полностью закрытой сушилке; 3) окончательная сушка при температуре 40-45 °С и относительной влажности 70-75% – до достижения влажности изделий 13,5-14,5 %.

После окончания сушки следует стабилизация изделий путем медленного остывания в шкафу в течение 2-3 ч. При этом дверцы сушилки должны быть плотно закрыты, а нагрев и вентиляция отключены.

Необходимо отметить, что использование установки для первичной подсушки коротких макаронных изделий (рис. 17) позволяет создать на их поверхности подсушенную корочку, препятствующую слипанию в процессе дальнейшей сушки в слое на рамках.

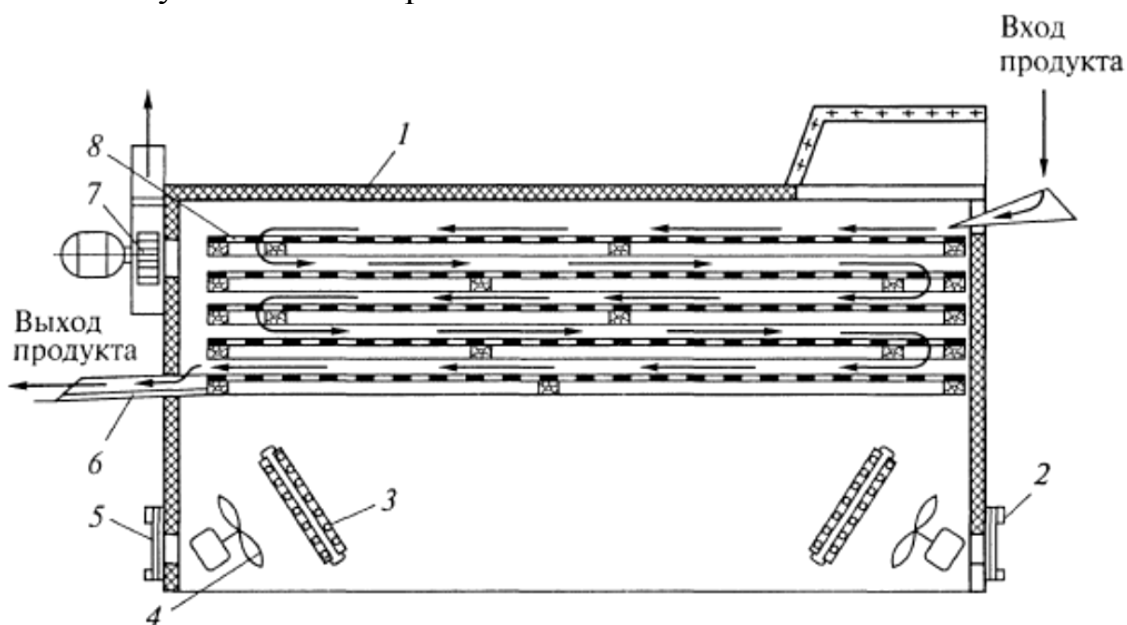


Рис. 17. Схема установки для первичной подсушки коротких изделий:  
 1 - каркас; 2, 5 - регулирующие шиберы для забора воздуха; 3 - калорифер; 4 - вентилятор;  
 6 - лоток; 7- центробежный вентилятор; 8 - металлические вибрирующие сита

Полуфабрикат изделий на сетках трех нечетных рамок перемещается в одном направлении, а на сетках четных рамок – в противоположном. Находясь на сетках, сырые изделия непрерывно обдуваются горячим воздухом, проходящим через сетки рамок снизу вверх. Воздух засасывается из помещения; влажный воздух удаляется центробежным вентилятором через специальное окно в торцевой части установки. В данной сушилке изделия находятся в течение 2-3 мин. При температуре сушильного воздуха 35-45 °С и его относительной влажности 60-70 % влажность изделий за счет испарения влаги с их поверхности снижается на 2-3 %.

#### *Сушка коротких изделий в паровых конвейерных сушилках*

В сушилках данного типа калориферы обогреваются паром, давление которого регулируется манометром. Изделия, лежащие на лентах транспортеров, продуваются воздухом, который засасывается в сушилку через её дно. Свежий воздух нагревается нижним паровым калорифером до 50-60 °С и относительной влажности 15-20 %, проходит через слой изделий, лежащих на нижнем транспортере, отдает им часть теплоты и увлажняется. Ко второй ленте воздух также движется через калорифер, опять нагревается и т. д. На выходе в верхней части сушилки отработавший воздух имеет температуру 50-55 °С и относительную влажность 50 %. Такой режим сушки называется режимом с повышающейся сушильной способностью воздуха: по мере высыхания изделия обдуваются более сухим воздухом.

Продолжительность сушки в таких сушилках зависит от ассортимента изделий и марки сушилки. Толщина слоя изделий на лентах должна составлять не более 5 см.

*Сушка коротких изделий в сушилках автоматизированных поточных линий* при использовании низкотемпературных режимов осуществляется в три этапа: первичная подсушка, предварительная и окончательная сушка.

Цель первичного подсушивания и описание установки для её реализации были приведены ранее.

В предварительной сушилке на протяжении всего времени пребывания в них полуфабриката, он обдувается воздухом с постоянной сушильной способностью.

В окончательной сушилке транспортеры внутри сушилок движутся с разными скоростями, причем их скорости постепенно уменьшаются. Скорость движения транспортеров можно регулировать, что дает возможность изменять продолжительность окончательной сушки в пределах от 6,8 до 10,5 ч.

Таким образом, минимальное время сушки коротких изделий в сушилках линии составляет 7,7, максимальное – 11,9 ч.

Для получения высококачественного прочного продукта в сушилках автоматизированных поточных линий с низкотемпературной сушкой используются более мягкие режимы, чем в паровых конвейерных сушилках (табл. 12).

Таблица 12. Рекомендуемые параметры низкотемпературной сушки коротких изделий в сушилках автоматизированных поточных линий

Сушильная установка	Параметры сушильного воздуха		Толщина слоя сырых изделий на верхней ленте, не более, мм	Продолжительность сушки, не менее	Влажность полуфабриката в конце сушильной установки, не более, %
	t, °C	W <sub>возд</sub> , %			
Установка для предварительной подсушки	35...45	60...70	-	2...3 мин	27...28
Предварительная сушилка	37...47	60...70	60	40 мин	20...22
Окончательная сушилка	40...50	70...80	50	8 ч	13,3...13,5
Стабилизатор-накопитель	25...30	60...65	-	-	13

*Сушка длинных изделий подвесным способом в сушилках автоматизированных поточных линий*

Длинные макаронные изделия сушат подвесным способом с использованием низкотемпературных режимов сушки, для чего ранее достаточно часто, а на некоторых предприятиях и до сих пор применяются отечественные автоматизированные поточные линии Б6-ЛМВ и Б6-ЛМГ с использованием предварительной и окончательной сушки.

