

Г.А. Осипова

**ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г.А. Осипова

ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рекомендовано редакционно-издательским советом ОрелГТУ
в качестве учебного пособия для вузов

Орел 2009

УДК 664.691(075)
ББК 36.83я7
О74

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой «Технология питания»
Орловского государственного института экономики и торговли
Е.В. Литвинова,

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технология хлебопекарного, кондитерского
и макаронного производств»
Орловского государственного технического университета
Н.А. Березина

Осипова, Г.А.

О74 Технология макаронного производства: учебное пособие для вузов / Г.А. Осипова. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 152 с.

Учебное пособие разработано с учетом требований ныне действующих нормативных документов, новых способов производства нетрадиционных видов макаронных изделий, особенностей современных поточных линий и другого оборудования.

Предназначено студентам высших учебных заведений, обучающимся по специальности 260202 «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» и направлению 260100.62 «Технология продуктов питания».

Может быть использовано аспирантами и преподавателями технических вузов и факультетов, а также специалистами в области макаронного производства.

УДК 664.691(075)
ББК 36.83я7

© ОрелГТУ, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Основные свойства, пищевая ценность и классификация макаронных изделий.....	9
Глава 2. Краткая характеристика основных стадий производства макаронных изделий.....	14
Глава 3. Сырье для производства макаронных изделий.....	17
3.1. Пшеница.....	17
3.1.1. Виды и сорта пшеницы.....	17
3.1.2. Строение и химический состав зерна пшеницы.....	19
3.2. Пшеничная мука.....	25
3.2.1. Виды помола зерна пшеницы.....	25
3.2.2. Химический состав муки и свойства ее основных компонентов.....	27
3.2.3. Макароны свойства муки.....	30
3.2.3.1. Количество клейковины.....	31
3.2.3.2. Содержание каротиноидных пигментов.....	35
3.2.3.3. Содержание темных вкраплений.....	35
3.2.3.4. Крупнота помола (гранулометрический состав, размер частиц муки).....	35
3.2.4. Требования, предъявляемые к качеству муки.....	38
3.2.5. Хранение муки.....	38
3.3. Вода.....	38
3.4. Дополнительное сырье.....	39
3.5. Нетрадиционное сырье.....	40
Глава 4. Подготовка сырья к производству.....	41
4.1. Подготовка муки.....	41
4.2. Подготовка дополнительного сырья и добавок.....	43
Глава 5. Замес и прессование макаронного теста.....	44
5.1. Рецепт и типы замесов теста.....	44
5.2. Дозирование и смешивание ингредиентов теста.....	47
5.3. Уплотнение макаронного теста и резание технологического полуфабриката.....	50
5.3.1. Движение теста в шнековой камере.....	51
5.3.2. Физические свойства уплотненного теста.....	53
5.3.3. Движение теста в каналах матрицы.....	56
Глава 6. Влияние качества муки, параметров замеса и прессования на свойства теста и качество изделий.....	60

6.1. Количество и качество клейковины муки.....	60
6.2. Гранулометрический состав муки.....	62
6.3. Продолжительность и интенсивность замеса.....	65
6.4. Влажность теста.....	69
6.5. Температура теста.....	72
6.6. Вакуумирование теста.....	74
6.7. Внесение добавок.....	79
6.8. Возможные дефекты выпрессовываемых изделий.....	80
Глава 7. Высокотемпературные режимы замеса и резания (формования) технологического полуфабриката (теста).....	82
Глава 8. Резка полуфабриката макаронных изделий.....	88
8.1. Обдувка сырых изделий.....	88
8.2. Резка и раскладка изделий.....	89
Глава 9. Сушка, стабилизация и охлаждение макаронных изделий.....	91
9.1. Конвективный способ сушки.....	92
9.1.1. Основные параметры сушки.....	92
9.1.2. Анализ процесса сушки.....	94
9.1.3. Изменение свойств макаронных изделий в процессе сушки, стабилизации и охлаждения.....	96
9.2. Сушка с использованием низкотемпературных режимов.....	103
9.3. Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки.....	112
9.4. Сушка с применением энергетических полей.....	117
Глава 10. Требования, предъявляемые к качеству макаронных изделий.....	119
Глава 11. Сортировка, упаковывание и хранение готовой продукции.....	120
11.1. Сортировка и отбраковка продукции.....	120
11.2. Переработка брака.....	121
11.3. Упаковка макаронных изделий.....	121
11.4. Хранение продукции и причины ее порчи.....	123
Глава 12. Производство нетрадиционных видов макаронных изделий.....	125
12.1. Сырые макаронные изделия длительного хранения.....	125
12.2. Быстрорастворяемые и не требующие варки изделия.....	129
12.3. Изделия из бесклейковинного крахмалсодержащего сырья (БКС).....	137

Глава 13. Нормирование и учет расхода сырья в макаронном производстве.....	140
13.1. Затраты и потери сырья.....	140
13.2. Учет расхода муки.....	143
Глава 14. Методы контроля качества муки, полуфабриката и готовых изделий.....	146
14.1. Организация теххимического контроля на предприятии.....	146
Литература.....	149

ВВЕДЕНИЕ

Согласно итальянскому закону, на который можно сослаться, так как Италия – страна с самым высоким производством и душевым потреблением макаронных изделий, макаронными изделиями называются продукты, полученные из муки особого помола твердых пшениц (*Triticum durum*) – крупки или полукрупки путем замеса теста, его формования, разделки и последующей сушки.

Первое описание способа приготовления лапши встречается в трактате по кулинарии римского гурмана Апичо, составленном в первые десятилетия новой эры. Документальное упоминание приготовления в Италии блюд из макарон относится к началу XII века, т.е. задолго до знаменитого путешествия Марко Поло в Китай в конце XIII века, который, как принято считать, завез макароны в Европу (1295 г.). Само слово «макароны» не итальянское, оно происходит от греческого прилагательного *macros* – длинный или *makares* – благословенный. Возможно, родилось это слово в кухнях знатных итальянских синьоров, где хозяйничали повара-греки.

Вплоть до середины XIV века макаронные изделия изготавливали только в домашних условиях.

Первые небольшие цехи с примитивной техникой изготовления макаронных изделий появились в Италии в конце XIV века. Первичный замес теста проводился вручную, доработка теста – на тестомялках с длинным рычагом. Макароны и вермишель прессовали на винтовых деревянных прессах с ручным приводом, сушили на рамках в помещениях цехов.

Фабричное производство макаронных изделий возникло в Италии лишь в конце XVIII века, несколько позже – во Франции и Германии. В данном производстве безраздельно господствовал ручной труд.

Первая итальянская фабрика с механическим прессом с конным приводом появилась в 60-х годах XVIII века.

Считается, что в России мелкое кустарное производство макаронных изделий возникло при Петре I, благодаря иностранным ремесленникам. Первая макаронная фабрика была зарегистрирована в 1797 году, в Одессе.

Даже в крепостнический период это производство было очень выгодным делом, т.к. стоимость макаронных изделий в 5...6 раз превышала стоимость муки. Именно поэтому внимание иностранцев было привлечено к русской макаронной муке из превосходных твердых

пшениц и к самому производству макаронных изделий. Лишь в XIX веке русские предприниматели стали постепенно вытеснять из этой сферы производства иностранный капитал.

Развитие техники в XIX веке привело к замене конного привода на паровую машину, созданию механических тестокатов для обработки крутого макаронного теста, появлению мощных гидравлических прессов.

Процесс производства макаронных изделий складывался из следующих операций: замеса теста из муки и воды (3:1) в корыте тестомесилки периодического действия, проминки комков теста на тестокатах (или грамолах), где оно превращалось в связанную массу, далее тесто прокатывали на вальцовках в ленту, которую сворачивали в рулон и оставляли для отлежки на 30...40 мин, накрыв увлажненным брезентом. Готовый рулон подавали в цилиндр гидравлического пресса, где под давлением около 12 МПа тесто продавливали сквозь отверстия матрицы в виде сырых пряжей, которые затем нарезали на нужную длину, укладывали на рамки, затянутые мешковиной (или развешивали на жерди), рамки ставили на вагонетки и отвозили в помещение для сушки – камерные сушилки. Для сушки также использовали шкафные сушилки. В районах с теплым и влажным климатом использовали так называемую «неаполитанскую сушку»: сушили на улице в течение 3...4 суток (при этом происходит накопление молочной кислоты, что придает макаронным изделиям своеобразный вкус).

Данная схема периодического способа производства макаронных изделий с различного рода изменениями и усовершенствованиями использовалась в Италии вплоть до 30-х годов прошлого века, а в СССР – до 60-х годов, т.е. до появления и распространения шнековых прессов, где в едином агрегате непрерывного действия были совмещены все операции по приготовлению макаронных изделий, вплоть до сушки. Первый такой пресс был создан в 1933 году итальянскими инженерами Марио и Джузеппе Брайбанти.

Следующим шагом в развитии макаронной промышленности явились внедрение сушилок непрерывного действия и создание на их основе сочетания со шнековыми прессами механизированных линий: в 1945...1948 гг. – первых линий фирмы «Брайбанти» (Италия) для производства коротких изделий, в начале 50-х годов – первых линий фирмы «Бюлер» (Швейцария) для производства длинных изделий.

Дальнейшее развитие макаронного производства пошло и идет в настоящее время по пути совершенствования технологии и техники

замеса, резания технологического полуфабриката, сушки полуфабриката макаронных изделий, расширения ассортимента (вакуумная обработка теста, матрицы с тефлоновыми вставками, производство изделий быстрораствориваемых и не требующих варки, из нетрадиционных видов сырья и т. д.).

В настоящее время ведущей страной-производителем, потребителем и экспортером макаронной продукции является Италия: среднее производство макаронных изделий колеблется от 1800 до 2500 тыс. т (в 1997 году – 2900 тыс. т) при внутреннем потреблении на душу населения порядка 26 (28,2) кг в год (в южных районах страны – свыше 40 кг в год) и экспортировании до 20 % произведенной продукции. Второе место – у США – 1300...1800 тыс. т в год на душу населения: от 7,4 кг/год в 1987 году до 8,4 кг/год в 1990 году и до 14 кг/год в 2000 году.

В России в конце прошлого столетия выработка макаронных изделий по некоторым данным составляла 680...800 тыс. т в год при потреблении на душу населения до 7 кг в год (в 1997 году – только 473,128 тыс. т). В 2001 г. производство макаронных изделий в России достигло 740 тыс. т, в 2002 г. рост мощностей составил не менее 150 тыс. т. За 2005 г. в России произведено порядка 990 тыс. т макаронных изделий, объем среднедушевого потребления составил 7,2 кг в год. По данным на сентябрь 2007 года, производство макаронных изделий составило 774,8 тыс. т, что свидетельствует о постоянном росте производства.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И КЛАССИФИКАЦИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

По ранее общепринятому определению, макаронные изделия, вырабатываемые промышленностью, – это пищевой продукт, полученный высушиванием до 13%-ной влажности и ниже отформованного теста из пшеничной муки и воды. В соответствии с ныне действующим ГОСТ Р 52000-2002 «Изделия макаронные. Термины и определения», макаронные изделия – это пищевой продукт, изготавливаемый из пшеничной муки и воды смешиванием, различными способами формования и высушивания. При этом допускается изготовление макаронных изделий из других зерновых и незерновых культур и продуктов их переработки с использованием или без использования дополнительного сырья.

В соответствии с данным документом, выделяют следующие *макаронные изделия*: *нативные* – изготавливаемые без использования дополнительного сырья; *традиционные* – изготавливаемые из пшеничной муки и воды с добавлением или без яичных продуктов; *макаронные изделия детского питания* – предназначенные для питания детей в возрасте до 14 лет и отвечающие физиологическим потребностям детского организма; *быстрого приготовления* – не требующие варки; *диетического питания* – предназначенные для лечебного и профилактического питания.

Макаронные изделия, благодаря их низкой влажности, высокой механической прочности, отсутствию в их составе скоропортящихся добавок и веществ, обладающих повышенной гигроскопичностью, могут сохраняться более года без заметных изменений или ухудшений вкусовых и питательных свойств, поэтому их принято называть «консервом теста».

Основные достоинства макаронных изделий как продукта питания:

- способность к длительному хранению (более года) без изменения свойств: макаронные изделия совершенно не подвержены черствению, менее гигроскопичны, чем сухари, печенье и зерновые сухие завтраки, хорошо переносят транспортирование;

- быстрота и простота приготовления (продолжительность варки в зависимости от ассортимента составляет от 3 до 20 мин);

- незначительные потери с варочной водой. Макароны обладают сравнительно высокой водопоглотительной способностью (они поглощают более 2,5-кратного количества воды к своей массе) и, тем не менее, лишь около 4...7 % сухих веществ переходит в варочную воду;

- относительно высокая пищевая ценность: блюдо, приготовленное из 100 г сухих макаронных изделий, на 10...15 % удовлетворяет суточную потребность человека в белках и углеводах;

- высокая усвояемость основных питательных веществ макаронных изделий – белков и углеводов (98 %);

- благодаря применению для производства макаронных изделий высококачественных мучных продуктов, они обладают высокой калорийностью – около 350 ккал на 100 г изделий.

В табл. 1 приведена средняя пищевая ценность макаронных изделий.

Действующий в настоящее время в России основной стандарт на макаронные изделия – ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия». Данный стандарт распространяется на макаронные изделия, изготовленные из пшеничной муки и воды, а также на яичные, молочные, томатные, шпинатные, морковные, соевые, глютеносодержащие и с пшеничным зародышем макаронные изделия и введен в действие 01.01.2003 года.

ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия» предусматривает классификацию макаронных изделий по нескольким признакам.

В зависимости от вида исходной пшеницы и сорта муки макаронные изделия подразделяются на группы А, Б, В и на высший, 1-й и 2-й сорта:

- группа А – изделия из муки твердой пшеницы (дурум) высшего, 1 и 2 сортов (по ГОСТ Р 52668-2006 «Мука из твердой пшеницы для макаронных изделий»);

- группа Б – изделия из муки мягкой высокостекловидной пшеницы высшего и 1 сортов (по ГОСТ 12306-66 «Мука из мягкой стекловидной пшеницы для макаронных изделий. Технические условия»);

- группа В – изделия из пшеничной хлебопекарной муки высшего и 1 сортов (по ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия»).

К слову, итальянский закон ни в каком виде не позволяет использование муки и крупки мягкой пшеницы для производства макаронных изделий, а также их примесей к крупке твердой пшеницы.

Таблица 1

Пищевая ценность макаронных изделий

Продукт	Вода г	Бел- ки, г	Жи- ры, г	Уг- лево- ды, г	Клет- чатка г	Зо- ла, г	Минеральные вещества, мг						Витамины, мг			ЭЦ, кДж	Ус- во- яе- мо- сть, %
							Na	K	Ca	Mg	P	Fe	B ₁	B ₂	PP		
Макаронные изде- лия высшего сор- та без добавок	13,0	10,4	1,1	75,1	0,1	0,5	3	123	19	16	87	1,6	0,17	0,04	1,21	1389	98
Макаронные из- де-лия высшего сор-та с добавка- ми:	13,0	11,3	2,1	73,1	0,1	0,6	17	132	42	17	106	2,1	0,17	0,08	1,21	1414	98
- яичными	13,0	11,8	2,8	72,1	0,1	0,6	21	140	25	23	114	1,7	0,17	0,14	1,22	1427	98
- с увеличенным содержанием яиц	13,0	11,5	2,7	71,8	0,1	0,6	24	136	26	17	116	2,1	0,17	0,10	1,21	1427	98
- молочные																	
Макаронные изделия 1 сорта	13,0	10,7	1,3	74,1	0,2	0,7	12	172	24	45	116	2,1	0,25	0,12	2,22	1393	98

Использование муки из мягкого зерна разрешается только при производстве сырых макаронных изделий с максимальной влажностью 30 %. Норматив, действующий в Италии, идентичен нормативам других стран Европы (Франции и Германии), за исключением того, что в этих странах допускается примесь мягкой пшеницы к твердым, в количестве не более 10 %.

Для макаронных изделий, изготовленных с использованием дополнительного сырья, обозначение группы и сорта макаронных изделий дополняют однозначным с ним названием: например, группа А высший сорт яичные.

В зависимости от способа формования макаронные изделия подразделяются на резаные (формуемые разрезанием на части тестовой ленты), прессовые (формуемые с помощью макаронного пресса) и штампованные (формуемые штампами из тестовой ленты).

В зависимости от формы макаронные изделия подразделяются на следующие типы: трубчатые, нитевидные, ленточные и фигурные.

Трубчатые макаронные изделия подразделяются в свою очередь на подтипы (характеристика макаронных изделий по форме и срезу): макароны, рожки, перья; по размерам поперечного сечения – на виды (характеристика макаронных изделий по размеру сечения): соломка – до 4,0 мм включительно, обыкновенные – от 4,1 до 7,0 мм, любительские – от 7,1 мм и более; толщина стенки трубчатых макаронных изделий – до 2,0 мм включительно.

Нитевидные макаронные изделия, подтип вермишель, по размерам поперечного сечения подразделяются на виды: паутинка – до 0,8 мм, обыкновенная – от 0,9 до 1,5 мм, любительская – от 1,6 до 3,5 мм.

Ленточные макаронные изделия, подтип лапша, по ширине подразделяются на виды: узкая – до 7,0 мм включительно, широкая – от 7,1 до 25,0 мм. Толщина лапши – до 2,0 мм включительно.

Фигурные (плоские или объёмные изделия сложной конфигурации) макаронные изделия подразделяются на прессовые (плоские и объёмные) и штампованные (плоские и объёмные). Допускается различная форма фигурных макаронных изделий при условии их однородности в упаковочной единице.

Макаронные изделия всех типов подразделяются на длинные (не менее 200 мм) и короткие (не более 150 мм). Длинные могут быть одинарными и двойными гнутыми, а также сформованными в мотки, бантики и гнезда. Двойные гнутые – это длинные макаронные изделия, высушенные в подвешенном состоянии на бастунах, т.е. специальных приспособлениях для сушки изделий.

В зависимости от используемой матрицы (матрица – основная часть макаронного пресса, определяющая тип, подтип и вид макаронных изделий) допускают изготовление макаронных изделий с ровной и рифленой поверхностью.

В последние годы в России введен в действие целый ряд стандартов, касающихся производства макаронных изделий, в частности, ГОСТ Р 52377-2005 «Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества», ГОСТ Р 52000-2002 «Изделия макаронные. Термины и определения», ГОСТ Р 52378-2005 «Изделия макаронные быстрого приготовления. Общие технические условия». В связи с введением данных стандартов следует обратить внимание на существенные изменения терминологии в области макаронного производства, а также некоторых параметров замеса макаронного теста. Кроме этого, некоторые ранее широко употребляемые выражения и словосочетания в соответствии с данными документами являются недопустимыми.

ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ СТАДИЙ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Процесс производства макаронных изделий состоит из следующих основных операций: подготовки сырья, замеса макаронного теста, его прессования (или раскатки), резания технологического полуфабриката, резки полуфабриката макаронных изделий, его обдувки и раскладки (или развешивания), сушки, стабилизации, охлаждения высушенных изделий, отбраковки и упаковывания готовых изделий.

Подготовка муки заключается в просеивании муки, отделении от нее металломагнитной примеси, подогреве (температура муки должна быть не ниже 10 °С), смешивании разных партий муки в соответствии с указаниями лаборатории фабрики. Воду по СанПиН 2.1.4.1074-2001 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», предназначенную для замеса теста, подогревают в теплообменных аппаратах, а затем смешивают с холодной водопроводной водой до температуры, указанной в рецептуре. Подготовка добавок состоит в размешивании их в воде, предназначенной для замеса теста, или в смешивании с мукой.

Приготовление макаронного теста. Процесс приготовления теста складывается из дозирования ингредиентов (муки, воды и добавок) и замеса теста.

Ингредиенты вводят при помощи дозаторов, которые непрерывно подают муку и воду с растворенными в ней добавками в месильное корыто в примерном соотношении 3:1.

В месильном корыте идет интенсивное перемешивание муки и воды, увлажнение и набухание частиц муки – происходит процесс, который условно называется замесом макаронного теста, поскольку в отличие от хлебного или бисквитного макаронное тесто к концу замеса представляет собой не сплошную связанную массу, а множество увлажненных разрозненных комков и крошек.

Прессование (или раскатка) теста – это процесс получения технологического полуфабриката, т.е. уплотненного макаронного теста, с помощью нагнетающего шнека или поршня (или с помощью тестораскаточного узла). Цель прессования, иначе называемого экструзией, – уплотнить замешенное тесто, превратить его в однородную связанную вязкопластичную тестовую массу, а затем придать ей определенную форму.

Резание технологического полуфабриката – это процесс получения макаронных изделий заданной формы. Технологический полуфабрикат продавливают через отверстия (фильеры), сделанные в металлической матрице. Форма отверстий определяет форму выпрессовываемых сырых изделий (полуфабриката макаронных изделий). Например, через отверстия круглого сечения можно получить вермишель, прямоугольного – лапшу и т. д.

Резка полуфабриката макаронных изделий – это процесс получения полуфабриката макаронных изделий заданной длины. Во время этого процесса осуществляется *обдувка полуфабриката макаронных изделий* воздухом, т.е. снижение температуры и/или удаление части влаги или масла с поверхности полуфабриката макаронных изделий с целью образования на их поверхности подсушенной корочки для предотвращения слипания изделий между собой, прилипания их к ножам и к сушильным поверхностям.

Раскладка (или развешивание) полуфабриката макаронных изделий. Подготовка полуфабриката макаронных изделий к сушке в зависимости от вида изготавливаемых изделий и применяемого сушильного оборудования заключается либо в раскладке полуфабриката макаронных изделий на сетчатые транспортеры сушилок, сушильные рамки или в лотковые кассеты, либо в развешивании длинных прядей полуфабриката макаронных изделий на бастуны.

Сушка изделий. Цель сушки – удаление влаги из полуфабриката макаронных изделий с целью предотвращения развития биохимических и микробиологических процессов при длительном хранении изделий. Это наиболее длительная и ответственная стадия технологического процесса, от правильности проведения которой зависит в первую очередь прочность изделий. Очень интенсивная сушка приводит к появлению в сухих изделиях трещин, а очень медленная, особенно на первой стадии удаления влаги, может привести к закисанию и плесневению изделий.

В настоящее время на макаронных предприятиях в основном используют конвективную сушку изделий – обдувание их нагретым воздухом.