В предварительной сушилке Б6-ЛМВ бастуны горизонтально перемещаются при помощи трех гребенчатых транспортеров по двум зонам сушки, отделенным друг от друга перекрытием:

- первая зона (нижняя) имеет один транспортер;
- вторая зона (верхняя) имеет два транспортера.

Внизу сушилки имеется транспортер возврата пустых бастунов. Параметры сушильного воздуха в предварительной сушилке составляют: температура 35-45 °C, относительная влажность 65-75 %. Продолжительность предварительной сушки на линиях Б6-ЛМВ и Б6-ЛМГ составляет около 3 ч, влажность изделий на выходе – не более 20 %.

Окончательная сушилка линии Б6-ЛМВ имеет пять гребенчатых транспортеров. По длине тоннель сушилки разделен на три зоны сушки, между которыми размещены камеры отволаживания. Температура воздуха в зонах сушки составляет 35-45 °C, относительная влажность 70-85 %.

Таким образом, удаление влаги из полуфабриката производится в окончательной сушилке ступенчато: периоды сушки постоянно чередуются с периодами отволаживания, что характерно для пульсирующего режима. Продолжительность окончательной сушки продукции зависит от ассортимента и составляет в среднем 11-12 ч на линии Б6-ЛМВ и 14-15 ч на линии Б6-ЛМГ [1, 25, 26].



#### 9.4. Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки

Основной недостаток низкотемпературных режимов сушки – чрезмерная продолжительность процесса. Переход в 70-х годах XX века всех ведущих зарубежных фирм на высокотемпературные режимы сушки (ВТС) с использованием температуры сушильного воздуха 70 °С и более позволил сократить продолжительность сушки на 40-50 %: длинных – с 16-20 до 10-12 ч; коротких – с 7-8 до 4-6 ч.

Преимущества использования высокотемпературной сушки по сравнению с традиционным режимом:

- снижение расхода энергии, уменьшение производственных площадей на единицу вырабатываемой продукции;
- сушка в пределах 70-90 °С положительно влияет на цвет высушенных изделий: в результате тепловой инактивации фермента полифенолоксидазы замедляется или предотвращается процесс ферментативного потемнения и цвет изделий становится более светлым по сравнению с изделиями, полученными в результате традиционной сушки. Однако необходимо учитывать, что дальнейшее повышение температуры сушки увеличивает вероятность неферментативного потемнения изделий в результате протекания реакции Майяра (меланоидинообразования). Для предотвращения данного процесса относительная влажность воздуха при температуре более 90 °С должна быть не меньше 80 %;
- улучшаются варочные свойства макаронных изделий: сокращается время варки до готовности, так как уже в процессе сушки образуется фиксированная клейковинная решетка, в которой заключены зерна крахмала; снижается слипаемость сваренных изделий, улучшается их консистенция. При этом положительное влияние высоких температур сушки на варочные свойства проявляется в большей степени при производстве изделий из продуктов помолы мягкой пшеницы, чем из твердой. Это объясняется тем, что в изделиях из хлебопекарной муки связующая способность клейковины ниже, чем в изделиях из крупки твердой пшеницы, поэтому при варке клейстеризующиеся зерна крахмала в изделиях из хлебопекарной муки частично разрывают не успевшую еще зафиксироваться белковую решетку;
- снижается степень бактериальной обсемененности. Исследования показывают, что при температуре сушки в пределах 30-50 °С в 1 г изделий может содержаться до  $10^6$  колоний микроорганизмов, при температуре 70 °С этот показатель снижается до  $10^2$ - $10^3$  КОЕ/г. При температуре сушки 80-90 °С и относительной влажности воздуха около 80 % происходит практически полная пастеризация макаронных изделий. Однако следует отметить, что при сушке с использованием сверхвысоких температур (более 90 °С) отмечаются потери пищевой ценности макаронных изделий (примерно на 15 % снижалось содержание лизина от его содержания в муке, тогда, как при традиционном режиме сушки – не более, чем на 10 %).

Среди режимов высокотемпературной сушки (ВТР или ВТС) наибольшее распространение получили три основных режима (рис. 17).

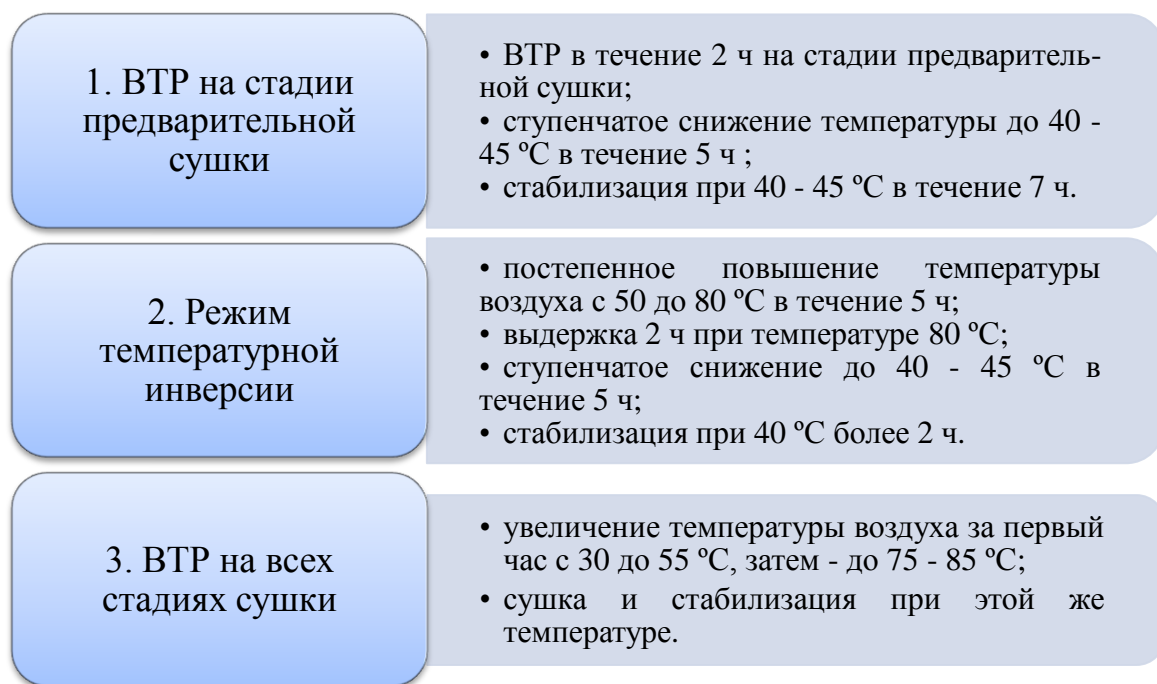


Рис. 17. Режимы высокотемпературной сушки

*Первый режим* способствует усилению степени инаktivации полифенолоксидазы и денатурации белков на стадии предварительной сушки.

*Второй режим* – температурной инверсии. Медленное повышение и ступенчатое снижение температуры способствует получению высокопрочного продукта благодаря тому, что на стадии окончательной сушки и при стабилизации температура продукции превышает температуру окружающего воздуха в течение всего периода сушки. Данный режим сушки имеет много разновидностей и применяется такой фирмой, как *Pavan* (Италия).

*Третий режим* позволяет высушить изделия до влажности 13,0-13,5 % в течение 3-5 ч, стабилизация осуществляется в течение 5-7 ч. При этом влажность воздуха на стадиях окончательной сушки и стабилизации поддерживается на уровне 82 % при температуре 80 °С, что обеспечивает равновесную влажность изделий 13 %. Данный режим сушки используется в сушилках одной из последних моделей линий фирмы *Braibanti* (Италия).

Высокотемпературный режим сушки предполагает точное соблюдение температурно-влажностных параметров сушильного воздуха. В противном случае высока вероятность появления в изделиях чрезмерных напряжений сдвига в результате тех или иных нарушений в заданном режиме. ВТРС на практике стараются применять на оборудовании, оснащённом автоматизированными и компьютерными системами контроля и регулирования заданного режима сушки.

В ещё большей степени это относится к сушильному оборудованию линий со сверхвысокотемпературными режимами сушки (СВТРС), когда

температура воздуха на всем протяжении сушки или на отдельном её этапе превышает 90 °С.

СВТС позволяет еще больше сократить продолжительность сушки, при этом качество готовых изделий остается таким же, как и при ВТС. Недостатком является то, что при нарушении влажности сушки в результате реакции Майяра (при температурах выше 80 °С исключается участие полифенолоксидазы в связи с её инактивацией) цвет изделий может приобрести коричневый оттенок или они могут подгореть.

Для осуществления такого режима сушки необходимо иметь сушилки, рабочие органы которых были бы выполнены из достаточно термостойких материалов и оснащены компьютерными системами управления. Поэтому такое оборудование имеет очень высокую стоимость. В настоящее время все ведущие фирмы отрасли (*Pavan* (Италия), *Braibanti* (Италия), *Bühler* (Швейцария)) производят линии для выработки макаронных изделий в режиме сверхвысокотемпературной сушки.

Так, например, разработанная фирмой *Bühler* система СВТС *Turbothermatic* включает поэтапное повышение температуры воздуха на стадии предварительной сушки до 95 °С (за 45 мин в сушилках для длинных изделий и за 30 мин – для коротких изделий), выдерживание этой температуры в течение 40 мин для длинных изделий и 30 мин для коротких (при относительной влажности воздуха 85 %) и, наконец, в поэтапное снижение температуры сушки до 85 °С на стадии окончательной сушки изделий. Общая продолжительность сушки изделий (без их стабилизации) для спагетти диаметром 1,7 мм составляет 4 ч 25 мин и для коротких изделий – 2 ч 45 мин. Все режимы СВТС предусматривают быстрое снижение влажности изделий и длительный период их стабилизации.

Фирма *Pavan* в последних разработках использует чередование СВТС с периодами стабилизации изделий. Этот режим называется сверхвысокотемпературным пульсирующим режимом и реализуется в сушилках *TAS*, которые имеют две зоны сушки, расположенные одна над другой, и две зоны отволаживания (стабилизации), примыкающие к зонам сушки. В зонах сушки по высоте расположены девять ленточных транспортеров, а в зонах стабилизации – семь. Продукт движется сверху вниз по транспортерам, проходя то зоны сушки, то зоны отволаживания. В первой зоне сушки температура воздуха составляет 95 °С, относительная влажность 40 %, во второй 80 °С и 50 %, соответственно. В первой зоне отволаживания температура воздуха 78 °С, относительная влажность 80 %, во второй – 68 °С и 80 %, соответственно [1, 25].

## 9.5. Сушка с применением энергетических полей

Все вышеперечисленные режимы сушки предполагают конвективный метод подвода энергии для испарения влаги из материала. Значительно более интенсивным методом передачи энергии является воздействие на материал энергетического поля – терморadiационная сушка и сушка в электромагнитном поле высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ).

*При терморadiационной сушке* подвод энергии к объекту высушивания осуществляется от генераторов инфракрасного излучения. При этом макаронное тесто очень быстро прогревается за счет проникновения ИК-излучения на глубину до 2 мм. При более или менее продолжительном воздействии ИК-лучей на макаронный полуфабрикат, из-за быстрого удаления влаги может произойти растрескивание изделий. Поэтому рекомендуется использовать пульсирующий режим терморadiационной сушки: облучение в течение 2-4 с и отволаживание в течение 40-80 с.

В настоящее время такой вид сушки макаронных изделий предлагает только фирма *Pavan* (Италия), оснастившая линии для производства длинных изделий установкой для ИК-облучения «*Rototherm*». Установка представляет собой герметичную теплоизолированную камеру с рядами вертикальных черных пластин, температура которых составляет около 90 °С. Относительная влажность воздуха в камере близка к 100 %. Сначала проводят предварительную сушку изделий, затем они перемещаются в камеру ИК-облучения. При этом макаронные изделия прогреваются по всей толщине до 80 °С, а затем полностью отволаживаются. Далее они поступают на окончательную сушку.

Особенностью сушки в электромагнитном поле высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ) является прогрев материала на всю глубину и создание градиента температуры, направленного к центру материала. Это связано с тем, что под воздействием ВЧ- или СВЧ-поля происходит интенсивное колебание дипольных молекул воды внутри влажного материала, что вызывает выделение теплоты, количество которой возрастает с увеличением частоты электромагнитного поля. Поэтому наибольшее распространение получили СВЧ-генераторы с частотой поля 300-30000 МГц и длиной волны 0,1-0,01 см (этот способ нагрева получил название «микроволновой»).