Стабилизация полуфабриката макаронных изделий осуществляется в конце процесса сушки, является её заключительным этапом, на котором происходит выравнивание влаги и температуры по всей толще макаронного изделия.

Охлаждение высушенных изделий. Этот процесс необходим для того, чтобы снизить высокую температуру изделий, выходящих из

сушилки, до температуры воздуха упаковочного отделения. Если макаронные изделия упаковывать без охлаждения, то испарение влаги будет продолжаться в упаковке, что приведет к уменьшению массы упакованных изделий, а при влагонепроницаемой упаковке – к конденсации влаги на ее внутренней поверхности.

Наиболее предпочтительно медленное охлаждение высушенных изделий в специальных бункерах и камерах, которые называются стабилизаторами-накопителями.

Охлажденные изделия подвергают *отбраковке*, во время которой удаляют изделия, не отвечающие требованиям, предъявляемым к их качеству, после чего изделия упаковывают.

Упаковывание. Готовые изделия упаковывают либо в потребительскую тару (коробочки, пакеты и т. п.) вручную или фасовочными машинами, либо насыпью в оптовую тару массой не более 25 кг (ящики из гофрированного картона, многослойные бумажные мешки и т. п.).

ГЛАВА 3. СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Поскольку качество пищевых продуктов, и в том числе макаронных изделий, обуславливается в достаточной мере качеством исходного сырья, рассмотрим основные виды сырья, используемые для производства макаронных изделий, и их свойства.

Основными видами сырья для производства макаронных изделий (по ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия») служат мука, получаемая размолотом зерна пшеницы, и вода (по ГОСТ Р 52000 -2002 «Изделия макаронные. Термины и определения»), «основное сырье – это рецептурный компонент, массовая доля которого преобладает в рецептуре макаронного теста», т.е. мука.

3.1. Пшеница

Пшеница – одна из самых древних культур, известных человеку еще за 6,5 тыс. лет до нашей эры. В египетских захоронениях, насчитывающих более 4000 лет, найдены пшеничные зерна. В настоящее время это важнейшая продовольственная культура, под возделывание которой во всем мире отводится более 220 млн га земли.

3.1.1. Виды и сорта пшеницы

Известно порядка 20 видов пшеницы, из которых наибольшее распространение получили мягкая и твердая. На долю мягкой пшеницы в нашей стране приходится более 90 % посевов и сборов, твердой – около 7 %. В 2001 г. в России произведено 500 тыс. тонн твердой пшеницы, а для нужд макаронной отрасли требуется около 1 млн т.

Зерновки мягкой и твердой пшеницы различаются между собой по ряду признаков: окраске, форме, стекловидности и т. д. (табл. 2).

Признаки различия зерна мягкой и твердой пшеницы

Признак	Зерно пшеницы	
	мягкой	твердой
Форма	Яйцевидное или овальное, в поперечном разрезе – округлое, с наибольшей шириной в первой трети зерна (ближе к зародышу)	Продолговатое, удлинненное, в поперечном разрезе – угловатое, с наибольшей шириной в середине зерна
Величина	Средней крупности, может быть мелким или крупным	Чаще – крупное
Цвет	Белый или красный разных оттенков	Янтарно-желтый, реже – красный
Стекловидность	Чаще полустекловидное, мучнистое, редко – полностью стекловидная	Стекловидное, реже – полустекловидное
Форма зародыша	Округлый, более или менее вогнутый	Продолговатый, выпуклый

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

- I тип – яровая краснозерная (имеет 5 подтипов);
- II тип – яровая твердая (дурум) (имеет 2 подтипа);
- III тип – яровая белозерная (имеет 2 подтипа);
- IV тип – озимая краснозерная (имеет 5 подтипов);
- V тип – озимая белозерная (не имеет подтипов).

Признаками для разделения пшеницы на подтипы являются цвет зерна и его стекловидность в изломе.

Из отечественных пшениц лучшими макаронными свойствами обладает пшеница II типа – яровая твердая. Она делится на 2 подтипа: 1 – яровая темно-янтарная, 2 – яровая светло-янтарная. Сорта этой пшеницы культивируют в степных засушливых районах на хорошо удобренных почвах с высоким содержанием извести, калия и фосфора. В нашей стране ее основные посевы сосредоточены в нижнем и среднем течении реки Урал, в Поволжье, на Кубани, Алтае. Широко распространена твердая пшеница в Средиземноморских странах, в первую очередь – в Италии, а также Канаде, меньше – в США, Аргентине, Индии.

В России ко II типу относятся яровые пшеницы основных чистосортных селекционных сортов: Гордеиформе 10 Алтайского края; Гордеиформе 27 Кубани; Мелянопус 69 Саратовской и Ростовской областей, Казахстана и Армении; а также сорт пшеницы Народная.

Примером использования новых сортов пшеницы в макаронном производстве могут служить данные, опубликованные в статьях Н.М. Дерканосовой с соавторами «Перспектива использования новых сортов яровой твердой пшеницы в производстве макаронных изделий» и «Комплексное исследование технологии макаронных изделий из новых сортов пшеницы».

Кстати, надо заметить, что не было обнаружено никаких доисторических следов твердой пшеницы, что дает основания считать ее более поздним сортом. По данным доктора Г. Хэберли («Бюлер», Швейцария), в литературе нет описаний твердой пшеницы, датированных ранее 1566 г.

Для изготовления макаронных изделий хорошего качества пригодны также некоторые сорта мягкой яровой белозерной пшеницы (тип III), отличающиеся высокой стекловидностью и большим содержанием белка. Мука, получаемая размолотом зерна мягкой пшеницы с низкой степенью стекловидности (мучнистое зерно), используется для изготовления макаронных изделий только при недостатке продуктов помола твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы, поскольку она имеет более низкие макаронные свойства.

На классы пшеница подразделяется по следующим показателям: натура зерна, содержание сорной и зерновой примеси, влажность.

Что касается сортов, то известно, что озимые сорта пшеницы (даже твердой) имеют более низкий процент стекловидных зерен, меньшее содержание белковых веществ, значительно худшие физические свойства клейковины. Они придают белесый, сероватый и даже грязно-серый оттенок тесту, сырым и готовым макаронным изделиям.

3.1.2. Строение и химический состав зерна пшеницы

Зерно пшеницы состоит из оболочек, алейронового слоя, эндосперма и зародыша.

Оболочки. Делятся на плодовые и семенные. Плодовая оболочка покрывает зерно, ее сравнительно легко можно удалить. Семенная оболочка прочно срастается с находящимся под ней алейроновым слоем и состоит из двух слоев: верхнего, содержащего красящие ве-

щества, которые придают окраску зерну, и внутреннего, бесцветного. Клетки всех слоев оболочек имеют одревеневшие стенки, построенные из клетчатки. В созревшем зерне клетки оболочек пустые внутри. Общая масса оболочек довольно значительна – до 9 % массы всего зерна.

Алейроновый слой. Состоит из одного ряда очень крупных клеток, стенки которых довольно толстые и прозрачные, содержат в основном клетчатку. Клетки наполовину заполнены белком – алейроном, а также минеральными веществами и капельками жира. Алейроновый слой играет важную роль при доставке питательных веществ развивающемуся молодому колосу. Масса алейронового слоя составляет 5...7 % массы зерна.

Эндосперм. Составляет главную массу зерна – до 85 %. На 2/3 и более эндосперм состоит из крахмала и содержит 10...15 % белка. Кроме крахмала и белка эндосперм содержит небольшое количество сахаров, клетчатки, жира, минеральных солей и некоторых других веществ. Причем, содержание химических компонентов в разных частях эндосперма неодинаково: его центральные части богаты крахмалом, а части, примыкающие к оболочкам (периферийные части), – белками, сахарами, витаминами, ферментами и т. п.

Зародыш. Составляет 2...3 % массы зерна. Он богат белками, сахарами, жировыми веществами; здесь сосредоточено более половины всех витаминов зерна.

Химический состав частей зерна пшеницы не является постоянным, так как на него, кроме вида и сорта пшеницы, большое влияние оказывают район произрастания, климатические условия, применяемая агротехника выращивания. В табл. 3 приведен средний химический состав зерна пшеницы различных видов.

В зерне твердой и мягкой пшениц различно содержание белка, а также в этих двух видах пшеницы различно и соотношение белковых фракций. Твердая пшеница имеет меньшее количество альбумина и глютеина и большее содержание глобулина и глиаина (табл. 4).

Помимо указанных в табл. 3 веществ, твердая пшеница содержит до 0,5 мг % каротиноидных пигментов, которые практически полностью отсутствуют в мягкой пшенице и в очень небольшом количестве (менее 0,2 мг %) содержатся в мягкой стекловидной пшенице. Именно это свойство является одним из основных показателей твердой пшеницы как основного сырья для макаронного производства, так как красящие каротиноидные пигменты придают макаронным изделиям привлекательный янтарно-желтый цвет.

Таблица 3

Средний химический состав зерна пшеницы (на 100 г зерна)

Культура	Вода, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Клетчатка, г	Зола, г	Минеральные вещества, мг						Витамины, мг		
							Na	K	Ca	Mg	P	Fe	B ₁	B ₂	PP
Пшеница: мягкая озимая	14,0	11,6	1,6	68,7	2,4	1,7	24	379	50	111	339	5,1	0,41	0,17	5,04
мягкая яровая	14,0	12,7	1,6	66,6	3,4	1,7	23	350	57	104	419	5,7	0,46	0,13	7,13
твердая	14,0	12,5	1,9	67,5	2,3	1,8	21	325	62	114	368	5,3	0,37	0,10	4,94

Таблица 4

Содержание белковых фракций в зерне твердой и мягкой пшеницы

В %

Зерно	Альбумины	Глобулины	Глиадин	Глютенин	Остаток
твердой пшеницы	13,2	12,0	39,8	21,5	14,5
мягкой пшеницы	16,2	9,4	34,2	37,6	5,5

Второе основное отличие зерна твердой пшеницы от мягкой – это структура эндосперма: плотная, стекловидная у твердой пшеницы и рыхлая, мучнистая – у мягкой. В поперечном разрезе эндосперм стекловидного зерна напоминает по виду поверхность сколка стекла, а мучнистое зерно имеет в срезе белый цвет.

В формировании стекловидной структуры эндосперма большая роль принадлежит белку и крахмалу, их коллоидным и оптическим свойствам. Согласно К. Гессу и Н.П. Козьминой, в зерне пшеницы существуют два вида белка. Первый – белок *промежуточный* (цвикельпротеин), преобладающий в мучнистом эндосперме, который слабо связан с зернами крахмала в виде отдельных перемычек с наличием воздушных включений, что обуславливает рыхлость эндосперма мягкой пшеницы и его непрочность, такой белок и сразу освобождается от крахмала при разрушении клеток эндосперма. Второй вид – белок *прикрепленный* (хафтпротеин), преобладающий в эндосперме зерна твердой пшеницы, который прочно связан с крахмальными гранулами, обволакивая их и соединяя в монолитную стекловидную массу.

В мучнистом зерне белковые вещества в большом количестве содержатся в периферических частях эндосперма, а в стекловидном они распределены по всему объему эндосперма.

Также установлено, что в период созревания пшеницы в эндосперме откладываются два вида крахмала: сначала пластичный, в виде крупных округлых зерен, а затем – в среднемолочной стадии спелости – мелкозернистый, зерна которого заполняют промежутки между крупными зернами. Размеры крахмальных гранул составляют от 3 до 50 мкм.

В мучнистом эндосперме мелкие зерна, образующиеся в последней стадии созревания зерна, покрытые слоем прикрепленного белка, имеют граненую форму, плотно «упакованы», но слабо связаны между собой, что ведет к образованию рыхлой структуры.

В стекловидном эндосперме те крахмальные зерна, которые образуются на последних стадиях созревания, имеют не граненую, а округлую форму. В большие промежутки между ними как бы вмуровываются более мелкие зерна крахмала и белковое вещество, благодаря чему образуется монолитная система – крахмал-белок. Таким образом, для пшениц макаронного назначения очень важно наличие большого количества округлых зерен вторичного крахмала.

Об уплотненной монолитной структуре эндосперма стекловидных зерен пшеницы и об отсутствии в нем внутренних пустот и промежутков свидетельствует большая объемная масса эндосперма твердой пшеницы: $1,482...1,518 \text{ г/см}^3$ против $1,442...1,471 \text{ г/см}^3$ у мучнистой мягкой пшеницы.

Стекловидное зерно прочнее мучнистого, на его разрушение при размолу затрачивается больше энергии.

Вместе с тем стекловидное зерно дает более высокий выход муки. В нем содержится больше белковых веществ, что имеет решающее значение для получения макаронных изделий высокого качества.

Указанные различия структуры эндосперма стекловидной и мучнистой пшениц обуславливают различия продуктов их помола: твердое, стекловидное зерно при помоле раскалывается на крупинки с острыми гранями, сохраняющими монолитное строение; мягкое, мучнистое зерно при размолу рассыпается на множество отдельных или слабосвязанных зерен крахмала и комочков белка, т.е. образует порошкообразную муку.

3.1.3. Основные требования, предъявляемые к качеству зерна пшеницы

Наиболее важными показателями качества зерна, по которым судят о степени его пригодности для производства макаронных изделий являются, следующие: влажность и натура зерна, масса 1000 зерен, стекловидность и засоренность.

Влажность – один из основных показателей качества. Влажность во многом определяет активность находящихся в зерне микроорганизмов и ферментов, а значит, и скорость протекания различных микробиологических и биохимических реакций. Те или иные виды порчи зерна (прораствание, самосогревание, плесневение и т. д.) при хранении как раз и возникают при его повышенной влажности.

Зерно пшеницы по содержанию влаги делят на 4 состояния:

- сухое – до 14,0 % включительно;
- средней сухости – от 14,0 до 15,5 %;
- влажное – от 15,5 до 17,0 %;
- сырое – свыше 17,0 %.

Натура зерна – это объемная масса зерна, т. е. масса 1 л зерна, выраженная в граммах. Чем выше натура зерна, тем больше в нем содержится полезных веществ и тем оно качественнее.

Масса 1000 зерен характеризует крупноту и полновесность зерна. При прочих равных показателях зерно тем лучше, чем выше масса 1000 зерен.

Стекловидность зерна – один из главных показателей, характеризующих макаронное достоинство зерна пшеницы. Стекловидность можно определить визуально: стекловидное зерно имеет янтарную окраску и кажется просвечивающим. К стекловидным относятся зерна полностью стекловидные или с легким помутнением, когда мучнистая часть занимает не более 1/4 площади поперечного сечения зерна. У мучнистых же все наоборот. Остальные зерна – полустекловидные.

Засоренность зерна. При уборке в зерно неизбежно попадают примеси, наличие которых вызывает необходимость сложной очистки зерна перед его помолом. Примеси подразделяются на две основные фракции: сорную (примеси, не представляющие ценности, а также отличающиеся от основного зерна по составу и вредные в пищевом и кормовом отношениях) и зерновую (примеси, которые в меньшей степени отражаются на качестве зерна и имеют некоторую пищевую и кормовую ценность).

Технические требования к зерну твердой пшеницы по перечисленным показателям представлены в табл. 5.

Потребность отечественных предприятий в зерне твердой пшеницы даже в самые урожайные годы удовлетворяется только на 20...30 %. В связи с этим Россия осуществляет закупки твердой пшеницы за рубежом.

Таблица 5

Технические требования к зерну твердой пшеницы

Показатель	1 класс	2 класс	3 класс
Влажность, %, не более	17-19	17-19	17-19
Натура, г/л, не менее	770	764	745
Содержание примеси, %, не более:			
сорной	5,0	5,0	5,0
зерновой	15,0	15,0	15,0
Содержание зерен пшеницы других типов, %, не более	15,0	15,0	15,0
Стекловидность, %, не менее	-	-	-
Содержание сырой клейковины, %, не менее	28,0	25,0	22,0
Качество клейковины, не ниже группы	2	2	2
Зараженность вредителями хлебных злаков	нет	нет	нет

Примечания: 1. У мягкой ультростекловидной пшеницы стекловидность не менее 60 %.

2. 2-я группа – удовлетворительная эластичность, короткая, средняя или длинная по растяжимости.

Среди стран-экспортеров твердых пшениц в Россию в первую очередь следует упомянуть Канаду. Канадское янтарное зерно амбэ дурум отличается высокими макаронными свойствами и имеет натуру (в среднем) 802 г/л, содержание белка – от 11,7 до 17,1 % (в среднем – 14,1 %). Высоким качеством обладает зерно твердой пшеницы, выращиваемой в Италии. Его натура составляет от 782 до 860 г/л.

3.2. Пшеничная мука

Основным и лучшим сырьем для производства традиционных видов макаронных изделий являются высшие сорта крупитчатых продуктов помола зерна твердой пшеницы, которые по-русски называются «крупка», по-итальянски – «сэмола», по-английски – «семолина».

Крупка существенно отличается от хлебопекарной муки. Она имеет крупитчатую структуру, обладает высоким содержанием белка и хорошим качеством клейковины. При соблюдении технологических режимов производства макаронные изделия из крупки твердой пшеницы имеют в сухом виде янтарно-желтый, золотистый цвет, высокую прочность, стекловидный излом, после длительной варки оставляют прозрачную варочную воду, не теряют формы, не склеиваются между собой, имеют светло-желтый цвет, приятные аромат и вкус.

Однако в связи с дефицитом твердых пшениц для выработки макаронных изделий используется мука из мягких высокостекловидных пшениц и мука хлебопекарная.

3.2.1. Виды помола зерна пшеницы

В России действуют Правила организации и ведения технологического процесса на мельницах, которые устанавливают возможные варианты помолов зерна твердой и мягкой высокостекловидной пшениц и нормы выхода продуктов помола (табл. 6).

Получаемая мука – крупка и полукрупка твердой пшеницы – должна отвечать требованиям ГОСТ Р 52668-2006 «Мука из твердой пшеницы для макаронных изделий», мука крупка и полукрупка мягких высокостекловидных пшениц – ГОСТ 12306-66 «Мука из мягкой стекловидной пшеницы для макаронных изделий. Технические условия».

Таблица 6

*Варианты помолов зерна твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы
и нормы выхода продуктов помола*

Продукты помола	Виды помолов твердой пшеницы							Виды помолов мягких высокостекловидных пшениц						
	2-сорт- ный 75 %	3-сортные 75 %			3-сортные 78 %			3-сортные 75 %			3-сортные 78 %			
Мука:														
высший сорт (крупка)	60	35	40	45	20	30	35	20	30	30	15	20	30	
1 сорт (полукрупка)	-	25	20	15	35	25	20	30	20	25	30	30	20	
2 сорт	15	15	15	15	23	23	23	25	25	20	33	28	28	
Побочные продукты:														
мука кормовая и отруби	21,5	21,5	21,5	21,5	18,5	18,5	18,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	
Отходы	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

В мягких высокостекловидных пшеницах допускается содержание твердых пшениц не более 10 %. В твердых пшеницах допускается содержание мягких не более 15 % (в Италии – 3 %).

3.2.2. Химический состав муки и свойства ее основных компонентов

Поскольку при сортовом помоле зерна стремятся наиболее полно отделить от него оболочки и зародыш, а эндосперм зерна превратить в муку, химический состав муки отличается от химического состава зерна более низким содержанием клетчатки, минеральных веществ, жира и белка при большем содержании углеводов.

Более высокие сорта муки получают из центральной части эндосперма, поэтому в них входит большее количество крахмала по сравнению с низкими сортами муки (содержание крахмала увеличивается от периферии к центру зерна) и меньшее количество белковых веществ, сахаров, жиров и витаминов, ферментов и минеральных веществ, так как они сосредоточены в основном в периферийных частях эндосперма.

Крахмал составляет 4/5 сухого вещества муки (при этом на долю амилозы приходится порядка 23...26 %, амилопектина – 77...74 %).

При комнатных условиях зерна крахмала удерживают 9...10 % влаги. При смачивании холодной водой зерна крахмала частично набухают, сохраняя свою форму и не растворяясь. При 20...30 °С увеличивается объем крахмальных зерен до 50 % от исходного объема, т.е. идет набухание вследствие поглощения большого количества воды. При 40...60 °С – дальнейшее увеличение объема зерен с сохранением их индивидуальности, но с потерей кристаллической структуры. При температуре порядка 62,5 °С начинается процесс клейстеризации, сопровождающийся поглощением 4...5-кратного количества воды, разрывом полисахаридных цепочек, превращением крахмальных зерен в единую гелеобразную, студнеобразную массу – клейстер. Дальнейшее нагревание приводит к тому, что крахмал поглощает еще большее количество воды. Следовательно, клейстеризация крахмала – это процесс его гидротермической деструкции, т.е. необратимого разрушения природной нативной структуры в процессе нагревания при избытке воды.

Однако, если нагревание крахмала происходит в условиях недостатка влаги, неувлажненный крахмал (влажностью около 10 %) даже

при температуре до 90 °С практически не меняет своей структуры; увлажненные до 30...32 % зерна крахмала при температуре 70 °С сохраняют свою форму и только 20 % зерен теряют свою нативную кристаллическую структуру. Т.е. глубина термической деструкции крахмальных зерен увеличивается с повышением температуры и снижается при уменьшении влажности.

Белки – высокомолекулярные вещества, первичная структура которых образована полипептидными цепями из аминокислот, соединенных пептидными связями.

По способности растворяться в различных растворителях белки пшеницы подразделяются на 4 группы:

- альбумины – растворяются в чистой воде и в солевых растворах;
- глобулины – только в солевых растворах;
- глиадины – в водных растворах спиртов – этаноле, метаноле и др. при концентрации спирта 60...70 %;
- глютенины – в щелочи.

Особая роль принадлежит глиадину и глютенину, являющихся клейковинными белками.

Жиры (липиды). Их основная масса находится в зародыше, который стремятся удалить. Поэтому в пшеничной муке жиров менее 2 % и тем меньше, чем выше сорт муки.

Удаление зародыша связано с прогорканием жиров при хранении, которое обусловлено окислением ненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха. При этом кислород присоединяется по месту двойных связей, образуя перекиси. В результате разложения образовавшихся перекисей жирных кислот образуются альдегиды, придающие муке и макаронным изделиям неприятный вкус и запах. Процесс прогоркания ускоряется в присутствии небольшого количества влаги, при повышении температуры и на свету.