Данный способ сушки находит более широкое применение при выпечке хлеба и мучных кондитерских изделий, сушке зерна, обжарке какао-бобов.

Стоимость СВЧ-энергии достаточно высока, поэтому для предварительного подсушивания применяют традиционный конвективный способ. Кроме того, СВЧ-нагрев изделий на первой стадии удаления влаги может привести к образованию внутри сырого полуфабриката паровоздушных пузырьков. Но этого можно избежать, используя пульсирующий режим СВЧ-сушки: чередование периодов СВЧ-нагрева и остывания изделий без применения периодов конвективной сушки.

## Контрольные вопросы

1. Перечислите способы сушки макаронных изделий. Какой из них является наиболее распространенным?
2. Укажите основные формы связи влаги с материалом. Какие из них сложнее всего удалить?
3. На чем основан конвективный способ сушки материала?
4. Изобразите кривую сушки материала, какие процессы протекают на каждом из участков?
5. При каких режимах проводится пульсирующий режим сушки макаронных изделий?
6. Чем вызвана необходимость разделения процесса высушивания макаронных изделий на два этапа – предварительную и окончательную сушку?
7. Какие недостатки имеют низкотемпературные режимы сушки макаронных изделий?
8. С какой целью рекомендуют проводить первичную просушку коротких макаронных изделий?
9. В чем состоят особенности низкотемпературной сушки коротких и длинных макаронных изделий на автоматизированных поточных линиях?
10. Какими преимуществами обладают высокотемпературные режимы сушки по сравнению с традиционными?
11. Какие режимы высокотемпературной сушки наиболее распространены на предприятиях макаронной промышленности?
12. Чем сверхвысокотемпературные режимы сушки полуфабриката макаронных изделий отличаются от высокотемпературных?
13. Назовите способы сушки с применением энергетических полей, каковы их особенности и перспективы применения в макаронной промышленности?

## 10. СОРТИРОВКА, УПАКОВЫВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Высушенные и охлажденные макаронные изделия подвергают выборочному контролю качества каждой партии в лаборатории на соответствие требованиям нормативной документации, после чего их упаковывают в крупную (оптовую или транспортную) либо мелкую (потребительскую) тару. Назначение упаковки – предохранять изделия от поломки, загрязнений, действия влаги во время транспортирования и хранения. Упаковка в красочные коробочки и пакеты придает изделиям привлекательный товарный вид.

### *Сортировка и отбраковка продукции*

Назначение сортировки заключается в контроле качества изделий, соответствия их установленным нормам, отбраковке и удалению всех изделий, имеющих различные дефекты. Браком, например, считают недосушенные, растрескавшиеся, сильно деформированные изделия, с повышенной кислотностью или заплесневелые. Перед упаковкой продукцию подвергают тщательному магнитному контролю, особенно короткие изделия, которые сушили на металлических сетчатых конвейерах. Кроме магнитных ловителей, на упаковочных столах устанавливают сетки для отсеивания мучели (мелких частиц сухих изделий).

### *Переработка брака*

Отбракованную в процессе сортировки продукцию, а также технологический полуфабрикат и полуфабрикат макаронных изделий (сырые обрезки, рваные, деформированные, слипшиеся остатки), не потерявшие своих пищевых качеств, т.е. не имеющие загрязнений, посторонних привкусов и запахов, с нормальной кислотностью, без признаков плесени, направляют на вторичную переработку. Сухие отходы дробят на установках в крупку с размером частиц менее 1 мм и в таком виде добавляют в приемную воронку или бункера (силосы) для муки в количестве до 10 % от ее массы.

### *Упаковка макаронных изделий*

Упаковка макаронных изделий осуществляется в соответствии ГОСТ 31743-2017 «Изделия макаронные. Общие технические условия». Макароны фасуют в потребительскую и оптовую тару.

Изделия массой не более 5 кг фасуются в пачки из картона, бумаги и комбинированных материалов по ГОСТ 12303-80 «Пачки из картона, бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия», а также в коробки из картона по ГОСТ 7933-89 «Картон для потребительской тары. Общие технические условия» и в пакеты из бумаги по ГОСТ 13502-86 «Пакеты из бумаги для сыпучей продукции. Технические условия», в пакеты целлюлозной пленки (целлофана) по ГОСТ 7730-89 «Пленка целлюлозная. Технические условия» или других термосвариваемых полимерных и комбинированных материалов.

Расфасованные в потребительскую тару и весовые изделия (насыпь) должны упаковываться в транспортную тару вместимостью не более 30 кг, разрешенную органами Минздрава России, а также вместимостью не более 25 кг – высланные внутри оберточной бумагой по ГОСТ 8273-75 «Бумага оберточная. Технические условия» ящики из гофрированного картона по ГОСТ 13511-91 «Ящики из гофрированного картона для пищевых продуктов, спичек, табака и моющих средств. Технические условия». Допускается использовать новые ящики из гофрированного картона без оберточной бумаги.

#### *Хранение продукции и причины ее порчи*

Ящики, короба и мешки с упакованной макаронной продукцией следует хранить в складских помещениях, на стеллажах или поддонах. Эти помещения должны быть чистыми, сухими, хорошо проветриваемыми, не зараженными амбарными вредителями, защищенными от воздействия атмосферных осадков, с относительной влажностью воздуха не более 70 % и температурой не выше 35 °С. Нельзя хранить изделия вместе с товарами, имеющими специфический запах, так как макаронная продукция хорошо впитывает посторонние запахи. Макароны изделия не боятся низких температур, поэтому их можно хранить в сухих неотапливаемых помещениях.

Гарантийный срок хранения макаронных изделий, приготовленных без добавок, а также с овощными порошками составляет 24 месяца со дня выработки. Яичные и томатные изделия хранятся не более 12 месяцев.

Наиболее частая причина порчи изделий – плесневение в результате повышения влажности. Макароны изделия гигроскопичны. Опасность плесневения возникает при повышении влажности изделий с 13 до 16 %. Кроме того, попадая во влажную среду, макаронная продукция, интенсивно поглощая влагу, может растрескаться.

Макаронные изделия, подобно муке и другим зернопродуктам, могут повреждаться различными вредителями, насекомыми и грызунами. Насекомые могут попадать в сырье и макаронные изделия, как при хранении, так и при перевозках при нарушении целостности тары. Чтобы предотвратить заражение продуктов вредителями, необходимо соблюдать правила транспортирования и хранения, систематически проводить профилактические мероприятия для предупреждения возможности заражения: тщательно проверять зараженность муки, готовых изделий и тары, содержать все помещения и оборудование предприятия в чистоте [1, 5].

### **Контрольные вопросы**

1. Как проводят сортировку и отбраковку макаронных изделий?
2. Какие материалы используют для изготовления тары?
3. При каких условиях необходимо хранить макаронные изделия?
4. Назовите причины порчи макаронной продукции и меры по её предупреждению?

## 11. ПРОИЗВОДСТВО НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В последние годы наряду с производством традиционных видов – сухих макаронных изделий из продуктов помола пшеницы – все большее распространение во многих странах, в том числе и в России, получает разработка и производство нетрадиционных видов макаронных изделий. Это обусловлено рядом причин:

- стремлением к сокращению производственного цикла и энергетических затрат (например, посредством производства полуфабрикатов в сыром виде);
- сокращением времени кулинарной обработки сухих изделий (производство быстрорастворимых изделий и изделий, не требующих варки),
- расширением сырьевой базы макаронного производства путем использования нетрадиционного сырья (например, бесклейковинного крахмалсодержащего).

### 11.1. Сырые макаронные изделия длительного хранения

Наряду с производством традиционных видов макаронных изделий в сухом виде стандарты и нормативные акты большинства стран предусматривают возможность производства и реализации сырых, не подвергнутых сушке макаронных изделий.

В нашей стране действует ГОСТ 31808-2012 «Полуфабрикат макаронных изделий. Общие технические условия», регламентирующий производство и показатели качества полуфабриката макаронных изделий, изготовленного из муки и воды с использованием или без дополнительного сырья и предназначенного для реализации населению для последующего доведения до готовности. Согласно данному стандарту

- полуфабрикат макаронных изделий - технологический полуфабрикат (прошедший формование) на всех стадиях сушки или готовый к реализации в сыром или замороженном виде;
- пастеризованный полуфабрикат макаронных изделий - полуфабрикат макаронных изделий, прошедший пастеризацию.

Полуфабрикат макаронных изделий необходимо хранить с момента производства до продажи, включая транспортирование при температуре:

- охлажденный (в том числе и упакованный под вакуумом) - при температуре  $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- замороженный - при температуре минус  $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- пастеризованный (в том числе, упакованный под вакуумом) - при температуре  $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$  [27].

Срок годности полуфабриката макаронных изделий с использованием антиокислителей, регуляторов кислотности, новых видов упаковок, в том



числе упакованных в регулируемой газовой среде или под вакуумом, может устанавливать изготовитель.

Хранение изделий при температуре не выше  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  допускается в течение не более 30 суток, при комнатной температуре – не более 24 ч. Однако в нашей стране выпуск макаронных изделий в сыром виде не получил широкого распространения. Основная причина этого – непродолжительный срок реализации из-за высокой активности воды в сыром полуфабрикате и, как следствие, быстрая микробиологическая порча.

Для увеличения срока хранения макаронных изделий данного вида применяют следующие методы: замораживание, тепловую обработку, упаковку под вакуумом и в модифицированной газовой среде и некоторые другие способы.

*Замораживание сырых изделий* и хранение их в таком состоянии позволяет в зависимости от глубины замораживания увеличить срок годности до 80-130 суток. Однако такой способ невыгоден с экономической точки зрения и используется, главным образом, для сырых изделий из теста с начинками (пельмени, ravioli и т. п.), хотя в некоторых странах (США, Канада, Япония, Китай) в замороженном виде производят и продают в торговых сетях и макаронные изделия.

Большее распространение для производства сырых макаронных изделий длительного хранения получили следующие способы: термическая обработка, упаковка в вакууме или в модифицированной газовой среде.

Термическую обработку проводят обычно паром, реже – в емкости с горячей водой. При кратковременной выдержке при температуре не менее  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит термическая инактивация микроорганизмов, возрастает насыщенность желтого оттенка изделий, в результате частичной декстринизации крахмала они приобретают воскоподобную поверхность. Все это улучшает внешний вид продуктов.

После термической обработки необходимо проводить подсушку сырых изделий с целью снижения их влажности максимум до 30 %, а также уменьшения степени слипания продукта. Рекомендуются следующие параметры подсушки: температура воздуха не менее  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (для предотвращения дальнейшего развития бактерий) при высокой относительной влажности (для предотвращения трещин на поверхности изделий), в течение 30-50 минут.

Подсушенные изделия охлаждают в герметичной камере для снижения степени обсеменения продукта микроорганизмами воздуха и склеивания изделий между собой. Температурные условия охлаждения сырых изделий, предназначенных для хранения в холодильнике и на воздухе, несколько различаются. При хранении изделий в холодильнике их рекомендуют охлаждать до температуры  $3-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  еще до упаковывания. В случае длительного хранения в комнатных условиях изделия следует охлаждать до температуры порядка  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Окончательная пастеризация упакованной продукции осуществляется воздухом с температурой 95-97 °С (при её превышении возможно образование пузырьков в продукции из-за интенсивного испарения влаги).

Пастеризацию можно осуществлять микроволнами (СВЧ - обработкой), что в еще большей степени увеличивает срок хранения изделий.

Однако необходимо иметь в виду, что нежелательные микроорганизмы могут попадать на изделия с упаковки и затем развиваться внутри ее. Поэтому многие фирмы сырые макаронные изделия упаковывают в пакеты из влаго- и газонепроницаемой пленки, заполненные азотом, диоксидом углерода или их смесью либо предварительно обработанные асептическим веществом. Чаще всего при упаковке сырых макаронных изделий в пакеты в качестве контролируемой газовой среды используют смесь азота и диоксида углерода в соотношении 80 : 20 об. %.

Таким образом, применение замораживания, пастеризации и упаковки сырых макаронных изделий в пакеты с контролируемой газовой средой позволяет исключить стадию сушки изделий, однако требует специальных установок и дополнительных затрат на проведение тех или иных операций. В связи с этим весьма выгодным, особенно для мелких цехов, считается выпуск сырых макаронных изделий, упакованных небольшими дозами во влагопроницаемую упаковку – бумажные пакеты или картонные коробочки. При хранении в такой упаковке в домашних условиях происходит постепенное самовысыхание изделий до определенной равновесной влажности, после чего они могут храниться в течение длительного срока как обычные сухие макаронные изделия.

## **11.2. Быстроразвариваемые и не требующие варки изделия**

К быстроразвариваемым относят макаронные изделия, которые можно полностью сварить в кипящей воде за время, не превышающее 3-5 минут. К макаронным изделиям, не требующим варки, относят изделия, для приготовления которых достаточно выдержки в течение 3-5 минут в горячей воде температурой не менее 80-85 °С.