Однако, с точки зрения макаронного производства, жиры в муке выполняют важную функцию: в них растворены каротиноидные пигменты, т.е. вещества, окрашенные в желтый или оранжевый цвет (в макаронном производстве – это янтарно-желтый цвет изделий). Основные каротиноидные пигменты это ксантофилл (90 %), эфиры ксантофилла (5 %), каротин (5 %). Биологически активен только β-каротин как провитамин А, но так как его очень мало, пигменты играют лишь эстетическую роль (цвет). Молекулы пигментов имеют много двойных связей, отсюда легкая окисляемость на свету и под действием фермента липоксигеназы в присутствии кислорода и влаги.

Наличие в пшеничной муке некоторого количества липидов (от 1,1 до 2,2 г/ 100 г) также имеет существенное значение для формирования структуры теста. Липиды взаимодействуют с клейковинными белками в процессе приготовления теста, изменяют физические свойства клейковины, участвуя таким образом в формировании ее структуры и обуславливая в некоторой степени ее пластичные и эластичные свойства. Опыты зарубежных исследователей показали, что структура клейковины зависит от присутствия липидов, и их удаление лишает ее способности складываться в характерные для клейковины слои. Продукты окисления липидов, т.е. перекиси и гидроперекиси реакционноспособны и также влияют на физические свойства теста, укрепляя клейковину, переводя ее из группы «слабая» в группу «нормальная» или «крепкая». Дополнительное внесение липидов в пшеничное тесто в известных границах концентраций улучшает как хлебопекарные свойства муки и качество выпекаемого хлеба, так и варочные свойства изделий из макаронного теста. По литературным данным, липиды стабилизируют белковую решетку, а также образуют комплексные соединения с амилозой крахмала, препятствуя ее переходу в варочную среду. Таким образом, липиды муки и дополнительно вносимые в тесто липиды играют важную роль в формировании структуры макаронного теста из пшеничной муки и качества готовых изделий.

Минеральные вещества (вещества, которые после полного сжигания муки остаются в золе). Так как их много в алейроновом слое и оболочках, но мало в центральной части эндосперма, величина зольности определяет сорт муки: чем она меньше, тем выше сорт муки.

Витамины и ферменты находятся в зародыше и периферийных частях эндосперма, примыкающих к оболочке, поэтому в муке практически нет жирорастворимых витаминов и очень мало водорастворимых.

Ферментов в муке также мало, но они играют важную роль в биохимических процессах, происходящих при хранении муки и в процессе производства макаронных изделий.

Однако протеолитические ферменты в условиях макаронного теста проявляют слабую активность: накопления продуктов гидролитического расщепления белков не наблюдается. Углеводно-амилазный комплекс макаронной муки характеризуется слабой атакуемостью крахмала, из-за этого процессы, вызываемые амилолитическими ферментами, существенной роли не играют.

Поэтому следует обратить внимание на ферменты класса оксидаз. Липоксигеназа, например, активна и в сухом продукте влажностью 4...6 %. В присутствии кислорода и влаги данный фермент катализирует окисление ненасыщенных высокомолекулярных жирных кислот с образованием перекисей и гидроперекисей. Они же имеют очень высокую окислительную способность и окисляют далее новые порции ненасыщенных жирных кислот и, следовательно, каротиноиды, отсюда обесцвечивание муки при хранении во влажной среде даже без света.

Однако в отношении производства макаронных изделий необходимо сказать следующее. Долгие годы считали, что наибольшее количество каротиноидных пигментов разрушается на стадиях замеса (40...78 %) и сушки изделий, поэтому ограничивали доступ воздуха к сырью при замесе и использовали антиокислители, тормозящие активность липоксигеназы. Но группа исследователей под руководством Л.А. Бурова и Солимана выдвинула гипотезу, что каротиноиды не разрушаются на стадии изготовления макаронных изделий, так как уже в начальной стадии замеса жиры муки с растворенными в них каротиноидными пигментами образуют с белками связанные и прочносвязанные комплексы, что защищает пигменты от ферментативного и светового разрушения. Лишь небольшая часть пигментов остается в свободном состоянии. Эту часть пигментов раньше считали всеми каротиноидными пигментами и делали вывод о разрушении основной массы каротиноидов.

Т.е., на сегодняшний день установлено, что обесцвечивания макаронной продукции не происходит, но есть другая беда – её потемнение: изделия из муки твердых пшениц приобретают коричневый, а из муки мягких пшениц – серый оттенок. Это связано с присутствием в муке фермента полифенолоксидазы, который в присутствии кислорода и влаги катализирует окислительное разложение аминокислоты тирозин с образованием темноокрашенных соединений – меланинов.

3.2.3. Макароны свойства муки

Макаронные свойства муки, которые характеризуют возможность получения из нее макаронных изделий высокого качества, определяются следующими показателями: количеством клейковины, содержанием каротиноидных пигментов, содержанием темных вкраплений, крупнотой помола.

3.2.3.1. Количество клейковины

В приготовлении теста важнейшую роль играет способность клейковины изменять свою форму под влиянием механических воздействий. Клейковина пшеничной муки характеризуется трехмерной механической моделью, обладающей определенными упругими, вязкими, когезионными и пластичными свойствами. Нерастворимые, но гидратированные частицы белка могут эластично растягиваться под действием нагрузки, но разрываются, когда растягивающее усилие превысит предельное значение. Однако разрушенные клейковинные нити вновь могут «склеиваться», когда под механическим воздействием их концы сближаются, т.е. происходит разрушение одних химических связей и образование новых.

Эти сложные свойства клейковины обуславливают создание структуры теста. Клейковина выполняет роль своеобразного структурного скелета, придающего тесту эластичность и упругость, вязкость и пластичность.

Клейковина в макаронном производстве выполняет две основные функции: является пластификатором, т. е. выполняет роль своеобразной смазки, придающей массе крахмальных зерен текучесть, и связующим веществом, соединяющим крахмальные зерна в единую тестовую массу. Первое свойство клейковины позволяет формовать тесто, продавливая его через отверстия матрицы, второе – сохранять приданную тесту форму.

Уникальность клейковины состоит также в том, что сформированный при прессовании теста клейковинный каркас, удерживающий массу крахмальных зерен в выпрессовываемых сырых изделиях и упрочняющийся затем при сушке изделий, при опускании в кипящую воду, т. е. при варке изделий, не только не разжижается, а напротив – фиксируется, упрочняется в результате денатурации клейковины.

Представленный на рис. 1 в виде кривых характер изменения пластических и прочностных свойств выпрессовываемых сырых изделий в зависимости от содержания сырой клейковины в исходной муке показывает, что оптимальное соотношение между этими свойствами (область пересечения кривых) находится в области содержания сырой клейковины порядка 28 %.

Анализ изменения варочных свойств макаронных изделий, изготовленных из муки с различным содержанием клейковины, показывает, что при содержании сырой клейковины от 28 до 40 % изделия имеют примерно одинаковые значения каждого из показателей, характеризующих варочные свойства, а именно: время варки до готовности, увеличение массы (объема) сваренных изделий, потери сухих веществ изделий в процессе варки, прочность сваренных изделий и степень их слипаемости.

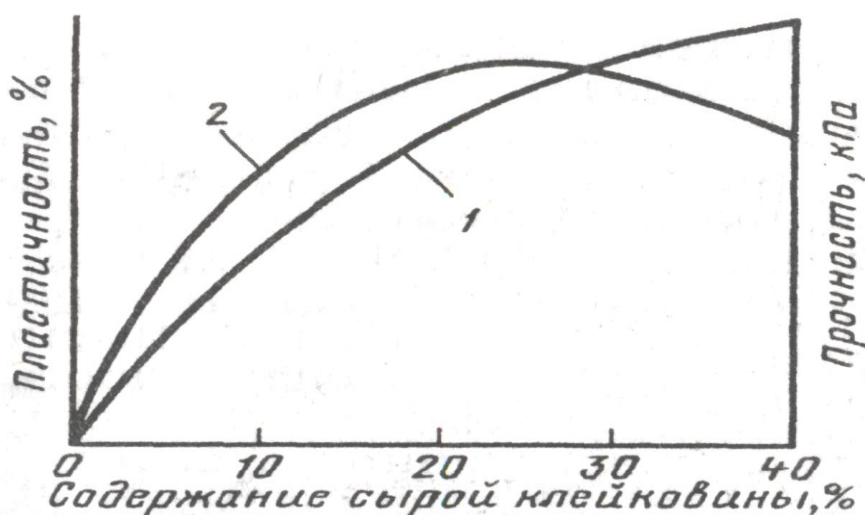


Рис. 1. Характер изменения пластичности (1) и прочности (2) сырых макаронных изделий в зависимости от содержания сырой клейковины в исходной муке

При уменьшении содержания сырой клейковины в муке ниже 28 % резко увеличиваются потери сухих веществ и степень слипаемости, снижается прочность сваренных изделий (они становятся кашеобразными) вследствие чрезмерного ослабления структуры изделий: содержания клейковины не хватает для прочного соединения и удерживания клейстеризующихся зерен крахмала, которые, набухая, разрывают непрочную клейковинную решетку. При увеличении же содержания клейковины в муке выше 40 % для варки изделий требуется более длительное время, а готовая продукция имеет резинообразную консистенцию. Следует отметить, что очень редко встречается мука с таким содержанием клейковины. Как правило, такую муку получают, искусственно добавляя сухую клейковину.

Содержание клейковины в исходной муке определяет белковую ценность макаронных изделий и обуславливает вкус и аромат сваренных изделий. Исходя из этого, следует, что наиболее приемлемой

для производства макаронных изделий является мука с содержанием клейковины до 30...32 % и более. Но следует иметь в виду, что хотя мука с содержанием клейковины 26...28 % менее желательна, при соблюдении правильных технологических режимов она вполне пригодна для производства макаронных изделий нормального качества.

Формирование клейковины в тесте является следствием особого взаимодействия двух белковых фракций муки – глиадины и глютенина. Основу структуры клейковины образует глютенин, с которым плотно ассоциированы молекулы глиадины и других белков, а также некоторые небелковые компоненты.

Молекулярная масса глютенина превосходит молекулярную массу глиадины (2...3 млн единиц атомной массы против 18000...100000), что во многом обуславливает различия в их структурно-механических свойствах: гидратированный глютенин – вязкий, упругий, по свойствам близок к клейковине, но плотнее ее и меньше растягивается, а глиадин – жидкий, сиропообразный, сильно растяжимый, вязкотекучий, липкий. Отсюда характерные для пшеничного теста упругость и эластичность обуславливаются наличием и свойствами глютениновой фракции клейковины, а текучесть и связанность теста определяет глиадиновая фракция. В связи с этим «сила» муки, важный показатель в хлебопекарном производстве, характеризуется в первую очередь наличием и свойствами глютениновой фракции клейковины. Для макаронного производства наиболее ценной фракцией является глиадин: именно его наличие и свойства определяют текучесть и связанность теста. Глютенин же обуславливает необходимую упругость и эластичность сырых макаронных изделий. Кроме того, около 80 % липидов муки формируют связанные и прочносвязанные комплексы именно с глютениновой фракцией белка, которые предохраняют каротиноиды от окисления.

Кривая набухания клейковины, приведенная на рис. 2, показывает, что при температуре 20...30 °С клейковина удерживает максимальное количество воды – примерно двукратное. При увеличении температуры воды до 60 °С и более клейковина поглощает примерно в два раза меньшее количество воды. Учитывая, что при замесе макаронного теста добавляют примерно 1/3 воды от массы муки, можно сказать, что это лишь половина того количества воды, которое может связать и удержать клейковина.

Увеличение температуры приводит к изменению и другого свойства клейковины, особенно важного для макаронного производства, –

снижению связующих свойств в результате денатурации. Однако при снижении влажности клейковины этот процесс замедляется.

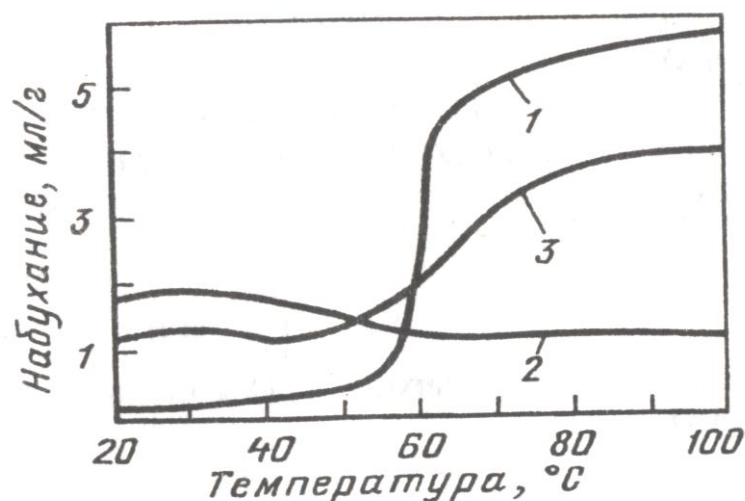


Рис. 2. Кривые набухания водных суспензий крахмала (1), клейковины (2) и пшеничной муки (3) при нагревании

Кривые, приведенные на рис. 3, показывают, что при влажности клейковины, характерной для макаронного теста (100 % массы клейковины), величина снижения ее связующих свойств при температуре 70 °C составляет примерно половину от снижения связующих свойств полностью гидратированной клейковины (влажность 200 %). Полная потеря связующих свойств первой пробы клейковины наступает при 90 °C, второй – при 75 °C.

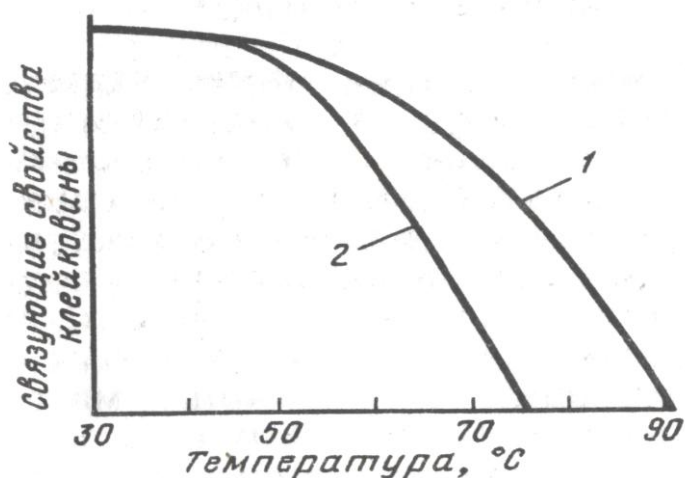


Рис. 3. Характер изменения связующих свойств клейковины влажностью 100 % (1) и 200 % (2) при нагревании

3.2.3.2. Содержание каротиноидных пигментов

Поскольку каротиноидные пигменты придают макаронным изделиям приятный янтарно-желтый цвет, наиболее предпочтительна для производства макаронных изделий мука с высоким содержанием каротиноидов. Это не означает, что мука, например, белого или кремового цвета не может быть использована в макаронном производстве, однако цвет изделий из нее будет менее привлекателен, и цена таких изделий должна быть ниже.

3.2.3.3. Содержание темных вкраплений

Присутствующие в муке частички оболочек, алейронового слоя, зародыша пшеничного зерна и частички семян других культур выступают на поверхности макаронных изделий в виде темных точек, ухудшая внешний вид изделий. Кроме того, наличие в муке значительного количества периферийных частей зерна свидетельствует о повышенном содержании аминокислот и ферментов, в частности, тирозина и полифенолоксидазы, участвующих в нежелательном процессе потемнения макаронных изделий во время сушки. Поэтому с точки зрения внешнего вида макаронных изделий для их изготовления желательнее использовать муку высших сортов.

С другой стороны, чем ниже сорт исходной муки, тем выше пищевая ценность изготовленных из нее изделий – больше содержание белка, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Однако опять же, при неблагоприятных условиях выращивания именно в периферийных частях зерна накапливаются вредные вещества – токсичные элементы, микотоксины, нитраты и пестициды.

3.2.3.4. Крупнота помола (гранулометрический состав, размер частиц муки)

Одним из наиболее важных показателей качества макаронной муки является ее крупность, которая оказывает существенное влияние на физические свойства теста и прочность готовых изделий.

Долгое время среди ученых и исследователей господствовало мнение, что предпочтительной является сравнительно крупная макаронная крупка. Так, один из основоположников теории макаронного производства, В.В. Лукьянов, считал, что чем крупнее частицы муки,

тем более связанным получается тесто, тем прочнее готовые изделия, объясняя это тем, что в условиях недостатка влаги клейковинные белки получают более грубыми, толстыми, менее пластичными, отличаются меньшей склеивающей способностью и в результате оказываются неспособными связать всю массу крахмальных зерен муки тонкого помола в монолитную систему «белок-крахмал», а это приводит к появлению грубошероховатой поверхности и пониженной прочности макаронных изделий.

Т.Н. Ирвин указывал, что при производстве длинных макаронных изделий крупная крупка с частицами однородных размеров является самой пригодной и представляет собой наиболее дорогой сорт. Она должна полностью проходить через сита с размерами отверстий 600 мкм и вся оставаться на сите с размерами отверстий 250 мкм.

Однако при прочих равных показателях муки размер ее частиц в пределах 150...400 мкм не оказывает заметного влияния на качество сухих и сваренных макаронных изделий. Очень же большие частицы крупки, размером 400...500 мкм, не успевают полностью пропитаться влагой во время замеса теста и сохраняют свою индивидуальность при прессовании. А поскольку в исходных партиях зерна твердой пшеницы, идущих на размол в крупку, допускается до 15 % мучнистых зерен мягкой пшеницы, да и зерна твердой пшеницы не всегда полностью стекловидны, содержащиеся в крупке белесые крупные частицы видны на поверхности сухих изделий в виде светлых точек. Это нарушает однотонность цвета изделий, ухудшает их товарный вид.

Гранулометрический состав муки оказывает значительное влияние на ее водопоглотительную способность, играющую решающую роль в процессе получения макаронного теста. Анализ ее показал, что лучшие результаты получают при использовании муки меньшей крупности, но высокой равномерности по гранулометрическому составу. Так, у крупной крупки водопоглотительная способность на 1,5...2 % ниже, чем у мелкой из той же партии зерна, и, кроме того, для нее характерна более высокая стабильность после гидратации. Это объясняется тем, что мелкие частицы имеют большую удельную поверхность в единице массы муки и поэтому адсорбцией может быть связано большее количество воды.

Кроме того, пониженная водопоглотительная способность крупной макаронной крупки, несмотря на высокое содержание белка, связана с затрудненным поглощением влаги крахмалом, т.к. влага к нему

проникает через облегающие его клейковинные нити, которые, забирая воду, с трудом отдают ее крахмалу. С увеличением раздробленности крахмальных зерен водопоглотительная способность муки возрастает. Однако чрезмерная раздробленность может привести к ухудшению структуры теста.

Мука тонкого помола из зерна твердой пшеницы имеет на 1...1,5 % большую водопоглотительную способность, чем та же муки из зерна мягкой пшеницы.

При одинаковом количестве добавляемой при замесе теста воды порошкообразная мука будет давать более вязкое, менее текучее тесто, а крупитчатая мука – более пластичное, более текучее тесто, так как чем меньше размер частиц муки, тем больше их удельная поверхность и, следовательно, водопоглотительная способность. Однако при размере частиц 150 мкм достичь оптимума вязко-пластичных свойств теста можно лишь путем увеличения его влажности, что также повлечет за собой изменение реологических характеристик теста. При размере частиц муки выше 500 мкм необходимо больше времени для замеса теста.

Оптимальное соотношение пластичности и прочности имеет место при размерах частиц от 200 до 350 мкм (рис. 4). Крупка с такими размерами частиц наиболее благоприятна для производства макаронных изделий. Тем более, что порошкообразная мука с размером частиц менее 150 мкм образует много пыли при транспортировании, а также своды при разгрузке бункеров, в которых она хранится, вследствие значительно меньшей текучести по сравнению с крупитчатой мукой.

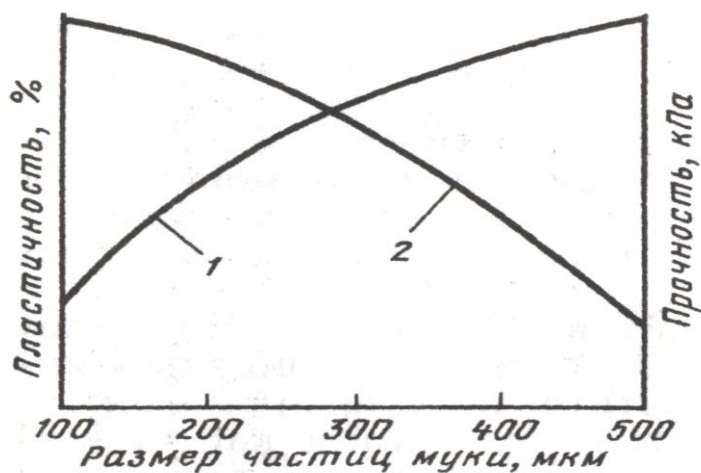


Рис. 4. Характер изменения пластичности (1) и прочности (2) сырых макаронных изделий в зависимости от размеров частиц исходной муки

3.2.4. Требования, предъявляемые к качеству муки

Требования, предъявляемые к качеству муки, изложены в соответствующей нормативной документации, а именно, в ГОСТ Р 52668-2006 «Мука из твердой пшеницы для макаронного производства», ГОСТ 12306-66 «Мука из мягкой стекловидной пшеницы для макаронных изделий. Технические условия» и ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия».

3.2.5. Хранение муки

Хранение как муки из твердых сортов пшеницы, так и муки хлебопекарной должно осуществляться в соответствии с ГОСТ 26791-89 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

Хранение осуществляется тарно и бестарно. Тарно – тройниками и пятериками: высота штабеля – до 8 штук, если подвоз к приемной воронке производится на тележке, и до 12 штук, если на электропогрузчике. Ширина и длина штабеля не более 12 м, от стены до штабеля – не менее 0,5 м, между штабелями – не менее 0,75 м.

Температура в складе тарного хранения муки должна быть не ниже 8...12 °С (в зимнее время) и не выше 25 °С, относительная влажность – не более 70 %.

Если температура муки поднимается выше 30...35 °С, а влажность до 14...15 %, то ускоряется процесс дыхания и жизнедеятельности микроорганизмов. Дыхание связано с выделением теплоты, отсюда температура муки поднимается еще выше, происходит самосогревание муки, появляется солодовый запах, начинается процесс потемнения муки. Развитие микроорганизмов ведет к плесневению муки, которое начинается при ее влажности 16 % и более.