Технология производства макаронных изделий быстрого приготовления отличается от традиционной использованием гидротермической обработки (пропаривания) и термической обработки (обжаривание в масле или сушка), кроме того, могут различаться способы замеса теста и формования продукта.

Если в технологическом процессе применяется схема «пропаривание-сушка», то в зависимости от используемых режимов могут выпускаться быстроразвариваемые или не требующие варки макаронные изделия.

В случае использования на производстве последовательности «пропаривание-обжарка» для получения готового блюда достаточно выдержать макароны в течение 3-5 минут в горячей воде.

Достоинствами макаронных изделий быстрого приготовления являются:

- высокие вкусовые качества и усвояемость продукта;
- высокая пищевая ценность: в 100 г продукта содержится до 12 г белков; 9...22 г жиров; 60...65 г углеводов; 0,1...0,2 г пищевых волокон;
- высокая энергетическая ценность – 380...460 ккал на 100 г продукта;
- достаточно продолжительные сроки хранения - для обжаренных изделий в зависимости от влажности брикета, способа упаковывания и используемого для обжарки масла – от 3 месяцев до 1 г.; для высушенных изделий – до 1,5 лет [28].

Макаронные изделия быстрого приготовления должны соответствовать требованиям ГОСТ 31749-2012 «Изделия макаронные быстрого приготовления. Общие технические условия» [29].

Развитие производства макаронных изделий быстрого приготовления в нашей стране осуществляется по двум технологиям, которые условно можно отнести к западной и восточной. Обе технологии реализованы в автоматических линиях для производства макаронных изделий быстрого приготовления, обеспечивают высокое качество продукции, однако отличаются по рецептуре и способам обработки полуфабрикатов.

Восточная технология берет свое начало с традиций производства макаронных изделий быстрого приготовления в странах Юго-Восточной Азии (Китае, Вьетнаме, Корее и др.). Основные особенности данного направления заключаются в том, что подготовка сырья включает приготовление вкусового раствора для замеса теста, используется порционная подготовка теста, многоступенчатая раскатка тестовой ленты, её фигурное нарезание и производство макаронных изделий в виде брикетов, при этом предпочтение отдается обжарке.

В западной технологии производства макаронных изделий быстрого приготовления (характерной, например, для Италии, Франции, Германии) проводят непрерывную экструзию тестовой массы, одноступенчатую раскатку тестовой ленты, после гидротермической обработки изделия высушивают. Данная технология, как правило, позволяет получить макаронные изделия традиционного ассортимента, а также сухие завтраки, изделия для детского питания и другие продукты.

Влияние гидротермической обработки сырых изделий может по-разному влиять на свойства готовой продукции. В случае использования кратковременной обработки паром или горячей водой с температурой 96-98 °С имеет место частичная денатурация белков и клейстеризация крахмала, что обеспечивает предварительную проварку изделий. С одной стороны, удается достичь снижения времени варки до готовности, но с другой стороны, возможно появление избыточной слипаемости сырых изделий друг с другом. Для преодоления данной проблемы разработаны специальные технологии, устраняющие поверхностную клейкость изделий, например, путем кратковременного промывания холодной водой.

Полное пропаривание сырого полуфабриката макаронных изделий с начальной влажностью 28-32 % и толщиной стенки 0,6-0,8 мм достигается при обработке перегретым паром с температурой 105-120 °С и давлением

0,8 МПа в течение 5-10 минут. После высушивания крахмал переходит в модифицированное состояние, и при его увлажнении горячей водой свойства клейстеризованного крахмала восстанавливаются.

Макаронные изделия, не требующие варки, производят как из муки твердых, так и мягких сортов пшеницы. В рецептуру вводят соль - до 2 % от массы муки, растительное масло (если предусмотрено рецептурой) – не более 2 %, красители и яичные продукты – не более 5 %. Все добавки вводятся в виде растворов. После замеса теста, проводят формование и высушивание продукции. Температура воздуха в паровой камере должна составлять не менее 100 °С, в установке предварительной сушки – 80-85 °С, окончательной сушки - не более 80 °С. Изделия охлаждают воздухом с температурой 30-35 °С. Влажность готовых макаронных изделий – 11-13 %.

Полученные изделия, после приготовления путем погружения в горячую воду (80-85 °С) в течение 3-5 минут, должны сохранять форму, не допускается склеивание или образование комков.

Необходимо отметить, что производство быстрорастворимых и не требующих варки макаронных изделий является перспективным энергосберегающим технологическим процессом, благодаря которому можно разрабатывать и внедрять новые рецептуры. В качестве дополнительного сырья можно использовать муку других злаковых или бобовых культур, а также применять разнообразные натуральные приправы и специи. Удобство приготовления, высокая сохранность в течение срока годности, высокая питательность и усвояемость макаронных изделий быстрого приготовления делает их незаменимыми в домашних условиях и гарантирует постоянный спрос на этот продукт и широкий рынок его сбыта [1, 28].

### **11.3. Изделия из бесклейковинного крахмалсодержащего сырья (БКС)**

К БКС относятся мука и крахмал злаковых (рис, кукуруза, ячмень, сорго, овес и др.), кроме пшеницы, клубневых (картофель) и бобовых (горох, люпин) культур. Добавление БКС в нативном виде к пшеничной муке при изготовлении макаронных изделий снижает в ней относительную долю основного структурообразующего компонента изделий – клейковинных белков – глиадины и глютенина. В результате ухудшаются структурные свойства макаронных изделий: снижаются прочность и пластичность полуфабриката после прессования, увеличивается слипание и потери сухих веществ при варке изделий. Поэтому допустимое количество БКС в смеси с пшеничной мукой нормального качества при производстве макаронных изделий по традиционной технологии не превышает 10 %.

Для увеличения доли БКС в изделиях некоторые исследователи рекомендуют проводить его предварительную клейстеризацию, исходя из того, что в таком виде БКС приобретает клеящие свойства, способствующие дополнительному закреплению формы изделий. Согласно одному из вариантов физического модифицирования крахмала посредством варки и высушивания водной суспензии получают набухающий крахмал, во втором

варианте, в результате термоэкструзии увлажненного крахмалсодержащего сырья получают экструзионный крахмал [20 - 22].

Однако в результате исследований Г.М. Медведева было установлено, что добавление модифицированного перечисленными термическими способами крахмала, наоборот, снижает прочность макаронных изделий. Потери сухих веществ при варке изделий с модифицированным крахмалом были в среднем на 20 % выше, чем потери сухих веществ при варке изделий с нативным крахмалом. Клейстеризованный крахмал в макаронном тесте образует вместе с клейковиной гомогенную гелеобразную связующую массу, что приводит к значительным потерям сухих веществ при варке.