3.3. 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 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» и

ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества». При возникновении предположения об ухудшении качества воды необходимо обращаться в органы Роспотребнадзора.

Вода не должна содержать ионы NH_4^+ и NO_2^- , токсичные металлы (свинец, кадмий, барий, ртуть, селен и мышьяк) выше ПДК, должна быть лишена ионов аммония, нитратов, а ион NO_3^- может присутствовать максимально до 30 мг/кг (частей на литр). Ион Cl^- обычно содержится в количестве 10...100 мг/л.

В плане бактериологической чистоты должны полностью отсутствовать кишечные бактерии и стрептококки.

Вода характеризуется общей жесткостью. Для замеса макаронного теста можно использовать воду любой жесткости. Вода, поступающая на обогрев водяных калориферов, должна быть мягкой, иначе на внутренних стенках труб калориферов образуется накипь, снижается теплопроводность труб, и они могут закупориться.

По степени жесткости вода делится следующим образом:

- очень мягкая – менее 1,5 мг·экв;
- мягкая – 1,5...3,0 мг·экв;
- умеренно жесткая – 3,0...6,0 мг·экв;
- жесткая – 6,0...9,0 мг·экв;
- очень жесткая – более 9,0 мг·экв.

3.4. Дополнительное сырье

К *дополнительному сырью* относят сырьё, применяемое для обеспечения *специальных органолептических и физико-химических свойств* макаронных изделий. Кроме этого, выделяют *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*; *обогащающие добавки* – сырьё, используемое в процессе изготовления макаронных изделий для *повышения их пищевой ценности*; *вкусоароматические добавки* – пищевые добавки, вводимые в макаронные изделия в процессе их изготовления или упаковывания с целью *придания им определенных вкуса и аромата*.

В качестве пищевых добавок к муке, которые изменяют макаронные свойства сырья с *целью получения макаронных изделий заданного качества*, используют различные *улучшители муки*.

В соответствии с ГОСТ Р 52000-2002 «Изделия макаронные. Термины и определения» введены также следующие понятия: *мучная смесь* (недопустим термин «валка муки») – состав из муки разных сортов или разных партий муки в определенном соотношении или смесь основного и дополнительного сырья для изготовления макаронных изделий; *водная смесь* (недопустим термин «водообогащительная смесь») – раствор или стойкая эмульсия, приготовленные из дополнительного сырья для использования при изготовлении макаронных изделий.

При изготовлении макаронных изделий в соответствии с ГОСТ Р 51865-2002 используют следующее дополнительное сырье: яйца куриные пищевые, жидкий меланж, сухой меланж (яичный порошок), молоко цельное сухое, молоко сухое обезжиренное, томаты и продукты их переработки, морковь и продукты ее переработки, сухую клейковину, муку соевую дезодорированную полуобезжиренную, молоко соевое сухое, пшеничные зародышевые хлопья пищевого назначения.

Разработками сотрудников кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Орловского государственного технического университета показана возможность использования в производстве макаронных изделий в качестве рецептурных компонентов или пищевых, обогащающих или вкусоароматических добавок морковной пасты, порошка сухой ламинарии, различных кальциевых препаратов, яичной скорлупы, мясных продуктов, муки бобовых культур, различных видов дрожжей, пищевых волокон, изолятов растительных белков и т. п.

3.5. Нетрадиционное сырье

К нетрадиционному сырью макаронного производства относят главным образом продукты переработки зерна и семян различных растительных культур (кроме пшеницы), плодов клубневых культур, а также побочные продукты их переработки.

Среди всего многообразия этого сырья интерес представляют в первую очередь мука тритикале, мука и крахмал бесклейковинных крахмалсодержащих зерновых, бобовых и клубневых культур, цельносмолотое, предварительно диспергированное зерно пшеницы.

ГЛАВА 4. ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К ПРОИЗВОДСТВУ

4.1. Подготовка муки

Подготовка муки к производству заключается в смешивании, просеивании, магнитной очистке и взвешивании.

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.

Расчет проводят по методу среднего арифметического. Пусть A и C – величины какого-либо показателя двух имеющихся партий муки, причем $A > C$. Требуется получить смесь со значением данного показателя B , при этом $A > B > C$.

В этом случае на 1 кг муки партии A требуется x кг муки партии C .

$$x = (A - B)/(B - C). \quad (1)$$

Для расчета можно воспользоваться также методом диагоналей: в левых углах квадрата ставят значения показателей исходных партий (A и C), в центре – заданное значение показателя смеси (B), в правых углах после соответствующих вычитаний указывают количества муки исходных партий (рис. 5).

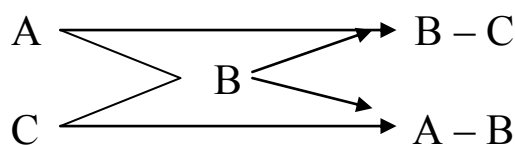


Рис. 5. Метод диагоналей

При тарном способе хранения смешивание муки осуществляют поочередной (в рассчитанном соотношении) засыпкой в приемную воронку муки из мешков разных партий; при бестарном способе хранения – с помощью питателей, подающих муку из силосов в производство: питатели регулируют так, чтобы подача муки в сборный мукопровод осуществлялась в нужном соотношении. Из мукопровода мука поступает к просеивателю.

Пример. На фабрику поступили две партии муки, содержание сырой клейковины в первой партии 33, во второй – 30 %. Требуется произвести смешивание муки таким образом, чтобы содержание сырой клейковины в смеси составило 32 %. В соответствии с приведенной выше формулой (1), на каждый килограмм первой партии требуется x кг муки второй партии:

$$x = (33 - 32)/(32 - 30) = 0,5 \text{ (кг)}.$$

Используя метод диагоналей (рис. 6), получим:

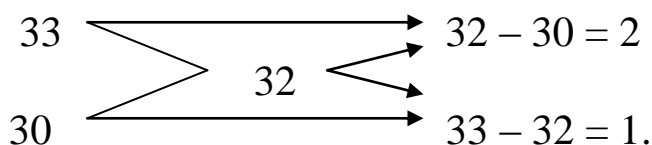


Рис. 6. Пример метода диагоналей

Таким образом, составляемая смесь должна содержать муки первой партии в 2 раза больше, чем муки второй партии.

При хранении муки в мешках в приемную воронку надо засыпать на каждые два мешка муки первой партии один мешок второй партии. При бестарном хранении муки питатели под силосами, в которых находится мука первой партии, должны подавать в 2 раза больше муки в сборный мукопровод, чем питатели под силосами, в которых находится мука второй партии.

Часто приходится решать другую задачу: какова будет величина показателя смеси двух партий муки массами M_A и M_C . В этом случае можно воспользоваться формулой:

$$B = (A M_A + C M_C)/(M_A + M_C). \quad (2)$$

Просеивание муки. Эту операцию проводят для отделения случайной примеси (ворсинки, частицы мешковины, слежавшиеся комочки муки), отличающейся от частиц муки большими размерами. Для просеивания обычно применяют бураты, просеиватель «Пионер», центробежные сита, рассевы, снабженные металлическими ситами с отверстиями размером от 1,0 до 1,6 мм или линейные просеиватели, встраиваемые непосредственно в мукопровод.

Магнитная очистка муки. Очистку муки проводят для отделения от муки металломагнитных примесей, которые могут попасть в

результате трения частей транспортных механизмов, просеивателей и т. п. Очистку осуществляют при помощи постоянных магнитов, которые располагают на пути движения муки обычно в двух точках: после просеивания и непосредственно перед дозатором муки макаронного прессы. Мука в поле магнитов должна двигаться слоем толщиной не более 6...8 мм, со скоростью не более 0,5 м/с. Через каждые 4 ч работы магниты рекомендуется очищать.

Взвешивание муки. Необходимо для учета количества, передаваемого со склада муки в производство. Чаще всего для этой цели применяют порционные автоматические весы, когда мука поступает к прессам через промежуточные бункера. При тарном хранении муку учитывают по количеству мешков, засыпаемых в приемную воронку. При бестарном хранении целесообразно использовать тензометрический способ взвешивания, когда масса муки в силосах фиксируется непосредственно на пульте управления склада бестарного хранения муки.

4.2. Подготовка дополнительного сырья и добавок

Подготовка дополнительного сырья и добавок осуществляется в соответствии с требованиями нормативной или технической документации на каждый конкретный вид сырья.

ГЛАВА 5. ЗАМЕС И ПРЕССОВАНИЕ МАКАРОННОГО ТЕСТА

Макаронное тесто по своему составу является самым простым из всех видов теста (хлебного, бисквитного и т. п.), употребляемых для производства мучных изделий. Главными и в большинстве случаев единственными его компонентами являются мука и вода.

Термин «замес» макаронного теста применяется условно, так как в тестосмесителе макаронного пресса происходит лишь предварительное смешивание его ингредиентов до образования крошковидной массы. При замесе макаронного теста добавляют гораздо меньше воды, чем при замесе, например, хлебного теста. Это количество составляет примерно половину того, которое могут поглотить основные компоненты муки – крахмал и белок. Поэтому макаронное тесто после вымешивания представляет собой сыпучую массу увлажненных комочков и крошек, а не связанное пластичное тесто, что обычно подразумевают под этим названием. Уплотненное вязкопластичное тесто получается из этой сыпучей массы после дальнейшей доработки – прессования его под большим давлением в шнековой камере макаронного пресса.

5.1. Рецептúra и типы замесов теста

Рецептура макаронного теста зависит от качества муки, вида вырабатываемых макаронных изделий, способа их сушки и некоторых других факторов.

В рецептуре указывают количество и температуру муки и воды, влажность и температуру теста, а при выработке изделий с добавками – дозировку добавок. Обычно количество воды и добавок указывают в расчете на 100 кг муки.

Составление и расчет рецептуры ведут в следующей последовательности.

1. Задают влажность теста. В зависимости от влажности различают три типа замеса:

- твердый – влажность теста 28...29 %;
- средний – влажность теста 30...32 %;
- мягкий – влажность теста 33...34 %.

В зависимости от ряда факторов выбирают тот или иной тип замеса: при использовании муки с низким содержанием клейковины

желательно применять мягкий замес, а при липкой, тянущейся клейковине – твердый; при производстве коротких изделий и макарон, высушиваемых в лотковых кассетах, для предотвращения слипания изделий во время сушки используют твердый или средний замес; при производстве длинных изделий с подвесной сушкой для придания сырым изделиям большей пластичности применяют средний или мягкий замес, причем при использовании полукрупки или хлебопекарной муки влажность теста должна быть на 1...2 % выше, чем при использовании крупки; при использовании матриц с тефлоновыми вставками влажность теста может быть несколько меньше, чем при работе с матрицами без вставок.

Далее более подробно будет рассмотрено влияние влажности теста на процессы его замеса и формования. Здесь лишь отметим, что чем больше влаги в тесте, тем более равномерно увлажняются все частицы муки, тем более пластичное тесто и, следовательно, легче поддается формованию. Однако менее влажное тесто имеет крошковатую структуру, без крупных комков, хорошо заполняет межвитковое пространство шнековой камеры, дает сырые изделия, хорошо сохраняющие форму, немнущиеся и неслипающиеся.

2. По заданной влажности теста и известной влажности муки рассчитывают необходимое количество воды (l) для замеса:

$$B = M \cdot (W_m - W_M) / (100 - W_m), \quad (3)$$

где M – дозировка муки, кг;

W_T и W_M – влажность соответственно теста и муки, %.

Для быстрого определения количества воды для замеса теста на 100 кг муки можно воспользоваться данными справочных таблиц.

3. Задают температуру теста, исходя из того предположения, что после замеса (на входе в шнековую камеру) она должна быть примерно равна 40 °С. Такая температура обусловлена тем, что при традиционных режимах замеса и формования макаронного теста температура его перед матрицей должна быть не более 50 °С, а при прессовании в шнековой камере происходит разогрев теста в среднем на 10 °С.

4. По данной температуре теста (после замеса) и измеренной температуре муки определяют температуру воды (°С) для замеса:

$$t_в = (Tt_m c_m - Mt_m c_m) / (Bc_в), \quad (4)$$

где T – масса теста, кг ($T = M + B$);

t_m – температура теста, °С;

c_m – удельная теплоемкость теста, Дж/(кг·К) (зависит от влажности теста и определяется по таблице);

t_M – температура муки, °С;

c_m – удельная теплоемкость муки, Дж/(кг·К) (зависит от влажности муки и определяется по таблице);

c_e – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К) [$c_e = 4187$ Дж/(кг·К)].

В зависимости от температуры воды, поступающей на замес макаронного теста, различают три типа замеса:

- горячий – при температуре воды, близкой к закипанию;
- теплый – при температуре воды 45...65 °С;
- холодный – при температуре воды около 20 °С.

На практике наиболее часто используют теплый замес. Вода для теплого замеса подогревается до 60...70 °С и зависит от температуры муки, тогда температура теста к концу замеса доходит до 38...40 °С, а после прессования – до 50 °С. Холодный замес возможно применять в жаркое время и то лишь при переработке муки со слабой клейковиной. При холодном замесе (при температуре воды 20 °С) температура теста в тестосмесителе повышается, достигая 22...25 °С, далее, в шнековой камере, еще до 35...40 °С.

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 определены, исходя из суточной потребности в них организма человека. Однако при использовании витамина В₂ в указанном количестве получают макаронные изделия непривлекательного лимонно-зеленоватого цвета. Поэтому витамин В₂ целесообразно вносить только при изготовлении изделий из хлебопекарной муки (не витаминизированной на мукомольном заводе) или из продуктов помола мягкой стекловидной пшеницы и в мень-

шем 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.

При влажности муки, отличной от 14,5 %, необходимо произвести перерасчет количества добавок (на 100 кг муки), воспользовавшись следующей формулой:

$$D = D_n (100 - W_m) / (100 - 14,5) = D_n (100 - W_m) / 85,5, \quad (5)$$

где D – дозировка добавок на 100 кг муки, кг (шт. или г);

D_n – дозировка добавок на 100 кг муки влажностью 14,5 %, кг (шт. или г), которую берут из справочных таблиц;

W_m – влажность муки, % (по данным лабораторных анализов).

Поскольку влажность добавок в подавляющем числе случаев отличается от влажности муки, расчет количества воды для замеса теста с внесением добавок надо проводить с учетом их влажности; если влажность добавок больше, чем влажность муки, следует соответственно меньше добавлять воды при замесе теста и наоборот. В этом случае количество воды (л) рассчитывают по формуле:

$$B = [M \cdot (W_m - W_d) + D \cdot (W_m - W_d)] / (100 - W_m), \quad (6)$$

где M – дозировка муки, кг;

W_m, W_d – влажность соответственно теста, муки и добавок, % (влажность куриных яиц принимают 75 %, всех остальных добавок – по данным лабораторных анализов);

D – дозировка добавок, кг.

В заключение рассчитывают дозировку добавок (кг, шт. или г) на одну закладку в бак установки для подготовки добавок:

$$D_s = VD/B, \quad (7)$$

где V – количество воды, заливаемой в бак установки для подготовки добавок, л.

5.2. Дозирование и смешивание ингредиентов теста

Смешивание ингредиентов макаронного теста осуществляется в тестосмесителях непрерывного действия, входящих в состав промышленных прессов. Муку и воду подают в тестосмеситель при помощи дозаторов непрерывного действия.

Перед началом замеса проводят контроль работы дозаторов. Для этого в течение 2...5 мин собирают муку и воду, подаваемые дозаторами в корыто тестосмесителя, и определяют их массу. После этого при необходимости проводят регулировку дозаторов.

Пример. В соответствии с рецептурой замеса теста на каждые 100 кг муки в тестосмеситель должно подаваться 24,0 л воды. Влажность муки и теста составляет соответственно 14,5 и 31 %.

Контроль работы дозаторов муки и воды показал, что на каждые 9,5 кг муки в тестосмеситель подается 2,2 л воды. Таким образом, на каждые 100 кг муки будет подаваться $(2,2 \cdot 100) / 9,5 = 23,1$ л воды, т. е. на 0,9 л воды меньше, чем предусмотрено рецептурой. Следовательно, работу дозатора воды необходимо подрегулировать на увеличение подачи.

При изготовлении макаронных изделий с добавками их подают в корыто тестосмесителя через дозатор воды после предварительного растворения в воде или приготовления водной эмульсии. Для этих целей на фабриках обычно используют установку для подготовки добавок Б6-ЛОА.

Все предусмотренные рецептурой добавки поступают в бак-смеситель через загрузочное отверстие, после чего в бак через трубопровод подают воду температурой не выше 45 °С до отметки 200 л и включают пропеллерную мешалку. Через 5 мин мешалку отключают и доливают бак-смеситель водой до 500 л. Вновь включают мешалку и после 12 мин интенсивного перемешивания жидкость из бака-смесителя перекачивают насосом в бак-сборник. Из последнего раствор или водная эмульсия добавок перекачиваются насосом в коллектор к дозирующим насосам, которые установлены над тестосмесителями каждого пресса.

После регулирования дозаторов муки и воды включают тестосмеситель. При этом для хорошего замеса первых порций теста задвижка выходного отверстия первого корыта должна быть закрыта, пока корыто тестосмесителя не заполнится тестом на 1/2...1/3 объема (по данным Н.И. Назарова – на 2/3 объёма). После этого открывают задвижку, и тесто поступает либо в следующее корыто, снабженное, как и первое, вращающимся месильным валом с лопатками и пальцами (в многокорытных прессах), где оно вновь перемешивается, либо в шнековую камеру (в однокорытных прессах).

При замесе теста происходит набухание крахмальных зерен и белковых веществ муки, а также равномерное распределение влаги по

всей массе теста. Белок и крахмал обладают различной, но вполне определенной водопоглотительной способностью. Трудно точно сказать, какая доля влаги в макаронном тесте поглощается белком и какая – крахмалом, но ясно, что при температурных условиях макаронного теста гидратационная способность клейковины выше. В первые минуты соприкосновения муки и воды основная масса воды адсорбционно поглощается крахмалом. При дальнейшем перемешивании идет постепенное оттягивание части влаги белковыми веществами муки, которые связывают ее не только адсорбционно, но и осмотически. Именно осмотическое связывание воды приводит к набуханию белков. В связи с дефицитом влаги, полного формирования клейковины частично увлажненными белками не происходит, Поэтому даже после длительного перемешивания ингредиентов макаронное тесто представляет собой сыпучую массу отдельных комков и крошек. Клеящие, связующие свойства частично сформированной при замесе теста клейковины проявляются лишь при уплотнении теста в шнековой камере пресса.

При замесе теста из крупитчатой муки требуется более продолжительное вымешивание, так как проникновение влаги внутрь плотных крупинок происходит значительно медленнее, чем внутрь мелких частиц. В этом случае замес должен длиться около 20 мин. Для этих целей используются прессы с многокорытными тестосмесителями ЛШШ фирм «Брайбанти», «Паван», «Бюлер» и т. п. В отечественных однокорытных прессах ЛПЛ-2М продолжительность замеса 8...9 мин., поэтому влага не успевает равномерно распределиться по всей массе теста из крупки, и в результате на поверхности готовых макаронных изделий можно наблюдать следы непромеса – неувлажненные крупинки светлого цвета. Поэтому на таких прессах можно осуществлять замес теста только из полукрупки или из хлебопекарной муки.

При замесе теста помимо коллоидных процессов тестообразования протекают и ферментативные процессы. Если макаронное тесто не подвергается ферментации, например, спиртовому или молочнокислому брожению, это не означает, что оно остается пассивным в биохимическом отношении. Однако протеолитические ферменты в условиях макаронного теста проявляют слабую активность: накопления продуктов гидролитического расщепления белков не наблюдается. Углеводно-амилазный комплекс макаронной муки характеризуется слабой атакуемостью крахмала, поэтому процессы, вызываемые амилолитическими ферментами, существенной роли не играют.

Исключительно большую, к тому же отрицательную роль при производстве макаронных изделий играют окислительные ферменты – оксидазы. Это, в первую очередь, тирозиназа (полифенолоксидаза), окисляющая аминокислоту тирозин с образованием темноокрашенных соединений – меланинов. У макаронных изделий из муки с повышенным содержанием тирозиназы наблюдается иногда очень интенсивное потемнение, особенно в процессе сушки. При этом важно количество свободного тирозина в муке, что объясняет различную способность к потемнению (его достаточно много в муке из проросшего и морозобойного зерна).

Другая группа оксидаз – липоксигеназы – в присутствии кислорода окисляет непредельные жирные кислоты, в результате чего образуются перекиси и гидроперекиси, обладающие, в свою очередь, высокой окислительной способностью. Это может привести к разрушению каротиноидных пигментов муки и, как следствие, к обесцвечиванию муки, что лишает макаронные изделия привлекательного янтарно-желтого цвета. К удаче, как было сказано ранее, установлено, что в процессе замеса в результате образования белково-липидных комплексов каротиноиды защищены от интенсивного разрушения.

5.3. Уплотнение макаронного теста и резание технологического полуфабриката

На современных макаронных предприятиях уплотнение макаронного теста и резание технологического полуфабриката осуществляется на шнековых прессах, которые классифицируются по числу корыт тестосмесителя (до 4-х корыт); 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 к прессовой головке. Матрица, установленная в нижней части прессовой головки, пропускает только 10...20 % нагнетаемой к ней шнеком массы теста. Вследствие этого в головке и в шнековой камере возникает противодействие, в результате чего тесто уплотняется, превращается в связанную плотную тестовую массу. В таком виде оно продавливается через отверстия матрицы в виде прядей отформованных сырых макаронных изделий.

При нагнетании уплотненной вязкой массы теста к матрице происходит его разогрев в результате интенсивного трения теста о лопасти вращающегося шнека. Для устранения перегрева в прессах предусмотрена водяная рубашка шнековой камеры, примыкающая к прессовой головке, в которую подается холодная вода. После длительных остановок пресса ее используют для прогрева шнековой камеры перед началом прессования теста.

Нормальная работа прессов обеспечивается при давлении в прессующих устройствах прессов ЛПЛ – 5,5...7,0 МПа, прессов ЛПШ – 9...11 МПа, прессов фирм «Брайбанти» и «Паван» – до 12 МПа. Температура охлаждающей воды на выходе из рубашки – около 25...35 °С. Если давление выше нормы, необходимо устранить причины, его вызывающие, например, повысить влажность теста.

5.3.1. Движение теста в шнековой камере

Тесто проходит в шнековой камере 4 зоны, деление на которые следует считать условным (рис. 7).

Из корыта в виде неоднородной сыпучей массы тесто поступает в первую, приемную зону нагнетающего шнека. Здесь тесто частично заполняет межвитковое пространство шнека и, следовательно, не полностью покрывает поверхность витков шнека и шнековой камеры. Частицы теста в первой зоне 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. В этой зоне тестовая масса перемещается свободно, и ее частицы не связаны одна с другой.

Во второй зоне тестовая масса уплотняется, и степень связанности частиц увеличивается. Сначала заполняется свободный межвитковый объем шнека, затем тесто уплотняется за счет уменьшения промежутков между частицами и вытеснения из него значительного количества воздуха. При этом увеличивается 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.

Теперь тесто перестает вести себя как сыпучая масса и начинает оказывать сопротивление перемещению как целое вязкопластичное

тело. Частицы теста под действием вращающейся винтовой поверхности шнека получает два движения: поступательное – вдоль оси шнека и вращательное – вокруг оси, т.е. наблюдается турбулентный характер течения теста, сопровождающийся перемешиванием теста и равномерным распределением влаги в его массе.

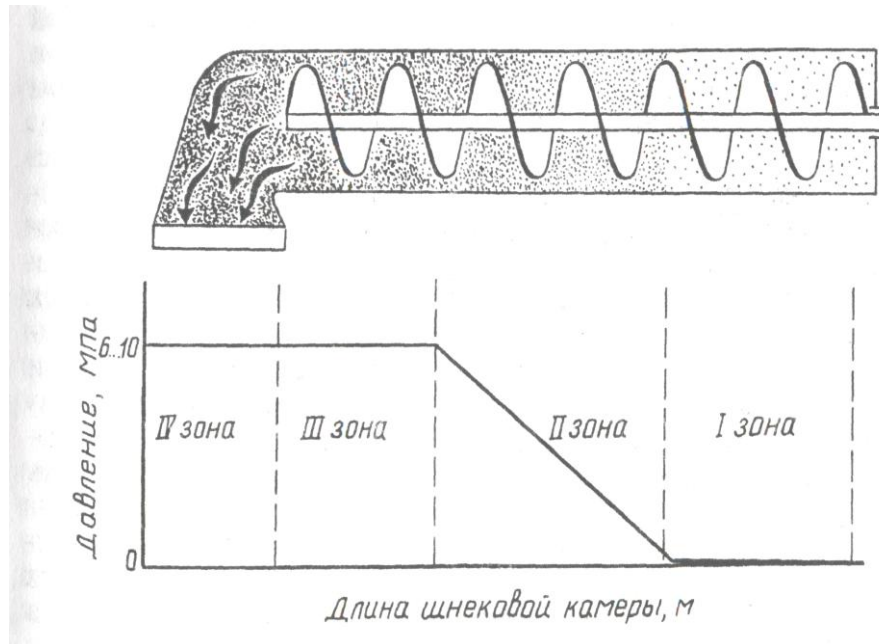


Рис. 7. Деление прессующего устройства шнекового прессы на зоны

Во второй зоне, в результате постепенного сжатия и максимального уплотнения теста, обеспечивается рост давления (от 0 до $P_{\text{прес.}}$). С ростом давления тестовой массы увеличивается сила сцепления частиц между собой (прочность когезии) и с поверхностями шнека и шнековой камеры (прочность адгезии).

При сжатии тестовой массы сжимается и воздух, содержащийся в ней, который выдавливается назад он через приемное отверстие в дне тестосмесителя.

В конце второй зоны 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 операции замеса и прессования способствуют не только уплотнению, но и пластификации теста, что происходит в результате возникающих напряжений сдвига между вращающимися с разными скоростями непосредственно соприкасающимися внутренними слоями. Но и здесь

наиболее объемные частицы крупки, не увлажненные в достаточной степени при замесе теста, могут сохранять свою индивидуальность.

Процесс перемещения теста в третьей зоне происходит при полном и плотном заполнении винтовой полости шнека тестовой массой. К концу третьей зоны тесто приобретает сплошную однородную структуру. Меняется характер течения теста – течение становится ламинарным (материал перемещается слоями, без перемешивания). При этом в результате трения внутренних слоев теста между собой и трения теста о поверхности шнека и шнековой камеры происходит разогрев тестовой массы, что увеличивает ее пластичность и текучесть.

В четвертую (предматричную) зону тесто поступает в виде закрученного пульсирующего потока. Выходя из шнека, тесто преодолевает силу давления в прессовой головке, входит в нее и распределяется по ее сечению. Течение теста в конусном канале прессовой головки происходит с неодинаковой скоростью, т.к. слои, прилегающие к стенкам канала, движутся медленнее, чем центральные слои. Поэтому тестовая масса поступает прежде всего в центр потока, что приводит к неравномерному распределению давления по сечению прессовой головки и, следовательно, неравномерному давлению теста на площади матрицы.

Давление здесь обусловлено двумя факторами: величиной подачи теста шнеком к матрице и сопротивлением формирующих отверстий матрицы продавливанию теста. Соотношение этих двух параметров определяет производительность прессы.

Вследствие прохождения макаронным тестом шнековой камеры, тесто, с реологической точки зрения, приобретает упруго-вязкопластичные свойства, т.е. для него характерно сочетание вязкого течения и упруго-пластичных деформаций.

5.3.2. Физические свойства уплотненного теста

При резании технологического полуфабриката мы имеем дело с течением, которое обуславливается напряжением сдвига, скоростью сдвига, вязкостью и текучестью.

Напряжение сдвига – это сопротивление вещества действию касательной составляющей приложенной силы. Напряжение сдвига τ_c равно отношению внешней силы P к площади поверхности сдвига F :

$$\tau_c = P / F, \text{ (Н/м}^2 \text{ или Па) .} \quad (8)$$

Под термином «скорость сдвига» понимается изменение скорости в соприкасающихся слоях вещества, находящихся в течении. Иначе говоря, скорость сдвига – это градиент скорости.

Одной из основных задач реологии – науки о течении и деформации тел – является изучение соотношений между скоростью сдвига и напряжением сдвига.

Вязкость теста – это величина, обратная текучести, т.е. мера сопротивления теста текучести, равная отношению напряжения сдвига к скорости сдвига. Вязкость определяется величиной сил сцепления частиц теста между собой, т.е. силами когезии: чем выше величина сил когезии, тем тесто более вязкое.

Для полимерных материалов, которым и является макаронное тесто, вязкость непостоянна и зависит от влажности, температуры, давления прессования и других факторов. Например, увеличение температуры ведет к снижению плотности вещества, что вызывает увеличение межмолекулярных расстояний в веществе и повышение его текучести. Повышение давления увеличивает вязкость вещества в связи с повышением плотности вещества под действием этого давления.

Другими физическими свойствами макаронного теста являются упругость и пластичность. Упругость макаронного теста (свойство восстанавливать первоначальную форму при мгновенном снятии приложенной нагрузки) проявляется при малых и кратковременных нагрузках. Пластичность (способность к формоизменению и течению при напряжениях выше критического (предел упругости (текучести)) проявляется при значительных по величине и длительности их воздействия нагрузках (при резании технологического полуфабриката).

Отмеченные свойства уплотненного макаронного теста можно отразить графически, в виде кривых течения (рис. 8).

Для ньютоновских материалов скорость течения находится в постоянной пропорциональной зависимости от давления. Кривые течения вязкопластичных тел не проходят через начало координат, т.е. деформация таких тел начинается тогда, когда оказываемое на них давление превысит определенное значение – предел текучести, величина которого зависит от природы вещества, его температуры, влажности и других факторов. Кривая 2 имеет два участка: начальный – криволинейный, соответствующий малым скоростям деформации, и прямолинейный, соответствующий более высоким скоростям деформации. Четкого перехода от одного участка к другому не наблюдает-

ся. Такой характер кривой свидетельствует о том, что данное вещество при малых скоростях деформации обнаруживает аномалию динамической вязкости, а при больших скоростях, т.е. при высоких давлениях, изменения вязкости несущественны, и макаронное тесто ведет себя как идеальная вязкая жидкость (скорость пропорциональна давлению).

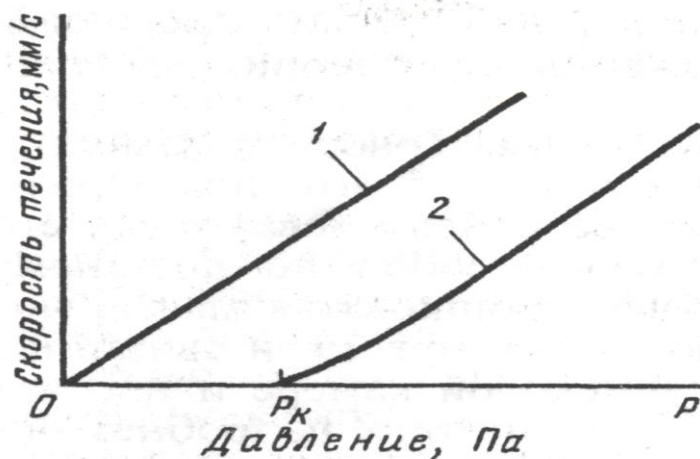


Рис. 8. Кривые течения:

1 – ньютоновских жидкостей; 2 – вязкопластичных материалов (макаронного теста)

Рассматривая физические свойства уплотненного макаронного теста, следует отметить, что оно обладает определенным периодом релаксации напряжений, возникающих в тесте при его деформации в процессе резания технологического полуфабриката. Согласно современным взглядам, под релаксацией понимают процесс постепенного рассеивания запасенной в теле энергии упругой деформации путем перехода ее в тепло. Этот процесс обычно исследуют при постоянной деформации, когда напряжения снижаются и выравниваются во времени.

Процесс релаксации в макаронном тесте определяется уровнем начального напряжения, температурой и влажностью макаронного теста, скоростью выпрессовывания, содержанием клейковины в тесте и предварительной технологической обработкой. Период релаксации, т.е. промежуток времени, в течение которого материал из неравновесного напряженного состояния переходит практически в равновесное, установившееся, зависит от ранее перечисленных факторов. Так, например, температура является фактором, наиболее сильно влияю-

щим на релаксацию напряжений в тесте. С увеличением температуры увеличивается подвижность атомов, возрастает скорость диффузии, снижается вязкость теста, в результате чего увеличивается скорость релаксации. Например, при 22 °С она равна 186 мин, при 55 °С – 126 мин, т.е. в 1,5 раза меньше. Следовательно, чем ниже температура теста, а также, чем выше давление и ниже влажность, что тоже экспериментально доказано, тем в большей степени проявляется упругое последствие теста. Таким образом, для придания и фиксирования формы выпрессовываемых макаронных изделий надо не только приложить напряжение выше критического, но и выдержать некоторое время формуемое тесто под этим давлением, однако сделать это при непрерывном процессе производства невозможно из-за небольшой длины формующего канала матрицы. Поэтому, так как полного рассасывания напряжений не происходит, в большой степени проявляется упругое последствие теста, и диаметр сырых изделий увеличивается в среднем на 10 % по сравнению с диаметром формующего отверстия матрицы.

5.3.3. Движение теста в каналах матрицы

Матрицы наряду с прессующим устройством – основной рабочий орган макаронного пресса. Они обуславливают производительность пресса, вид изделий (форму и размеры поперечного сечения), в значительной степени влияют на качество продукции (степень шероховатости поверхности).

Матрицы изготавливают из металлов, не поддающихся коррозии, обладающих достаточной прочностью и износостойкостью: фосфористой бронзы, латуни, нержавеющей стали.

Матрицы бывают двух типов: круглые (дисковые) и прямоугольные. Круглые предназначены для формования всех типов и видов длинных и коротких изделий; прямоугольные – для формования длинных макаронных изделий (макарон, вермишели, лапши), вырабатываемых на автоматических линиях с подвесной сушкой.

Формующий канал отверстия матрицы состоит из входной камеры 1, переходной части 2 и формующей щели 3 (рис. 9). Трехпорный вкладыш состоит из центрирующих заплечиков и ножи.

Характер движения теста в формующих каналах матриц обусловлен соотношением двух сил: сил сцепления частиц теста между собой, т. е. 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.

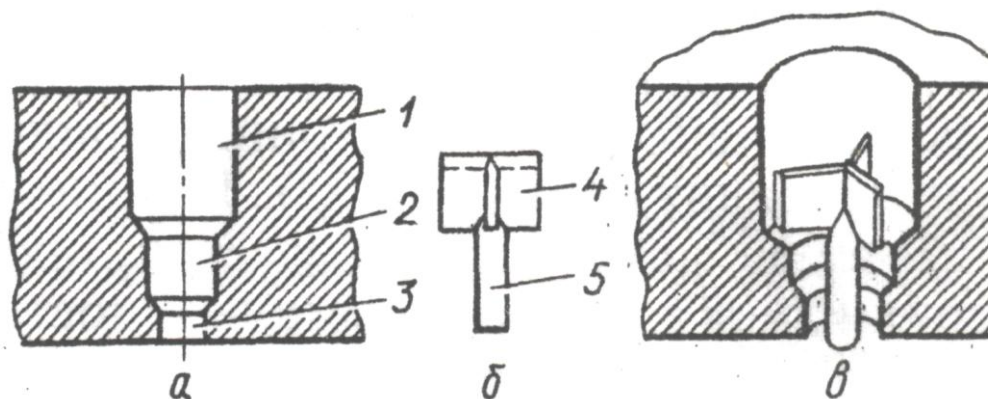


Рис. 9. Отверстие круглой матрицы для формования трубчатых изделий: *а* – профиль отверстия, *б* – трехпорный вкладыш, *в* – отверстие в сборе

В первом случае пограничный элементарный слой теста, т.е. слой теста, непосредственно соприкасающийся с поверхностью формирующего канала матрицы, прилипает к поверхности и остается неподвижным (рис. 10). В данном случае наблюдается так называемая механическая адгезия, проявляющаяся в том, что тесто проникает в микропоры поверхности формирующего канала и удерживается на поверхности в виде неподвижного элементарного слоя. Следующий за пограничным элементарный слой теста может двигаться, лишь перемещаясь по неподвижному, прилипшему слою, преодолевая силы сцепления частиц между собой, т.е. отрываясь от прилипшего первого слоя. Третий элементарный слой аналогичным образом перемещается по второму и т. д.

Прилипание теста к стенкам формирующей щели матрицы – основная причина образования шероховатой поверхности отформованных макаронных изделий: прилипший пограничный слой теста остается неподвижным, второй слой отрывается от него с образованием надрывов и трещинок, придающих поверхности выпрессовываемых изделий шероховатость, что снижает их товарный вид, уменьшает степень насыщенности желтого цвета изделий из крупки твердой пшеницы, увеличивает потерю сухих веществ в процессе варки изделий (степень мутности варочной жидкости) вследствие отрыва заусенцев от изделий при варке. Кроме того, 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 прессы. Поэтому уменьшение прилипания теста к поверхности формирующих каналов матрицы дает значительные технические и экономические выгоды.

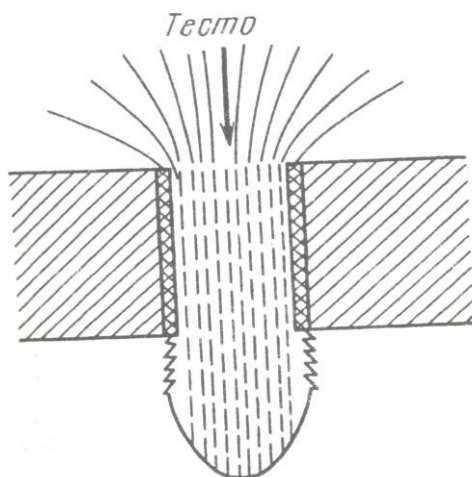


Рис. 10. Характер выпрессовывания макаронного теста при его прилипании к поверхности формирующего канала матрицы

На первый взгляд, увеличение вязкости теста, т. е. его когезионной прочности, путем, например, снижения его влажности должно менять характер движения теста в канале матрицы от вязкого течения к скольжению. Действительно, как показали эксперименты, при постоянном давлении (порядка 6 МПа) прочность адгезии макаронного теста снижается при уменьшении влажности теста (кривая 1 на рис. 11).

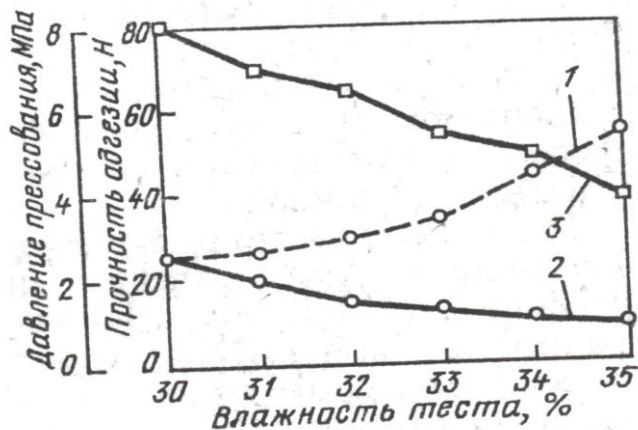


Рис. 11. Зависимость прочности адгезии макаронного теста (кривые 1, 2) и давления прессования (кривая 3) от влажности теста (при температуре теста 40...50 °С)

Однако при формировании теста на прессах снижение влажности теста приводит к увеличению давления прессования (кривая 3), т.е. к увеличению давления контакта теста с поверхностью формующего канала и к снижению скорости выпрессовывания сырых изделий, следовательно, к увеличению продолжительности контакта. А именно эти два параметра – давление и продолжительность контакта – наряду со свойствами теста (в данном случае, его вязкостью) определяют величину прочности адгезии. Поэтому при формировании теста на прессе с увеличением влажности теста прочность адгезии снижается (кривая 2) вследствие снижения давления прессования. В результате этого при использовании металлических матриц из бронзы, латуни, нержавеющей стали, имеющих достаточно высокую степень адгезии с тестом, увеличение влажности теста способствует выпрессовыванию изделий с меньшей степенью шероховатости поверхности.

В макаронном производстве наиболее радикальный способ практически полного устранения прилипания макаронного теста к формующим каналам матриц – изготовление каналов из материалов, к которым тесто не прилипает. Таким материалом служит пластмасса тефлон (отечественный аналог – фторопласт-4). В силу низкой прочности тефлона изготавливать матрицы целиком из него нельзя, поэтому используют различные варианты установки тефлоновых вставок в формующие щели металлических матриц.

При формировании теста через матрицы с тефлоновыми вставками макаронные изделия во всех случаях имеют гладкую, лощеную поверхность независимо от качества муки, влажности и температуры теста. Получение шероховатых изделий путем выпрессовывания через такие матрицы свидетельствует об износе тефлоновых вставок.

Существует еще один радикальный способ устранения прилипания теста к каналам металлической матрицы – путем ее нагревания до температуры 100...110 °С. Об этом подробнее пойдет речь в разделе, касающемся высокотемпературных режимов формования.

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

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА МУКИ, ПАРАМЕТРОВ ЗАМЕСА И ПРЕССОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ТЕСТА И КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ

Уплотненное в шнековой камере пресса макаронное тесто перед резанием должно обладать следующими свойствами: быть однородным по влажности и температуре, не иметь непромесов, затвердевших крошек и комочков подсохшего теста; обладать достаточной пластичностью, текучестью, для того, чтобы затраты энергии на его формование не достигали большой величины, а сырые изделия не рвались, не разламывались и не трескались при дальнейшей обработке; в то же время тесто должно быть достаточно вязким, плотным, чтобы не прилипать к рабочим органам прессующих устройств и чтобы сырые изделия не слипались и сохраняли свою форму.

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

6.1. Количество и качество клейковины муки

Качество муки – это, в первую очередь, количество и качество клейковины.

Клейковина является одним из главных структурообразующих компонентов макаронного теста, определяя его основные технологические свойства – пластичность, текучесть и вязкость. При этом оптимальное соотношение вязкопластичных свойств 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 (прочности) 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 клейщими, связующими свойствами клейковины.

Структура теста представляет собой зерна крахмала, связанные в единую массу клейковинными пленками, иначе говоря, клейковинную матрицу с заключенными внутри нее зернами крахмала. Извест-

но, что для полного соединения крахмальных зерен в единую массу необходимо 9...10 % сухой клейковины, т.е. именно около 28 % сырой клейковины. При увеличении содержания клеящего вещества толщина клейковинных пленок будет большей, масса будет становиться более текучей, расплывчатой, следовательно, легче будет поддаваться резанию, но обладать меньшей прочностью.

Однако следует отметить, что увеличение содержания клейковины вплоть до 40 % хотя и снижает прочность сырых изделий, но не в такой степени, чтобы это заметно сказывалось на их качестве. А с учетом того, что при этом уменьшается расход энергии на прессование более пластичного теста, а также повышаются пищевая ценность и вкусовые свойства готовых изделий, всегда желательно иметь муку с большим содержанием клейковины.

Известно, что нативная клейковина, отмытая из муки нормального качества, обладает упруго-эластичными свойствами. Однако 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. Механическая обработка теста в шнековой камере всегда сопровождается денатурацией белков клейковины, степень которой зависит от интенсивности механических воздействий. Происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения белковой молекулы, ее разрыхление, что связано с разрывом слабых нековалентных связей, удерживающих пептидные цепочки в макромолекуле белка в определенном отношении. Результатом такого разрыва является изменение пространственного положения пептидных цепочек в макромолекуле. Они как бы разворачиваются, высвобождая свои концы, которые до этого были плотно упакованы в макромолекуле. В результате этого процесса, который называется *механической деструкцией*, клейковина становится губчатой, короткорвущейся. Именно в таком виде она участвует в формировании структуры макаронных изделий. Как показали исследования Г.М. Медведева и его сотрудников, в результате механической деструкции клейковины происходит снижение содержания глиадиновой фракции белка, т. е. компонента, в первую очередь определяющего клеящие свойства клейковины, в среднем — на 20 %, тогда как снижение содержания глютелиновой фракции, определяющей упругоэластичные свойства клейковины и теста, — до 50 %.

Из этого следует, что определение качественных характеристик клейковины методами, принятыми в хлебопечении, не позволяет судить о макаронных свойствах клейковины и теста, поскольку эти методы отражают в первую очередь упругоэластичные, а не связующие свойства клейковины и свойства теста, не прошедшего механическую обработку в процессе его уплотнения и формования. Чтобы дать объективную оценку макаронным свойствам клейковины и теста, следует использовать либо модифицированные методики работы на известных приборах, либо специально разработанные, например, методы, при которых используется прибор структурометр СТ-1.