Макаронные изделия из бесклейковинного крахмалсодержащего сырья очень трудно формовать по традиционной технологии из-за отсутствия вязкотекучих свойств у нативного крахмала при температуре и влажности замеса и формования, характерных для режимов холодной экструзии, используемых в макаронном производстве. Данная проблема может быть решена либо за счет частичной клейстеризации крахмала, либо за счет модификации технологических режимов. Так, Г.М. Медведевым предложена технология изготовления макаронных изделий из БКС (в частности, из рисовой, овсяной, кукурузной, муки, кукурузного и картофельного крахмала) с использованием высокотемпературного замеса теста и формования его в режиме теплой экструзии. При этом высокие температуры замеса теста (до 70 °С) приводят к разрушению кристаллической структуры части крахмальных гранул, а последующее прессование в шнековой камере – к переходу их в так называемое желатинированное состояние. Такой крахмал обладает подобно клейстеризованному хорошими пластифицирующими свойствами, но в отличие от клейстеризации данный процесс происходит в условиях недостатка воды под действием механических сил на тесто со стороны шнека. В результате удается получить бесклейковинные макаронные изделия с хорошими структурными свойствами [1].

### **Контрольные вопросы**

- 1.** Перечислите причины развития технологии производства нетрадиционных видов макаронной продукции.
- 2.** Какие способы используют для увеличения сроков хранения полуфабриката макаронных изделий?
- 3.** Назовите основные достоинства быстрорастворимых и не требующих варки макарон?
- 4.** Чем различаются западная и восточные технологии производства макаронных изделий быстрого приготовления?
- 5.** Каким образом можно решить проблему снижения прочности бесклейковинных макаронных изделий?

## 12. НОРМИРОВАНИЕ И УЧЕТ РАСХОДА СЫРЬЯ В МАКАРОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Назначение учета и контроля на макаронных предприятиях состоит, в первую очередь, в доведении до минимума потерь сырья, продукции и вспомогательных материалов, обеспечении выпуска макаронных изделий высокого качества, соответствующего требованиям стандарта.

### *Затраты и потери сырья*

Один из важных показателей работы макаронного предприятия – это расход сырья в соответствии с установленными нормами, т. е. максимально допустимыми его затратами на выработку единицы продукции.

В макаронном производстве *плановая норма расхода сырья* определяется количеством сырья (муки и добавок), приведенного к влажности 14,5 %, требуемого для изготовления 1 т макаронных изделий влажностью 13,0 %.

Нормирование расхода сырья, т.е. установление плановой нормы осуществляют с целью обеспечения применения в производстве и планировании обоснованных норм расхода сырья для рационального и эффективного его использования и осуществления режима его экономии.

Нормы расхода сырья зависят от технологических затрат, потерь сырья в производстве и отходов при изготовлении макаронных изделий, они рассчитываются по формуле (3):

$$H_c = Z_m + O + П, \quad (3)$$

где  $H_c$  – норма расхода сырья на 1 т изделий, кг;

$Z_m$  – технологические затраты сырья, кг/т;

$O$  – отходы при изготовлении макаронных изделий, кг/т;

$П$  – потери сырья при изготовлении макаронных изделий, кг/т.

При выработке макаронных изделий без добавок норма расхода муки является в то же время и нормой расхода сырья, т.е.  $H_m = H_c$ .

*Технологические затраты муки  $Z_m$* , т.е. ту часть муки, которая используется и переходит в готовую продукцию, определяют по формуле (4):

$$Z_m = [(100 - W_{изд.}) / (100 - W_m)] \cdot 1000, \quad (4)$$

где  $W_{изд.}$ ,  $W_m$  – влажность готовых изделий и муки, соответственно, %.

Таким образом, технологические затраты при выработке изделий без добавок при плановой влажности муки (14,5 %) и плановой влажности изделий (13,0 %) составляют:

$$Z_m = [(100 - 13,0) / (100 - 14,5)] \cdot 1000 = 1017,54 \text{ кг/т.}$$

*Отходы* при изготовлении макаронных изделий представляют собой технологический полуфабрикат из головки пресса, сырые обрезки полуфабриката макаронных изделий, дефектные и слипшиеся макаронные изделия, просыпь из-под сушилок и в упаковочном отделении, выбой из мешков, сход с просеивателей, всевозможный смет, а также сырье для лабораторного контроля, т.е. сырье, теряющееся в процессе производства, которое может быть собрано и взвешено.

Величина отходов зависит от типа и технического состояния технологического и транспортного оборудования, правильности ведения технологического процесса, уровня механизации, мощности предприятия, организации рабочих мест, общей культуры производства и некоторых других факторов. В зависимости от всего этого величина отходов обычно находится в пределах 2-4 кг/т (в расчете на 14,5 %-ю влажность муки).

Плановый норматив отходов при изготовлении макаронных изделий устанавливают путем проведения опытных работ и непосредственных замеров всех видов смета и санитарного брака по участкам технологического процесса.

Величина отходов  $Q$  при плановой влажности муки 14,5 % составляет, кг/т, согласно формуле (5):

$$Q = Q_o \cdot (100 - W_o) / I_{\phi} (100 - W_m), \quad (5)$$

где  $Q_o$  – суммарная масса собранных во время опытной работы отходов, кг;

$W_o$  – средневзвешенная влажность отходов, %;

$I_{\phi}$  – масса макаронных изделий, выработанных во время проведения опытных работ, т;

$W_m$  – плановая влажность муки (14,5 %).

К *потерям сырья* при изготовлении макаронных изделий относят распыл при транспортировании и замесе теста, унос с воздухом аспирационных и вентиляционных устройств, распыл на обуви и спецодежде, смыв при мытье матриц, полов, окон и оборудования, т.е. сырье, теряющееся в процессе производства, которое не может быть собрано и взвешено.

Величина потерь сырья зависит от конструктивных особенностей и технического состояния оборудования, вентиляционных, аспирационных, транспортных устройств, уровня механизации производства, организации теххимического контроля и частоты смены матриц. Величина потерь неодинакова для предприятий разной мощности и обычно находится в пределах от 1 до 2 кг/т в расчете на 14,5%-ю влажность муки.