Мы знаем, что упругоэластичные свойства клейковины и теста определяются формированием в тесте при замесе внутренних межмолекулярных связей, выполняющих роль своеобразных пружин. Среди этих связей особое значение имеют дисульфидные группы $-S-S-$, которые образуются при окислении сульфгидрильных групп $-SH$, содержащихся в аминокислоте цистеине. Однако, по мнению Г.М. Медведева, дисульфидные группы не выполняют значительных функций в макаронном тесте и выпрессовываемых сырых изделиях, поскольку не влияют на связующие свойства клейковины. Об этом свидетельствует тот факт, что для производства макаронных изделий высокого качества на современных макаронных прессах замес теста производится под вакуумом. Естественно, при этом отсутствуют окисление сульфгидрильных групп и образование дисульфидных связей, что однако не сказывается на физических свойствах сырых изделий.

В то же время, при использовании муки с дефектной клейковиной нельзя исключить возможность некоторого упрочения структуры клейковины и теста путем добавления улучшителей окислительного действия, например, L-аскорбиновой кислоты. Профессор Л. Милатович рекомендует добавлять 200 мг L-аскорбиновой кислоты на 1 кг муки.

6.2. Гранулометрический состав муки

Размер частиц муки (гранулометрический состав) также оказывает существенное влияние на физические, структурно-механические свойства теста и сырых изделий.

Чем меньше размер частиц муки, тем больше их удельная поверхность и, следовательно, водопоглощительная способность. На-

пример, для образования одинакового по консистенции теста из крупки с размером частиц 315...630 мкм требуется 49,5 % воды при замесе в течение 12 мин, а при использовании крупки с размером частиц 125...315 мкм (из того же зерна твердой пшеницы) – 56,8 % воды при меньшей продолжительности замеса. Поэтому при одинаковом количестве добавляемой при замесе теста воды порошкообразная мука будет давать более вязкое, менее текучее тесто, а крупитчатая мука – более пластичное, более текучее тесто. Вследствие этого для повышения пластичности макаронного теста из хлебопекарной муки при замесе следует добавлять большую долю воды, чем при использовании макаронной крупки. Если этого не делать, то очень вязкое тесто из хлебопекарной муки будет с трудом продавливаться через отверстия матрицы. В результате этого возрастает противодавление в шнековой камере и прессовой головке, интенсифицируются трение теста о лопасти шнека и трение внутренних слоев теста друг о друга, возрастает степень механической деструкции клейковины, снижается ее связующая способность и, как следствие, выпрессовываются непрочные, ломкие изделия.

Кроме того, на структуру и свойства теста из муки макаронной и муки хлебопекарной существенно влияют различная консистенция эндосперма зерен твердой и мягкой пшениц и различные размеры частичек муки.

При размоле мягких пшениц повреждается и разрушается большая часть клеток, из которых легко высвобождаются слабо связанные между собой крахмальные зерна. В тесте из такой муки в результате механического воздействия при нагнетании шнеком происходит дальнейшее разрушение клеток, сопровождающееся полной пастификацией частиц. Такое макаронное тесто из продуктов помола мягких пшениц можно отнести к двухфазной дисперсной системе. Жидкой дисперсионной средой здесь является клейковина, а в качестве основного и стабильного твердого элемента выступают увлажняющиеся адсорбционно зерна крахмала. В пастифицированной тягучей и эластичной массе клейковины равномерно распределяются крахмальные зерна. Воздушные включения в тесте являются временным структурным элементом, поскольку при нагнетании теста, особенно в условиях вакуума, воздух из теста удаляется практически полностью. Подвергаясь различным формоизменениям под давлением, двухфазная дисперсная система, которой является тесто из муки мягкой пшеницы, находится в момент нагнетания и прессования в непрерывном

движении, при котором происходит взаимное смещение относительно друг друга элементарных слоев и частиц. Вероятно, толщина этих слоев приближается к поперечным размерам крахмальных зерен, т.е. в среднем 30...40 мкм, что в 30...50 раз меньше толщины стенок будущих изделий. Следовательно, в условиях ламинарного вязкого потока в формующем канале матрицы размещаются десятки элементарных слоев теста, скользящих один по другому. Такой характер движения теста является одной из причин появления грубой шероховатости на поверхности изделий.

Из эндосперма твердой пшеницы получают крупку, при этом свободные крахмальные зерна в продукты помола почти не поступают, поскольку они очень прочно связаны и склеены между собой и со всей массой клетки эндосперма, к тому же мелкие фракции крупки вместе с отдельными крахмальными зёрнами отсеиваются. Все это существенным образом отражается на структуре и свойствах макаронного теста из крупки твердой пшеницы. Смачивание водой сопровождается в данном случае не отдельным набуханием белков и крахмальных зерен, а набуханием мучных крупок в целом. При энергичном механическом воздействии на тесто периферийные слои крупок, набухшие водой, вначале пастифицируются, а затем отрываются от основной массы сравнительно крупных частиц твердой крупки и переходят в состояние обычного мягкого теста. При дальнейшем продолжении механического воздействия на тесто все новые и новые периферийные пастифицированные слои будут отделяться от крупок, а их упруго-вязкая сердцевина несколько уменьшится и сохранит свою индивидуальность. Таким образом, тесто из мучных крупок твердых пшениц как бы состоит из трех фаз, причем две из них составляют дисперсионную фазу: пастифицированную клейковину 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. Отдельные крупинки хорошо склеиваются между собой своими периферийными пастифицированными слоями. Вместе с тем они сохраняют свою индивидуальность, что очень важно для процесса прессования.

Мы уже отмечали, что при прочих равных условиях оптимальное соотношение пластичности и прочности макаронного теста и выпрес-

совываемых сырых изделий достигается при размерах частиц исходной муки 200..350 мкм. При работе с хлебопекарной мукой, размер частиц которой обычно меньше 150 мкм, достичь этого оптимума вязкопластичных свойств теста можно, как мы установили, увеличением влажности теста. Но все же хлебопекарную муку нежелательно использовать для производства макаронных изделий: связующая способность ее клейковины меньше, чем связующая способность клейковины макаронной муки (в частности, из-за меньшей доли глиадиновой фракции белка); она дает больший распыл при транспортировании и образует своды в бункерах; при добавлении большего количества воды при замесе требуется более длительная сушка изделий.

С другой стороны, крупка с размером частиц до 500 мкм и более требует меньше воды при замесе теста по сравнению с мелкой крупкой с размером частиц 200...350 мкм и тем более с хлебопекарной мукой. Однако при современных кратковременных режимах обработки макаронного теста использование такой крупки может привести к ухудшению внешнего вида высушенных изделий, о чем мы говорили, рассматривая макаронные свойства муки.

Несколько худшее качество изделий из хлебопекарной муки компенсируется более низкой ценой, что в ряде случаев может быть экономически выгодно в связи с расширением рынка сбыта макаронных изделий.

Вследствие рассмотренных различий в водопоглотительной способности муки разного гранулометрического состава и, как следствие, в свойствах теста для производства макаронных изделий, всегда желательно иметь муку, как можно более выравненную по гранулометрическому составу. И совсем нецелесообразно смешивать порошкообразную муку с крупитчатой, в частности, хлебопекарную – с макаронной. Так поступают иногда для повышения макаронных свойств хлебопекарной муки. Однако в этом случае следует говорить не об улучшении качества изделий из хлебопекарной муки, а об ухудшении качества изделий из крупки твердой пшеницы и о нерациональном использовании дефицитной макаронной муки.

6.3. Продолжительность и интенсивность замеса

Назначение стадии смешивания ингредиентов макаронного теста, условно называемой замесом теста, – получение крошковатой, мелкокомковатой сыпучей массы, равномерно увлажненной по всему

объему. При этом для получения однотонного цвета изделий, без белых частиц непромеса, все частицы муки должны полностью пропитаться влагой (пастифицироваться), чтобы при дальнейшей доработке теста в шнековой камере пресса произошла их полная пастификация.

Вследствие этого, продолжительность замеса макаронного теста определяется двумя факторами: достижением равномерного распределения воды по всей массе теста, образующегося в тестомесильном корыте, и скоростью проникновения влаги внутрь частиц муки.

Чем в более диспергированном, распыленном виде будет подаваться вода в месильное корыто, тем быстрее и более равномерно она распределится по всей тестовой массе. При подаче воды в корыто в виде одной струи, вода впитывается отдельными порциями муки, встречающимися струю, и затем требуется длительное и интенсивное вымешивание для перераспределения влаги по всему объему теста. К сожалению, именно таким способом подается вода в тестомесильное корыто распространенного на макаронных предприятиях пресса ЛПЛ-2М. Целесообразно же подавать воду в корыто в разбрызганном состоянии, т. е. в виде множества мелких струек или в распыленном виде, как это предусмотрено в устройстве, запатентованном в Японии.

Устройство представляет собой камеру, в которую подают муку и воду. Мука распыляется через сопло. Вода необходимой температуры через другое сопло в виде мельчайших капелек распыляется в камере навстречу частицам муки. Конструкция сопел позволяет регулировать через них количество и скорость распыления муки и воды в соответствии с заданными параметрами. Равномерно и быстро увлажненные частицы муки падают на ленту транспортера, который, в свою очередь, подает их на окончательное вымешивание в корыто тестосмесителя.

Фирмой «Брайбанти» используется в этих же целях вертикальный пропитыватель, который состоит из трех главных частей: цилиндрической вертикальной камеры пропитывания, вращающегося вала с рядом лопастей и сопел распылителей, созданных специально для равномерного распыления воды.

Вал, вращаемый с помощью электродвигателя, расположен вертикально внутри камеры пропитывания. Лопасти, посаженные на вал под определенным углом, за счет вращения вала создают внутри камеры вихрь, поддерживая таким образом продукт во взвешенном состоянии. Вода, атомизированная с помощью сопел, идеальным обра-

зом соединяется с твердыми частицами, находящимися во взвешенном состоянии, которые, увеличив таким образом свой вес, выходят из камеры агломерации. Операция пропитывания происходит в течение нескольких секунд. Полученный в результате агломерат является исключительно однородным и обладает характеристиками гомогенности.

В современных прессах фирмы «Паван» муку и воду предварительно смешивают в центробежном мукоувлажнителе «Турбоспрей».

В современных линиях фирмы «Бюлер» (Швейцария) перед подачей теста в смеситель мука и вода попадают в специально установленные высокоскоростные смесители.

Другой эффективный способ ускорения равномерного распределения влаги в макаронном тесте – интенсификация смешивания муки и воды. Для этого в многокорытных прессах тестомесильный вал первого корыта вращается с большей частотой, чем валы последующих корыт.

Интенсивность пропитывания частиц муки влагой определяется в первую очередь размерами частиц муки: более крупные частицы требуют более длительного вымешивания.

При старом, периодическом способе производства макаронных изделий, подготовка теста к прессованию длилась около часа. В этом случае было оправдано использование крупки с размерами частиц до 500 мкм и более, которые за такой длительный период приготовления теста полностью пропитывались влагой и пастифицировались.

В связи с переходом на непрерывный способ замеса и прессования теста на шнековых прессах, на которых длительность обработки не превышает 20 мин, потребовалось использование крупки более тонкого помола, с размером частиц не более 350 мкм. Более крупные частицы крупки, среди которых может быть достаточно большое количество белых крупинок, полученных размолотом примеси мучнистой пшеницы, не успевают полностью пропитаться влагой и, сохраняя свою индивидуальность, просматриваются на поверхности сухих макаронных изделий в виде белых точек. Особенно часто такой дефект наблюдается при работе с крупкой на однокорытных прессах ЛПЛ-2М, в которых длительность замеса не превышает 9...10 мин. Поэтому на однокорытных прессах непрерывного действия более целесообразно вырабатывать макаронные изделия из муки тонкого помола, в частности, из хлебопекарной муки. Правда, следует заметить, что при использовании матриц без тефлоновых вставок шероховатая по-

верхность изделий будет скрывать следы непромесов, а если отформованные изделия сушат при жестких режимах, то на фоне микротрещин и воздушных пузырьков непромешенные частицы не будут выделяться на поверхности готовых изделий.

Таким образом, для производства макаронных изделий с однотонным цветом, без следов непромесов, при наличии крупки с размером частиц до 350 мкм и тем более – до 500 мкм необходимо использовать многокорытные прессы, продолжительность замеса теста в которых составляет 16...20 мин. При работе на прессах с продолжительностью замеса 8...10 мин целесообразно использовать муку с размерами частиц не более 200...250 мкм (полукрупку или хлебопекарную муку).

Кроме того, продолжительность и интенсивность замеса макаронного теста оказывают определенное влияние на структурно-механические свойства формуемых сырых макаронных изделий (рис. 12).

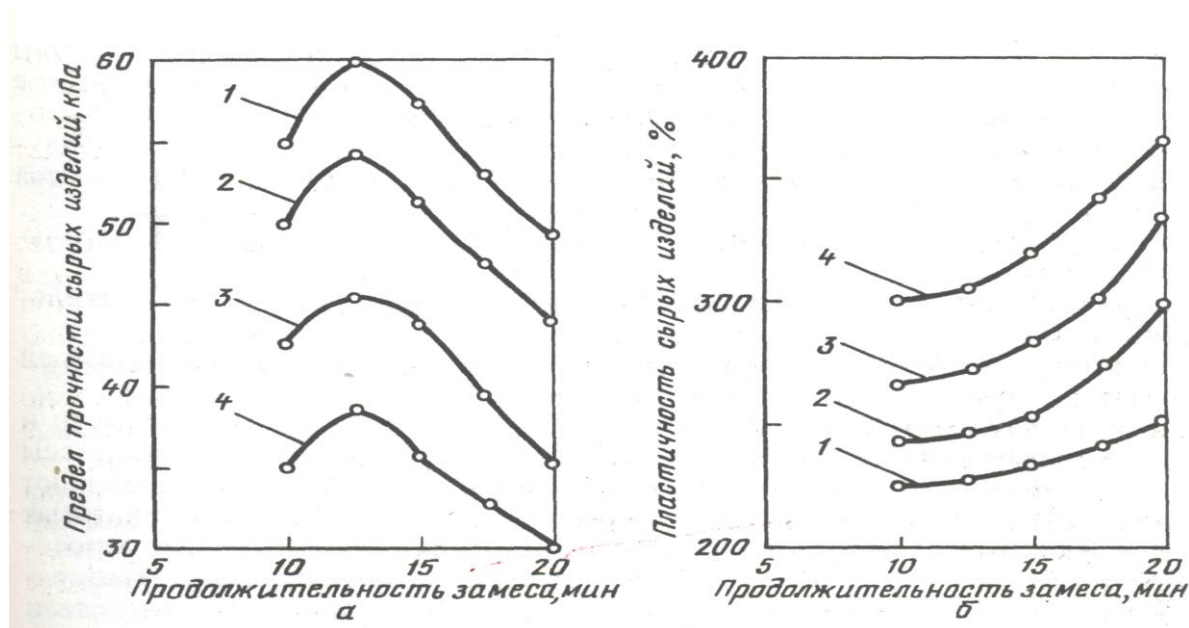


Рис. 12. Зависимость предела прочности (а) и пластичности (б) сырых макаронных изделий от продолжительности замеса теста влажностью: 1 – 30; 2 – 30,5; 3 – 31; 4 – 31,5 %

При определении реологических характеристик тесто замешивали при частоте вращения рабочего вала тестомесильного корыта 115 мин^{-1} при разных значениях влажности теста.

Прочность сырых изделий возрастает с увеличением продолжительности замеса, достигая своего максимального значения, а за-

тем начинает снижаться. Пластичность изделий при этом все время увеличивается. Подобная зависимость сохраняется для любого значения влажности теста. Однако при меньших значениях влажности прочностные свойства сырых изделий выше. Зависимость пластических свойств изделий от влажности иная: чем ниже влажность, тем менее пластичны изделия, и наоборот – с увеличением влажности пластичность возрастает.

В результате проведенных экспериментов по замесу теста при частоте вращения месильного вала 90, 115, 140 и 180 мин⁻¹ была найдена максимально допустимая продолжительность замеса теста, при которой формируемое тесто достигает оптимальных физических свойств.

Частота вращения месильного вала, мин⁻¹: Продолжительность замеса, мин:

90	18
115	13
140	11
180	9

Этими же опытами установлено, что наиболее эффективным является двухстадийный замес: на первой стадии интенсивное перемешивание теста, на второй – перемешивание при пониженной частоте вращения месильного вала. На основании полученных данных был рекомендован следующий режим замеса теста: I стадия – частота вращения вала 140 мин⁻¹, продолжительность замеса 11 мин; II стадия – частота вращения вала 40 мин⁻¹, продолжительность замеса 5 мин. Для выполнения этого режима следует иметь, по крайней мере, двухкорытный тестосмеситель.

В тесте, налипшем на вал и стенки тестомесильного корыта, которое долгое время остается без движения, могут протекать значительные по глубине микробиологические процессы. Это может привести к закисанию теста, вследствие чего необходимо периодически, через 1...2 ч работы прессы, счищать налипшее на вал, лопатки и стенки корыта тесто.

6.4. Влажность теста

Вследствие непродолжительности замеса макаронного теста и относительно низкой доли влаги в нем биохимические процессы на

этой стадии находятся в начальном состоянии и не оказывают практического влияния на свойства теста и отформованных сырых изделий. Основная фаза биохимических процессов протекает во время сушки изделий при использовании низкотемпературных режимов сушки. Однако такие параметры замеса, как влажность и температура теста, и использование вакуумирования могут в достаточной степени отразиться на глубине протекания биохимических процессов в изделиях во время последующей сушки.

Влажность макаронного теста – один из двух главных параметров (наряду с температурой теста), которые технолог может менять в определенных пределах, оказывая влияние на физические свойства теста, сырых изделий и качество продукции.

Мы знаем, что увеличение влажности теста приводит к увеличению толщины сольватных оболочек, окружающих частицы муки в уплотненном тесте, а значит, к снижению когезионной прочности теста. Вследствие этого с увеличением влажности снижаются вязкость теста и прочность сырых изделий, увеличивается их пластичность.

Это важно при переводе работы пресса с крупки твердой пшеницы на хлебопекарную муку: для поддержания режима резания технологического полуфабриката на прежнем уровне необходимо увеличить количество воды, подаваемой в корыто пресса для замеса теста. Естественно, это относится к тому случаю, когда содержание влаги и клейковины в хлебопекарной муке примерно такое же, как в крупке. Уменьшение же клейковины приводит к снижению пластичности теста и выпрессовываемых сырых изделий и требует дополнительного увеличения влаги в тесте (рис. 13).

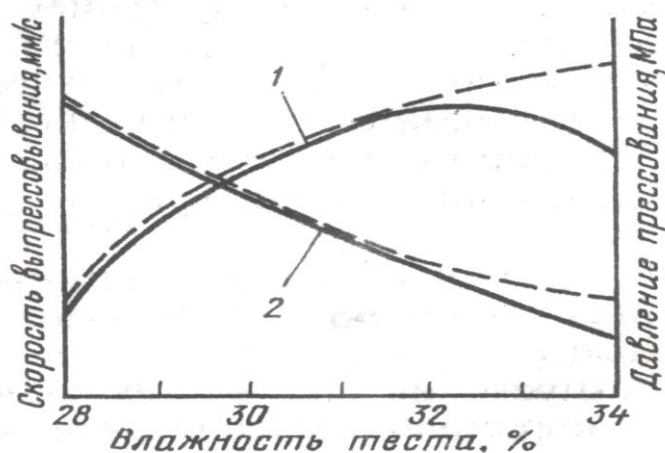


Рис. 13. Характер изменения скорости выпрессовывания (1) и давления прессования (2) макаронного теста в зависимости от его влажности, %

Так как с повышением влажности теста увеличиваются пластичность и текучесть теста, облегчается и процесс его выпрессовывания через матрицы. Это приводит (как показывают соответствующие кривые, см. рис. 13) к снижению давления прессования и к увеличению скорости выпрессовывания, т.е. к повышению производительности прессы. Однако, если при работе на поршневых прессах такая зависимость наблюдалась при повышении влажности теста до 34 % и выше (см. рис. 13, где эти кривые показаны пунктиром), то для шнековых прессов скорость выпрессовывания сырых изделий увеличивается только до повышения влажности теста – примерно до 32 %. Дальнейшее повышение влажности при замесе теста приводит к образованию крупных комков, плохо проходящих сквозь входное отверстие шнековой камеры. Поэтому, хотя пластичность теста и повышается, плохое питание им шнековой камеры ведет к резкому падению давления прессования и, как следствие, к снижению скорости выпрессовывания (см. сплошную кривую на рис. 13). Таким образом, с точки зрения экономичности работы шнекового прессы, оптимальная влажность теста – 32 %. Но при этом надо учитывать и другие факторы: гранулометрический состав, содержание клейковины в исходной муке (о чем мы уже говорили), а также способы разделки и сушки изделий (на чем мы остановимся ниже). Наконец, надо еще раз отметить, что влажность теста влияет на степень шероховатости поверхности изделий при использовании матриц без тефлоновых вставок, что также связано с влиянием влажности теста на величину давления прессования.

Рассматривая зависимость величины давления прессования от влажности теста, следует иметь в виду, что уменьшение влажности теста приводит к увеличению давления прессования и, казалось бы, к увеличению скорости выпрессовывания изделий. Однако при этом в еще большей степени увеличивается вязкость теста и снижается его текучесть. Как показывают кривые в области влажности теста до 32...33 % (см. рис. 13), хотя более крутое тесто и приводит к увеличению давления, при этом в большей степени снижается скорость выпрессовывания изделий из матрицы. Следовательно, при конкретных условиях резания 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, чтобы обеспечить достаточную прочность выпрессо-

вываемых изделий, с другой стороны, величина давления не должна превышать определенного предела, установленного для конкретного прессы, во избежание его поломки.

Наконец, следует отметить, что на шнековых прессах встречается явление, когда снижение влажности теста практически не увеличивает величины давления прессования, но приводит к снижению скорости выпрессовывания сырых изделий. Это явление наблюдается при работе на изношенных шнеках с матрицами, имеющими низкую пропускную способность (коэффициент живого сечения 0,05...0,1 ед.). В этом случае резко возрастает противодвижение теста в зазоре между шнеком и стенкой камеры, вследствие чего снижается подача высоковязкого, низкотекучего теста к матрице.

6.5. Температура теста

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

В условиях старой технологии прессования макаронного теста на поршневых прессах, когда тесто не испытывало относительного смещения внутренних слоев вплоть до его выпрессовывания через отверстия матрицы (*ламинарный* характер движения теста), скорость выпрессовывания и давление прессования зависели от температуры теста нижеследующим образом.

При увеличении температуры приблизительно до 60 °С скорость выпрессовывания увеличивалась, а давление прессования снижалось (пунктирные линии на рис. 14). Это связано с увеличением пластичных и снижением вязкостных свойств теста вследствие ослабления межмолекулярных связей в структуре теста при повышении его температуры. Однако дальнейшее увеличение температуры теста приводило к резкому увеличению давления на матрицу и сильному падению скорости выпрессовывания изделий. Такой характер изменения текучести теста при ламинарном движении объясняется тем, что при температурах выше 60 °С происходит денатурация клейковины, «запечатывание» связанных ею крахмальных зерен, которые, в свою очередь, набухают в результате повышения температуры и уплотняют фиксирующуюся белковую матрицу.

В результате этого процесса, который называется *завариванием* теста, тесто становится плотным и с трудом поддается формованию. Исходя из сказанного, оптимальной температурой теста при его формовании на поршневых прессах является температура 55 °С.

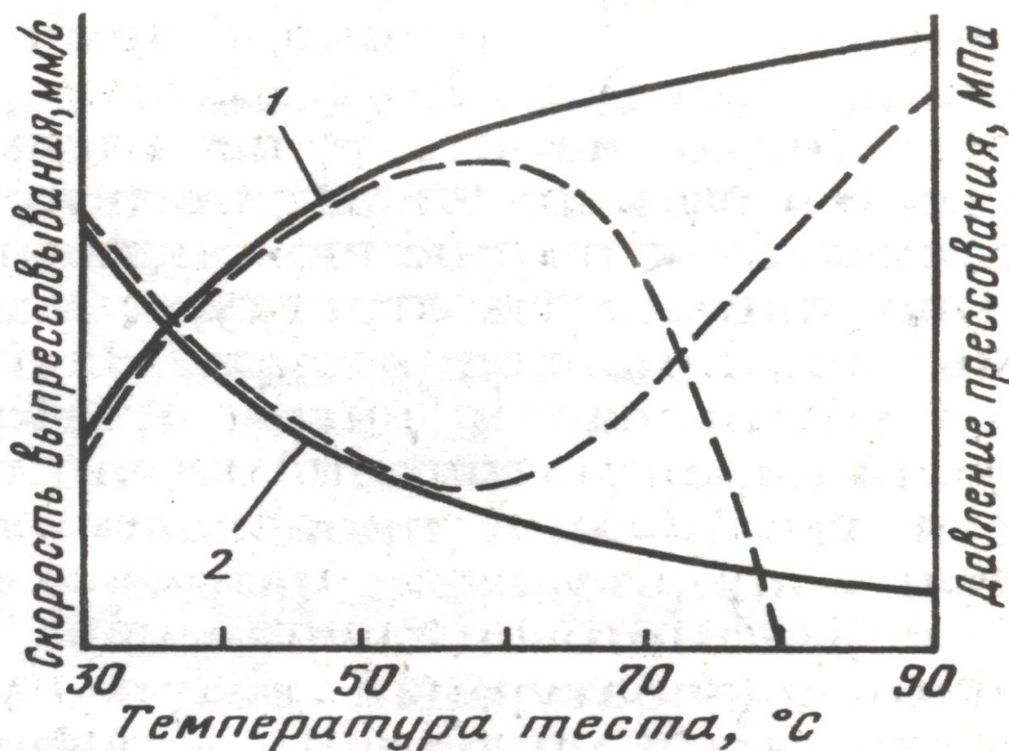


Рис. 14. Характер изменения скорости выпрессовывания (1) и давления прессования (2) макаронного теста в зависимости от его температуры

При прессовании теста на шнековых макаронных прессах рассматриваемые зависимости имеют иной характер.

При нагнетании уплотненного теста к матрице в шнековой камере внутренние слои теста испытывают постоянные деформации сдвига, смещения слоев. Наблюдается *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. Набухающие же зерна крахмала увеличивают свою пластичность, повышая текучесть теста. В результате этого при резании технологического полуфабриката на шнековых прессах увеличение температуры приводит к постоянному росту скорости выпрессовывания изделий и

снижению давления прессования в исследованном интервале температур вплоть до 90 °С (сплошные кривые, см. рис. 14).

Однако из этого не следует, что температуру теста можно увеличивать до 90 °С, так как тепловая денатурация клейковины приводит к потере ею связующих свойств, снижению прочности структуры изделий, формирующейся в каналах матрицы, и, следовательно, к увеличению потери сухих веществ во время варки изделий. 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, хотя для увеличения производительности прессы (в первую очередь, при использовании матриц с низкой пропускной способностью) без заметного снижения качества изделий можно применять высокотемпературный режим замеса, при котором температура теста перед матрицей составляет около 65 °С.

Увеличивать температуру теста перед матрицей выше 50...55 °С следует только внешним подводом теплоты к тесту и ни в коем случае не разогревом теста в результате интенсивного трения его о лопасти шнека и внутреннего трения слоев. Последний случай является показателем чрезмерного «перетиранья» теста в шнековой камере, приводящим к глубокой механотермической деструкции клейковины и потере ею связующих свойств в еще большей степени, чем в результате только термической деструкции при таких же температурах.

6.6. Вакуумирование теста

Вакуумирование макаронного теста впервые стали использовать с внедрением шнековых прессов. Это было связано с тем, что по сравнению с резанием технологического полуфабриката на поршневых гидравлических прессах, где давление прессования достигало 15 МПа и более, переход на резание технологического полуфабриката на шнековых прессах первых моделей, где давление не превышало 6 МПа, сопровождался снижением плотности и прочности макаронных изделий.

При резании технологического полуфабриката, прошедшего вакуумную обработку, т. е. удаление пузырьков воздуха, повышается прочность сырых изделий в среднем на 40 % и прочность сухих изделий – в среднем на 20 %.

В прессах первых конструкций вакуумирование теста осуществлялось в шнековой камере. Такая же система используется в прессах ЛПЛ-2М (рис. 15).

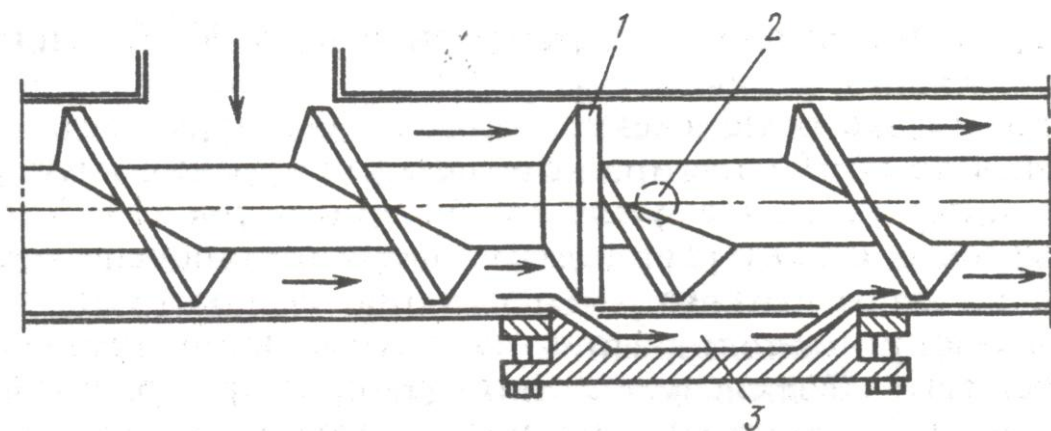


Рис. 15. Схема устройства для вакуумирования теста в шнековой камере пресса ЛПЛ-2М

На валу шнека, примерно в его центральной части, установлена кольцевая шайба 1, перед которой тесто уплотняется и в таком виде продавливается через перепускной канал 3. В канале создается вакуум путем отсоса воздуха вакуум-насосом через отверстие 2.

За кольцевой шайбой вследствие разрыва винтовой лопасти шнека давление снижается до атмосферного, и далее, на оставшихся 3...4 витках шнека оно возрастает до рабочего давления прессования.

Вакуумирование макаронного теста дает значительный положительный технологический эффект. Вследствие вакуумирования теста шероховатость изделий сокращается в 50 раз, но полного удаления воздуха достигнуть не удастся из-за скоротечности прохождения тестом вакуумного канала и трудности отсоса воздуха из уплотненной массы теста. Вследствие этого, с конца 50-х годов прошлого столетия фирма «Брайбанти» стала выпускать прессы, в которых вакуумирование теста проводят в отдельном корыте перед поступлением крошковой массы в шнековую камеру. Отсос воздуха из такой массы весьма эффективен и захватывает весь объем теста.

Применение вакуумирования теста с последующим прохождением его через матрицы с тефлоновыми вставками кроме упрочения структуры изделий приводит к получению более насыщенного желтого цвета изделий (естественно, при использовании продуктов помола твердой пшеницы или при добавлении к хлебопекарной пшени-

це, например, витамина В₂). Ранее это объяснялось отсутствием кислорода воздуха, т.е. отсутствием процесса окисления каротиноидных пигментов при участии фермента липоксигеназы. Для полного исключения окисления пигментов на всем протяжении замеса макаронного теста фирма «Паван» оснастила свои прессы тестосмесителем, в котором смешивание муки и воды с самого начала осуществляется под вакуумом. Несколько позже подобную систему тестосмесителя стали использовать и в прессах французской фирмы «Бассано».

Однако следует напомнить, что уже с первых минут замеса теста образуются связанные и прочносвязанные комплексы жиров с белками, которые предохраняют каротиноиды от разрушения даже при наличии кислорода. Поэтому улучшение цвета изделий при вакуумировании теста связано не с предотвращением окисления каротиноидных пигментов, а с двумя другими процессами. Во-первых, при гладкой поверхности изделий отсутствие воздушных пузырьков во внутренних слоях изделий из вакуумированного теста повышает их прозрачность: лучи света проникают на большую глубину изделий, и большее количество молекул пигментов участвует в избирательном светопоглощении, поэтому глаз человека воспринимает цвет таких изделий более насыщенно-желтым. Во-вторых, при отсутствии кислорода воздуха во время замеса теста отсутствует процесс потемнения теста, связанный с активностью фермента полифенолоксидазы, а также замедляется его протекание при сушке изделий: снижение доли темного компонента цвета изделий увеличивает долю желтого компонента.

При отсутствии вакуумирования теста на шнековых макаронных прессах зачастую выпрессовываются белесые макаронные изделия даже при использовании муки из твердой пшеницы или яичных добавок.

Последние исследования показали, что белесый цвет макаронных изделий обусловлен исключительно физическим процессом насыщения теста множеством мельчайших пузырьков воздуха при его интенсивном перетирании в шнековой камере, иными словами, является следствием своеобразного взбивания теста в шнековой камере и получения пенообразной структуры. В результате этого цвет изделий становится белым даже при наличии значительного количества каротиноидных пигментов. При прессовании крутого макаронного теста возрастает интенсивность его перетирания, в результате чего оставшийся в тесте воздух превращается в микропузырьки, распределенные по всему объему теста. В результате перетирания тесто разогре-

вается, повышается его пластичность, снижается давление прессования, величина которого становится недостаточной для выдавливания пузырьков воздуха из формуемого теста.

Устранить выпрессовывание белесых изделий на шнековых прессах без вакуумирования теста или с неэффективной системой вакуумирования можно двумя способами. Первый – это повышение давления прессования, что будет способствовать более полному выдавливанию воздуха из теста при его уплотнении в шнековой камере. Охладив тесто путем подачи холодной воды в рубашку шнекового цилиндра и повысив таким образом давление прессования, можно добиться желаемого результата. Однако при охлаждении теста увеличивается его вязкость, а значит, возрастает интенсивность его перетирания – растет расход энергии на прессование, снижается скорость выпрессовывания, а белесый цвет исчезает не всегда. Более эффективным является другой способ. Для этого повышают пластичность теста, в частности, увеличивают влажность или повышают температуру, но только не за счет перетирания теста, а путем предварительного нагревания его перед поступлением на прессование, на чем мы подробнее остановимся ниже, при изучении высокотемпературных режимов замеса.

Наличие пузырьков воздуха в изделиях из невакуумированного теста является причиной еще одного дефекта внешнего вида изделий, который возникает на начальной стадии сушки при температуре выше 60...65 °С. Пузырьки воздуха расширяются внутри еще пластичных изделий и затем появляются на поверхности сухих изделий в виде множества светлых точек, особенно ухудшающих вид изделий с гладкой поверхностью. Поэтому нельзя использовать высокотемпературные режимы в самом начале сушки невакуумированных изделий.

Исследования, проведенные Н.И. Назаровым и Л.Ф. Глущенко, показали, что в процессе приготовления макаронного теста фигурируют три вида поглощения воздуха: механическое – во время перемешивания муки и воды, адсорбционное связывание воздуха внешней поверхностью частиц муки и абсорбционное – поверхностью их капилляров и, наконец, растворение воздуха в жидкой дисперсионной среде – клейковине.

Учеными был разработан прибор для определения содержания воздуха в тесте, сырых и сухих изделиях.

Степень насыщения теста и изделий воздухом оценивалась показателем воздухосодержания:

$$K_e = 0,7(V_e/V_n)100, \quad (9)$$

где 0,7 – переводной коэффициент;

V_e – объем воздуха в пробе, мл;

V_n – объем пробы перед испытанием, мл.

Этими же исследователями на лабораторном макаронном прессе и реконструированном производственном прессе ЛПЛ-2М был изучен процесс вакуумной обработки теста при замесе. Каждый пресс имел два тестомесильных корыта. В первом предварительно интенсивно смешивались мука и вода, во втором – завершался замес теста под вакуумом. В обоих прессах тесто поступало из первого во второе корыто через вакуумный затвор.

В выпрессовываемых сырых изделиях определяли содержание воздуха. Установлено, что наиболее интенсивная деаэрация теста наблюдается в первые 7 мин, затем, до 20 мин, заметного изменения воздухосодержания теста не наблюдается. Процесс протекает в три стадии: 5...7 мин из теста удаляется механически захваченный воздух, далее – снижается скорость деаэрации, отсасывается сорбционно связанный воздух, затем удаляется воздух из растворов, которые имеют в тесте коллоидную природу.

Это характерно для любого макаронного теста. Но абсолютное значение коэффициента воздухосодержания (к.в.) зависит от типа исходной муки. Так, при степени разрежения в 10 кПа к.в. теста из крупки был на 40 % меньше, чем у теста из хлебопекарной муки, так как в тесте из хлебопекарной муки размер пузырьков механически захваченного воздуха меньше, в нем более развита сорбирующая поверхность частиц муки и их микрокапилляров, т.е. деаэрировать такое тесто труднее.

Опытным путем было выявлено, что температура и влажность макаронного теста в используемых на практике диапазонах их изменения не оказывают существенного влияния на количество воздуха, поглощаемого тестом. В то же время давление прессования существенно влияет на интенсивность деаэрации: большему давлению соответствует меньший коэффициент воздухосодержания.

Кроме того, данные исследования показали, что остаточное содержание воздуха в изделиях, полученных из теста, вакуумированного в шнековой камере пресса ЛПЛ-2М, более чем в два раза выше,

чем в изделиях из теста, вакуумированного в процессе замеса. С учетом того, что при продавливании теста через перепускной канал происходит дополнительная механическая деструкция клейковины и снижается подача теста к матрице (уменьшается давление прессования), целесообразность использования системы вакуумирования прессы ЛПЛ-2М вызывает большое сомнение.

На основании результатов данного исследования оптимальным определен режим вакуумирования макаронного теста на стадии его замеса при остаточном давлении 10...40 кПа и длительности вакуумирования 5...7 мин. При таком режиме коэффициент воздухосодержания макаронных изделий достигает следующих значений: для изделий из крупки – 0,8, полукрупки – 0,9, хлебопекарной муки – 1 %.

Однако чтобы предотвратить начало процесса потемнения теста во время замеса, лучшей системой вакуумирования макаронного теста следует считать систему прессов «Паван», где процесс приготовления теста на всем протяжении осуществляется под разрежением.

6.7. Внесение добавок

Существенным моментом при производстве макаронных изделий является использование дополнительного сырья и различных добавок, которые чаще всего применяются для повышения пищевой ценности готовой продукции и улучшения ее качественных показателей.

Г.М. Медведев при разработке различного рода добавок и улучшителей для макаронных изделий исходил из того, что доза введения пищевых, обогащающих и вкусоароматических добавок не должна превышать 3...5 % от массы муки в расчете на сухие вещества добавок для того, чтобы не снижать содержание сырой клейковины в смеси ниже 26...28 %. По его мнению, улучшителями качества макаронных изделий могут быть только те вещества, которые, повышая одни показатели, не снижают другие. Чаще приходится использовать одновременно несколько различных добавок, одни из которых повышают пищевую ценность макаронных изделий, а другие вводятся для сохранения нормальной структуры теста и варочных свойств изделий.

Например, введение в рецептуру макаронного теста 8 % сухого молока или 24 % нежирного творога, повышая биологическую ценность изделий, приводит к ослаблению их структуры, увеличивает

потери сухих веществ в варочную среду. Зарубежные специалисты для сохранения нормальных варочных свойств изделий рекомендуют в данном случае введение каррагинина (0,1 %), который, образуя с белками комплексные соединения, обеспечивает устойчивость изделий к разрушению. Г.М. Медведев, используя при замесе гидролизованную молочную сыворотку (СГОЛ) в количестве 10 %, наблюдал ослабление структуры теста, снижение варочных свойств и повышение кислотности наряду с повышением пищевой ценности макаронных изделий. Поэтому ученым был разработан комплексный улучшитель, в который, помимо СГОЛ, входят препарат на основе нативной клейковины в качестве компенсатора ослабления структуры, бикарбонат натрия для понижения кислотности и витамин В₂ для придания сухим изделиям более выраженного желтого цвета. При использовании в качестве обогащающей добавки фасоловой муки отмечено увеличение содержания сухих веществ в варочной воде; для устранения этого недостатка в тесто дополнительно вводится рябиновое пюре, которое способствует увеличению прочности изделий, образованию гладкой поверхности, сохранению их формы в процессе варки и снижению потерь сухих веществ изделий в варочную воду.

Однако некоторые добавки, используемые для повышения пищевой ценности макаронных изделий, одновременно оказывают укрепляющее действие на клейковину пшеничной муки и реологические показатели макаронного теста, тем самым повышая варочные свойства продукции. К ним, например, относятся морковная паста, облепиховое пюре, мука целого ряда бобовых культур (гороха, чечевицы) и т.д.

Таким образом, вводя в макаронное тесто какое-либо дополнительное сырьё или добавки, не следует забывать о том, что их введение не должно снижать качество макаронных изделий и, в первую очередь, их варочные свойства, поскольку и дополнительное сырьё, и добавки обязательно окажут определенное влияние на свойства компонентов пшеничной муки и реологические характеристики макаронного теста.

6.8. Возможные дефекты выпрессовываемых изделий

Возможные дефекты выпрессовываемых изделий приведены в табл. 7.

Таблица 7

Возможные дефекты выпрессовываемых изделий

Виды дефектов	Вероятные причины	Мероприятия по устранению дефектов
Сильная шероховатость поверхности всех выпрессовываемых изделий (матрицы без вставок)	Тесто малопластичное (очень крутое). Плохая обработка формующих 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 формующей 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 вследствие: 1) большой вязкости теста; 2) низкой пропускной способности матрицы; 3) увеличения зазора (более 1 мм) между лопастями шнека и внутренней поверхностью камеры; 4) недостаточного питания шнековой камеры тестом	Повысить температуру воды на замес теста; влажность теста на 1...2 %; включить обогрев шнековой камеры. Снять предматричную решетку; снизить вязкость теста. Ликвидировать зазор, установив новый шнек или наварив металл на лопасть старого. Следить, чтобы тесто заполняло от 1/2 до 2/3 объёма месильного корыта; если тесто крупнокомковатое, снизить влажность теста на 1...2 %
Растягивание выпрессовываемых изделий под действием собственной массы	Чрезмерно пластичное тесто. Мука с дефектной сильнотянущейся клейковиной	Снизить пластичность, уменьшив влажность теста на 1-2 %. Использовать эту муку только для подмешивания к муке нормального качества или для выработки коротких изделий

ГЛАВА 7. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ ЗАМЕСА И РЕЗАНИЯ (ФОРМОВАНИЯ) ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛУФАБРИКАТА (ТЕСТА)

Известно, что традиционные режимы замеса и резания технологического полуфабриката допускают повышение температуры теста перед матрицей до 50...55 °С, исходя из того, что при больших температурах происходят денатурация белковых веществ, потери связующих свойств клейковины, следовательно, ослабление структуры макаронных изделий. Однако денатурация белка, связанная с деструкцией белковых молекул, происходит в большей степени за счет механического трения шнека об уплотненную тестовую массу и интенсивного смещения внутренних слоев теста, т. е. в результате перетирания теста. Поэтому были проведены исследования возможностей использования высокотемпературных режимов замеса (ВТРЗ) макаронного теста.

Мы знаем, что нагрев макаронного теста перед его уплотнением в шнековой камере пресса увеличивает пластичность и текучесть теста, что приводит к росту скорости выпрессовывания изделий, т.е. к росту производительности пресса. Это характерно и для температур, превышающих 50...55 °С, которые ранее считали оптимальными для достижения наибольшей производительности шнекового пресса. Однако при температуре замеса теста выше 65...70 °С наблюдается заметное снижение варочных свойств макаронных изделий в результате ослабления клейковинной матрицы структуры изделий. Поэтому оптимальной, по мнению Г.М. Медведева, температурой макаронного теста после замеса на шнековых прессах является температура около 60 °С, с тем, чтобы перед матрицей она составила не более 65 °С с учетом прироста температуры теста в шнековой камере при таких условиях замеса примерно на 5 °С. Такой режим называется *высокотемпературным режимом замеса*.

Высокотемпературный режим замеса макаронного теста наряду с сохранением нормального качества изделий дает следующие пре-

имущества по сравнению с традиционным низкотемпературным режимом замеса:

- увеличивается на 10...15 % производительность прессы (повышение текучести теста при нагревании его перед прессованием);

- предотвращается выпрессовывание белесых изделий вследствие повышения пластичности теста, а значит, снижения интенсивности процессов перетирания теста в шнековой камере и насыщения его мельчайшими пузырьками воздуха;

- не требуется расхода воды на охлаждение шнековой камеры; сокращается продолжительность сушки изделий и предотвращается их слипание 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 тепловой инактивации фермента полифенолоксидазы.