При определении нормы расхода муки опытно-производственным методом величину потерь сырья рассчитывают по формуле (6):

$$P = [M(100 - W_{m.ф.}) - I_{\phi}(100 - W_{u.ф.}) - Q_o(100 - W_o)] / (0,0855 I_{\phi}), \quad (6)$$

где  $P$  – величина потерь сырья плановой влажности (14,5 %), кг/т;

$M$  – количество муки, переработанной за время проведения опытных работ, кг;

$W_{м.ф.}$ ,  $W_{и.ф.}$ ,  $W_o$  – соответственно средневзвешенная влажность муки, изделий и отходов, %;

$I_{ф}$  – количество выработанных изделий за время проведения опытных работ, т;

$Q_o$  – количество собранных отходов, кг [1, 9].

Рекомендуемые максимально допустимые нормы потерь сырья для предприятий средней мощности приведены в табл. 13.

Таблица 13. Предельно допустимые нормы отходов и потерь сырья при изготовлении макаронных изделий, кг/т

Виды отходов и потерь	Нормы (кг/т)
<i>Отходы:</i>	3,70
выбой из мешков	0,75
смет в мукопросеивательном отделении	0,40
смет в формовочном отделении	0,41
отходы в сушильном отделении	1,02
отходы в упаковочном отделении	0,74
расходы на лабораторные анализы.	0,08
<i>Потери сырья:</i>	1,5
отсев (сход с сит мукопросеивателей)	0,08
унос с вентиляционным воздухом	0,30
потери с моечными водами	0,45
перевес при упаковывании	0,67

### Контрольные вопросы

1. С какой целью проводится нормирование расхода сырья в макаронном производстве?
2. Что относится к отходам при изготовлении макаронных изделий?
3. Чем вызваны потери сырья в производстве?
4. Как определяется норма отходов и потерь муки при производстве макаронных изделий?
5. Какие установлены предельно допустимые нормы отходов и потерь сырья при изготовлении макарон?



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Медведев, Г. М. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий: учебник для вузов. В 3 ч. Ч. 3. Технология макаронных изделий / Г. М. Медведев. - СПб. : ГИОРД, 2006. - 312 с.
2. International Pasta Organisation (IPO) [Электронный ресурс] // URL: <http://ipo.hifispinweb.com/>.
3. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс] // URL: <http://www.gks.ru/>.
4. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания : приказ Министерства Здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614.
5. ГОСТ 31743-2017. Изделия макаронные. Общие технические условия. - Введ. 01-01-2019. - М. : Стандартиформ, 2017. - 12 с.
6. Химический состав российских продуктов питания / под ред. И. М. Скурихина и В. А. Тутельяна. - М. : ДеЛи принт, 2002. - 236 с.
7. ГОСТ 31743-2012. Изделия макаронные. Общие технические условия. - Введ. 01-07-2013. - М. : Стандартиформ, 2013. - 11 с.
8. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. URL: <http://37.rospotrebnadzor.ru/topic/4/>.
9. Вандакурова, Н. И. Технология, организация и оборудование макаронного производства: учеб. пособие / Н. И. Вандакурова. - Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. - 121 с.
10. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. - Введ. 01-07-2018. - М. : Стандартиформ, 2016. - 15 с.
11. Степычева, Н.В. Научные основы производства продуктов питания: учеб. пособие / Н. В. Степычева. - Иваново: ИГХТУ, 2013. - 80 с.
12. ГОСТ 31463-2012. Мука из твердой пшеницы для макаронных изделий. Технические условия. - Введ. 01-07-2013. - М. : Стандартиформ, 2013. - 8 с.
13. ГОСТ 31491 - 2012. Мука из мягкой пшеницы для макаронных изделий. Технические условия. - Введ. 01-07-2013. - М. : Стандартиформ, 2013. - 11 с.
14. ГОСТ Р 52189-2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. - Введ. 01-01-2005. - М. : Стандартиформ, 2005. - 11 с.

15. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread // *Food*. 2008. V. 2 (2). p. 75-90.
16. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01 от 26.10.2001 г.
17. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. - Введ. 30-06-1999. Переизд. 07-09-2010. - М. : Стандартинформ, 2010. - 21 с.
18. ГОСТ Р 54656-2011. Изделия макаронные с обогащающими добавками. Общие технические условия. - Введ. 01-01-2013. - М. : Стандартинформ, 2012. - 11 с.
19. Fuad T., Prabhasankar P. Role of ingredients in pasta product quality: a review on recent developments // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2010. V. 50 (8). p. 787-798.
20. Bustos M. C., Perez G. T., Leon A. E. Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients // *RSC Advances*. 2015. V. 5(39). p. 30780-30792.
21. Bustos M. C., Perez G. T., Leon A. E. Sensory and nutritional attributes of fibre-enriched pasta // *LWT - Food Sci. Technol.* 2011. V. 44 (6). p. 1429-1434.
22. ГОСТ 32908-2014. Изделия макаронные безглютеновые. Общие технические условия. - Введ. 01-01-2016. - М. : Стандартинформ, 2015. - 11 с.
23. Palavecino P.M., Bustos M.C., Alabi M.B.H. Effect of ingredient on the quality of gluten-free sorghum pasta // *J. Food Sci.* 2017. V. 82. P. 2085-2093.
24. ГОСТ Р 52000-2010. Изделия макаронные. Термины и определения. - Введ. 30-06-2011. - М. : Стандартинформ, 2011. - 12 с.
25. Драгилев, А. И. Технологическое оборудование: хлебопекарное, макаронное и кондитерское: учебник / А. И. Драгилев. - СПб. : Лань, 2016. - 432 с.
26. Хроменков, В. М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик / В. М. Хроменков. - СПб. : ГИОРД, 2003. - 496 с.
27. ГОСТ 31808-2012. Полуфабрикат макаронных изделий. Общие технические условия. - Введ. 01-07-2013. - М. : Стандартинформ, 2013. - 11 с.
28. Чернов, М. Е. Производство макаронных изделий быстрого приготовления / М. Е. Чернов. - М. : ДеЛи принт, 2008. - 165 с.
29. ГОСТ 31749-2012. Изделия макаронные быстрого приготовления. Общие технические условия. - Введ. 01-07-2013. - М. : Стандартинформ, 2013. - 19 с.

*Учебное издание*

Киселёва Анастасия Геннадьевна

Макаров Сергей Васильевич

Технология производства  
макаронных изделий

Учебное пособие

Редактор В.Л. Родичева

Подписано в печать 11.02.2019. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага писчая. Усл. печ. л. 5,24. Тираж 50 экз. Заказ  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
редакционно-издательского центра ФГБОУ ВО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7