Достичь температуры теста порядка 60 °С во время замеса путем увеличения температуры воды, подаваемой в тестомесильное корыто, не удастся, поскольку даже при горячем замесе, когда температура воды составляет около 100 °С, температура теста не превышает 50 °С. Кроме того, подача горячей воды нежелательна вследствие заваривания части муки, соприкасающейся со струей воды. Поэтому одним из наиболее простых способов реализации высокотемпературного режима замеса макаронного теста является оснащение тестомесильного корыта прессы внешним обогревателем: паровой или водяной рубашкой, электронагревателем и т. п.

Наиболее целесообразно применять высокотемпературный режим замеса при производстве коротких макаронных изделий, поскольку при выпрессовывании длинных изделий подсушка их поверхности будет придавать ломкость сырым изделиям, что усложнит процесс их разделки. Кроме того, применение высокотемпературного режима замеса имеет свои сложности при использовании прессов с вакуумированием теста в месильных корытах, в которых вместе с отсосом воздуха удаляется влага, испаряющаяся из нагреваемой тестовой массы. Наконец, высокотемпературный режим замеса нежелателен для теста с яичными добавками вследствие более низкой температуры денатурации яичного белка, чем клейковины теста.

Две последние проблемы не возникают при использовании *высокотемпературного режима формования* (резания, в соответствии с

ГОСТ Р 52000-2002 «Изделия макаронные. Термины и определения») (ВТРФ) макаронных изделий сквозь нагретые матрицы.

Основная цель применения режимов высокотемпературного формования (резания) – повышение производительности прессы. Добиться этого можно путем кратковременного нагрева макаронного теста до достаточно высоких температур (выше 60...65 °С) именно на стадии резания путем нагрева матрицы, так как при резании даже очень высокие температуры воздействия на уплотненное макаронное тесто во время быстрого прохождения его сквозь каналы матрицы не успевают привести к глубоким денатурационным изменениям его белка, т.е. не влияют на качество выпрессовываемых изделий. При температуре матрицы до 80 °С производительность прессы увеличивается в 2 раза. Дальнейшее повышение температуры влечет за собой и дальнейшее увеличение скорости выпрессовывания, однако при температуре матрицы свыше 120 °С начинает наблюдаться вспучивание поверхности выпрессовываемых сырых изделий вследствие значительного перепада температур изделий и воздуха и резкого испарения влаги из изделий. Однако при температуре металлической матрицы без тефлоновых вставок равной 110 ± 5 °С впрессовываются изделия с абсолютно гладкой поверхностью. Это связано с тем, что испаряющаяся в формуемых изделиях влага при соприкосновении с горячей поверхностью канала матрицы создает между поверхностью изделий и формирующей щелью матрицы паровую прослойку, предотвращающую прилипание тестовой поверхности изделия к поверхности щели. При возникновении паровой прослойки резко возрастает скорость выпрессовывания изделий и, соответственно, снижается давление прессования.

Но здесь надо помнить, что только при определенных значениях давления прессования, а именно, не менее 5...6 МПа, можно получить тесто, реологические характеристики которого обеспечивают прочную структуру формуемых изделий.

В данном случае существенную роль играет влажность теста. Так, при влажности теста из крупки 32 %, с повышением температуры матрицы от 40 до 80 °С производительность прессы для данной матрицы увеличивается почти в 2 раза, а давление снижается на 37,5 %. Использование теста с более низкой влажностью (29 %) позволяет повысить давление прессования при температуре матрицы 80 °С до величины традиционного режима (температура матрицы 50 °С и влажность теста 32 %). Кроме этого, использование теста с более низкой влажностью приводит к тому, что при выпрессовывании сы-

рых изделий через горячую матрицу происходит испарение влаги с поверхности изделий, т.е. их влажность снижается почти на 3 % по сравнению с традиционным режимом. А это дает возможность избежать слипания сырых изделий в сушилке и смягчить режим сушки, обеспечивая высокую прочность изделий.

Повысить давление прессования, не меняя влажность теста, можно также подачей холодной воды в рубашку шнекового цилиндра. При этом сохранится увеличение производительности 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 водопоглощительной способностью частиц полукрупки по сравнению с крупкой и, следовательно, с большей вязкостью теста при одинаковых значениях влажности. Такая тенденция проявляется в еще большей степени при использовании хлебопекарной муки.

Таким образом, при высокотемпературном режиме формования (резания) макаронных изделий варьированием температуры нагрева матрицы, влажности замешиваемого теста и степени охлаждения шнековой камеры можно достичь не только повышения производительности пресса, но и менять в широких диапазонах давление прессования и степень снижения влажности выпрессовываемых сырых изделий.

Однако основным критерием выбора оптимальных параметров ВТРФ является качество готовых изделий и, в первую очередь, содержание сухих веществ в варочной среде при варке готовых изделий. В случае использования матриц с тефлоновыми вставками минимальные потери сухих веществ при варке наблюдаются при температуре матрицы 80...100 °С. Это связано с процессами денатурации белка в поверхностном слое изделий и с фиксированием клейковинного каркаса.

При прохождении технологического полуфабриката через матрицу без тефлоновых вставок минимальные потери сухих веществ установлены при температуре матрицы 110...120 °С, так как изделия имеют абсолютно гладкую поверхность.

Что касается других показателей варочных свойств макаронных изделий, то во всех случаях увеличение температуры матрицы с 45...50 до 100... 110 °С снижает продолжительность варки изделий

до готовности с 8...9 до 6...7 мин и увеличивает прочность сваренных изделий на срез с 60...80 до 100...120 кПа. Сокращение длительности варки связано с предварительным пропариванием макаронных изделий в процессе прессования через горячую матрицу – частичными денатурацией белка и декстринизацией крахмала. Причем они тем более глубокие, чем выше температура матрицы. Фиксированием крахмалоклейковинной матрицы изделий во время высокотемпературного формования (резания) объясняется и упрочение структуры сваренных макаронных изделий.

Таким образом, на основании приведенных результатов исследования влияния температуры нагрева матрицы на производительность пресса, свойства теста и качество сырых, сухих и сваренных макаронных изделий были определены оптимальные температуры нагрева матриц при высокотемпературном режиме формования:

- при использовании матриц с тефлоновыми вставками – 75...85 °С, так как более высокие температуры хотя и приводят к дальнейшему увеличению производительности пресса, но, во-первых, не способствуют улучшению качества продукции (повышаются потери сухих веществ изделий во время варки), а во-вторых, нежелательны из-за снижения прочности тефлоновых вставок;

- при использовании металлических матриц без тефлоновых вставок – 110...120 °С, поскольку при этом достигаются максимальное увеличение производительности пресса и наилучшее качество продукта (абсолютно гладкая поверхность и лучшие варочные свойства).

На практике более рационально использовать на промышленных прессах нагретые матрицы с тефлоновыми вставками из-за более низкого расхода энергии на их нагрев, а также из-за трудности поддержания температуры матрицы на уровне 110...120 °С (на мини-прессах).

Промышленную матрицу можно нагреть до температуры 75...85 °С, используя теплоэлектронагреватели (ТЭНы), которые укладывают в кольцевую канавку, пропиленную по периметру матрицы. Нагрев происходит в течение около 30 мин, после чего в случае значительного снижения давления прессования (вследствие повышения пластичности и текучести теста) на 1...2 % снижают содержание влаги в месильном корыте, увеличивая подачу муки в корыто.

Из-за значительного испарения влаги из выпрессовываемого через горячую матрицу полуфабриката обдувку пряжи сырых изделий

желательно осуществлять не нагнетанием, а всасыванием воздуха в отверстия обдувателя.

При переходе на высокотемпературный режим формования (резания) с увеличением производительности прессы режим сушки изделий не меняется, поскольку общая масса удаляемой из изделий влаги остается примерно такой же, как при традиционном режиме: при высокотемпературном режиме формования масса изделий, поступающих в сушилку, увеличивается, а влажность снижается.

При переходе на высокотемпературный режим формования (резания) без увеличения производительности прессы (со снижением влажности теста в месильном корыте на 2 % и более) режим сушки изделий должен быть смягчен, для этого снижают температуру воздуха в сушилке, уменьшая давление греющего пара на входе в сушилку.

Прямоугольные матрицы можно обогреть горячим воздухом, направляемым с двух продольных сторон матрицы щелевидными обдувателями, примыкающими как можно ближе к выходной плоскости матрицы. Такой способ нагрева матрицы используется, например, на прессах фирмы «Бассано» (Франция).

ГЛАВА 8. РЕЗКА ПОЛУФАБРИКАТА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Резка 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.

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 формующих 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 (короткие изделия), слипанию в лотковых кассетах (макароны), прилипанию их к бастунам (подвесная сушка длинных изделий), налипанию их на режущие ножи и залипание 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 (на бастунах) обдувку необходимо проводить особенно тщательно, избегая чрезмерной подсушки поверхности изделий, особенно внешней (по отношению к бастуну), так как при ее сильном заветривании могут происходить разламывание поверхностного слоя изделий в местах перегиба и падение изделий с бастунов (осыпь) непосредственно при развешивании или чаще – в процессе их высушивания (на автоматизированных поточных линиях с подвесной сушкой используют распределитель-обдуватель).

8.2. Резка и раскладка изделий

Резку полуфабриката макаронных изделий на необходимую длину осуществляют с помощью режущего механизма и для высушивания раскладывают на сушильные поверхности (короткие изделия), укладывают в лотковые кассеты (макароны 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 подвешенном 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 как тем, так и другим способом, причем во втором случае изделия получаются более прямыми и появляется возможность более интенсивной обдувки, например, подачей воздуха вдоль пряди.

Для резки коротких изделий по плоскости матрицы на прессах ЛПЛ-2М применяют универсальный режущий механизм УРМ, который режет по плоскости матрицы. Он позволяет получать короткие изделия (кроме перьев) любой длины, в том числе и наиболее мелкие, например, суповые засыпки.

Для резки вермишели и лапши в подвешенном состоянии применяется наиболее распространенный механизм ЛПР-1, который делает 12...32 среза в мин.

Для резки и развешивания длинных изделий на бастуны используют автоматические саморазвешивающие механизмы.

Чаще короткие изделия сушат в конвейерных сушилках. Подача сырых изделий на верхнюю ленту осуществляется посредством механического раскладчика (раструсчика), обеспечивающего равномерное распределение продукта по ширине ленты, составляющей около 2 м. Толщина слоя продукта регулируется изменением скорости движения ленты. В зависимости от ассортимента изделий толщина слоя должна составлять от 2 до 5 см.

При сушке в лотковых кассетах макароны должны равномерно и полностью заполнять кассету. Если заполнение не полное, то во время сушки основной поток воздуха пойдет по пути наименьшего сопротивления – в свободное пространство над макаронами, а не сквозь макаронные трубки. Если же кассеты чрезмерно заполнены, то это приведет к их смятию под действием массы стоящих выше кассет с

макаронами. Это затруднит проход воздуха через трубки, увеличит их слипание и приведет к получению деформированных изделий.

Возможные дефекты сырых изделий, возникающие при резке, и способы их устранения представлены в табл. 8.

Таблица 8

Возможные дефекты сырых изделий, возникающие при резке

Виды дефектов	Вероятные причины	Мероприятия по устранению
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

ГЛАВА 9. СУШКА, СТАБИЛИЗАЦИЯ И ОХЛАЖДЕНИЕ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сушка является одним из способов консервирования макаронного теста.

Если не удалить из теста влагу, то в нем будут развиваться различные физико-химические, биохимические и микробиологические процессы, которые приведут к порче продукта. Для предотвращения развития этих процессов изделия подвергают консервированию обезвоживанием – сушке до влажности не более 13 %.

Сушка полуфабриката макаронных изделий – наиболее длительная стадия процесса их производства. От правильности ее проведения во многом зависят такие показатели качества готовой продукции, как прочность, стекловидность излома, кислотность. Очень интенсивное удаление влаги может привести к растрескиванию изделий, чрезмерно длительная сушка на первой стадии удаления влаги – к закисанию изделий, а при сушке в слое – к образованию слитков, деформированию продукта.

Высушивание обычно заканчивают по достижении влажности 13,5...14 %, чтобы после остывания, перед упаковкой, влажность их составляла не более 13 %.

Уплотненное макаронное тесто и полуфабрикат макаронных изделий относятся к коллоидно-капиллярно-пористым материалам, в которых различают три вида формы связи влаги: химическую, физико-химическую и физико-механическую. Однако в сырых изделиях наблюдаются главным образом две первые формы связи влаги.

Химически связанная вода входит в состав молекул веществ и может быть удалена из него только химическим взаимодействием или прокаливанием. При сушке химически связанная вода не удаляется.

Физико-химическая связь влаги включает два вида: адсорбционную и осмотическую.

Адсорбционно связанная влага представляет собой жидкость, удерживаемую на внешней и внутренней поверхностях мицелл, – частиц размером от 0,1 до 0,01 мкм, которые в макаронном тесте и сырых изделиях представляют собой отдельные свернутые цепочки молекул белка и крахмала или их группы (конгломераты).

Осмотически связанная влага находится во внутреннем пространстве мицелл.

В уплотненном макаронном тесте и сырых изделиях большая доля влаги связана осмотически.

При сушке макаронных изделий происходит удаление адсорбционно и осмотически связанной влаги, причем вначале удаляется как наименее прочносвязанная осмотическая влага, а затем – как более прочносвязанная – адсорбционная. Кроме того, в первую очередь отделяется влага, удерживаемая крахмальными зернами, а затем белками.

Во время высушивания продукта вода, содержащаяся в нем, превращается в пар и удаляется. Для превращения воды в пар необходимо затратить определенное количество тепловой энергии. В зависимости от способа передачи теплоты материалу различают несколько способов сушки. В подавляющем большинстве высушивание макаронных изделий осуществляется конвективным способом.

9.1. Конвективный способ сушки

Конвективный способ сушки основан на тепло- и влагообмене (массообмене) между высушиваемым материалом (полуфабрикатом макаронных изделий) и нагретым сушильным воздухом, который обдувает изделия. Процесс сушки заключается в подводе влаги, находящейся внутри изделия, к его поверхности, превращении влаги в пар и удалении пара с поверхности изделия. По такой схеме происходит удаление осмотически связанной влаги. Адсорбционно связанная влага превращается в пар внутри материала и в виде пара перемещается к поверхности.

9.1.1. Основные параметры сушки

Основной параметр высушиваемого материала (полуфабриката макаронных изделий) – это содержание в нем влаги, т.е. его влажность.

Влажность материала выражают либо по отношению к общей массе (относительная влажность W , %):

$$W = (m_{\text{вл.}}/m)100, \quad (10)$$

где $m_{\text{вл.}}$ – масса влаги в материале, г;

m – общая масса материала, г;

либо по отношению к массе абсолютно сухого вещества материала (абсолютная влажность W^c , %):

$$W^c = (m_{\text{вл.}}/m_{\text{с.в.}})100, \quad (11)$$

где $m_{\text{с.в.}} = m - m_{\text{вл.}}$ – масса абсолютно сухого вещества материала, г.

Для перехода от одной влажности к другой можно использовать формулы (11) и (12):

$$W = (W^c / (100 + W^c)) \cdot 100; \quad (12)$$

$$W^c = (W / (100 - W)) \cdot 100. \quad (13)$$

По этим формулам составлены таблицы перевода.

Состояние сушильного (влажного) воздуха характеризуется рядом параметров.

Барометрическое давление сушильного воздуха (Па):

$$B = p_{\text{с.в.}} + p_n, \quad (14)$$

где $p_{\text{с.в.}}$ – парциальное давление сухого воздуха, Па;

p_n – парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе, Па.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_n называют массу водяного пара, находящегося в 1 м³ влажного воздуха. Следовательно, ρ_n представляет собой плотность пара в смеси.

Относительной влажностью воздуха или просто влажностью φ (%) называют отношение абсолютной влажности ρ_n к максимально возможной массе водяного пара, которая может содержаться в 1 м³ влажного воздуха при тех же условиях (температуре и барометрическом давлении).

На практике величину относительной влажности воздуха определяют психрометрическим способом, основанным на измерении разности между температурой сухого термометра (фактическая температура воздуха) и температурой смоченного термометра.

Влагосодержанием воздуха (удельным, или приведенным, массосодержанием) называют массу водяного пара, находящегося во влажном воздухе, отнесенную к 1 кг сухого воздуха.

Сушильная способность воздуха представляет собой разность между влагосодержанием воздуха при полном насыщении ($\varphi = 100$ %) и влагосодержанием этого воздуха в данных условиях

(при данных температуре и давлении), т. е. характеризуется количеством влаги, которое может поглотить 1 кг воздуха до полного его насыщения.

9.1.2. Анализ процесса сушки

Основными параметрами сушильного воздуха, определяющими скорость высушивания изделий, являются температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Естественно, продолжительность сушки определяется и свойствами материала, в частности, плотностью и толщиной заготовок макаронных изделий.

Во время высушивания перемещение влаги из внутренних слоев изделий к наружным происходит под влиянием градиента влажности, т. е. разницы во влажности слоев, возникающей в результате испарения влаги с поверхности изделий и осушения наружных слоев. Градиент влажности направлен к центру высушиваемых изделий, т.е. в направлении, противоположном перемещению влаги, и величина его тем больше, чем интенсивнее происходит осушение наружных слоев – рис. 16, а.

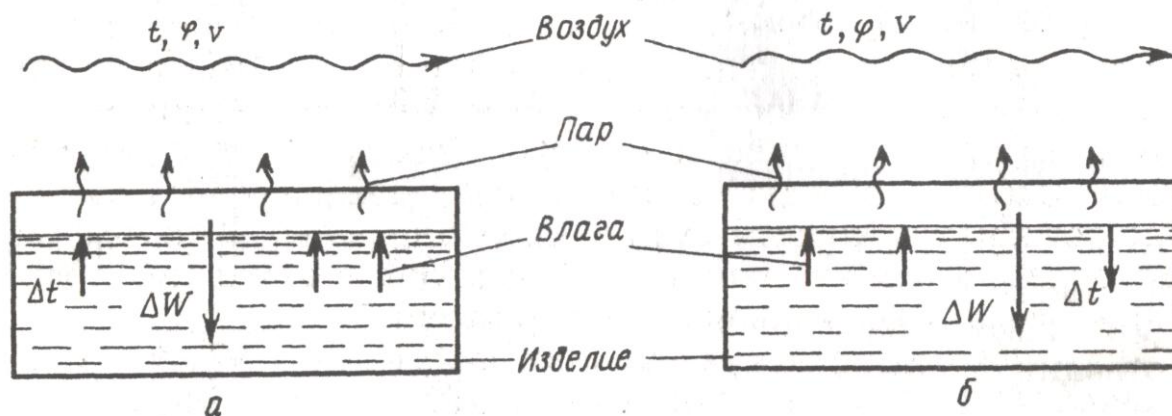


Рис. 16. Схема удаления влаги из изделий:

а – при сушке; б – при охлаждении

Явление перемещения влаги под влиянием градиента влажности называют влагопроводностью или концентрационной диффузией.

При прогреве высушиваемых изделий возникает также градиент температуры, под влиянием которого влага стремится переместиться внутрь материала, т. е. по направлению теплового потока. Это явление называют термовлагопроводностью или термической диффузией.

В самом начале сушки концентрационная и термическая диффузии направлены в противоположные стороны, и направление движения влаги в изделиях зависит от того, какой из двух видов диффузии преобладает. Однако в силу небольшой толщины сырые макаронные изделия довольно быстро прогреваются, происходит выравнивание температуры слоев, и градиент температуры становится практически равным нулю. Поэтому в дальнейшем процессе сушки макаронных изделий при постоянной температуре сушильного воздуха главная роль принадлежит концентрационной диффузии. Здесь следует оговориться, что все вышеописанное имеет место при использовании низкотемпературных режимов сушки (при температуре сушильного воздуха не более 60 °С) с постоянной сушильной способностью воздуха.

При попадании же изделий в менее теплую среду (например, при их охлаждении) перемещение влаги в толще изделий будет идти как за счет влагопроводности, так и вследствие термовлагопроводности (см. рис. 16, б).

Процесс сушки макаронных изделий графически изображают в виде кривой сушки (рис. 17).

Небольшой начальный участок кривой указывает на прогрев сырых изделий с начальной влажностью W_m . Для этого участка характерно незначительное снижение влажности вследствие того, что концентрационная и термическая диффузии направлены в противоположные стороны.

Затем происходит изменение влажности по прямой линии. Во время этого периода, называемого периодом постоянной скорости сушки, происходит удаление из изделий менее прочносвязанной осмотической влаги.

При некотором значении влажности изделий, которое называют критическим W_k , наблюдается снижение скорости удаления влаги и наступает период падающей скорости сушки. В этот период происходит удаление влаги, адсорбционно связанной и прочно удерживаемой белковыми веществами.

При сушке макаронных изделий воздухом с постоянной сушильной способностью (постоянные температура, влажность и скорость перемещения) влажность высушиваемых изделий постепенно приближается к определенному значению, которое называется равновесной влажностью W_p , т.е. когда парциальное давление пара у поверхности изделий равно парциальному давлению пара воздуха – это ди-

намическое равновесие, что означает следующее: материал поглощает из среды столько же влаги, сколько отдает ее за то же время обратно в среду.



Рис. 17. Кривая сушки

Для правильного выбора режимов сушки, стабилизации, охлаждения и хранения макаронных изделий очень важно знать величины их равновесной влажности при разных температурно-влажностных параметрах воздуха. Величины определяются по кривым равновесной влажности (изотермам десорбции влаги), которые построены на основании экспериментальных данных тензо-метрическим (статическим) методом.

Изотермы десорбции влаги из макаронного теста имеют S-образный характер (по оси ординат – влажность изделий, %, по оси абсцисс – относительная влажность воздуха, %; каждая кривая соответствует определенной температуре – 20, 40 и т. д. градусов). Расположение изотерм десорбции показывает, что с повышением относительной влажности воздуха равновесная влажность макаронных изделий возрастает, особенно резко в интервале влажности воздуха 80...95 %. Вместе с тем с увеличением температуры воздуха равновесная влажность снижается.

9.1.3. Изменение свойств макаронных изделий в процессе сушки, стабилизации и охлаждения

При выборе и разработке режимов сушки необходимо учитывать две особенности макаронных изделий как объекта сушки:

- при снижении влажности изделий от 29...30 до 13...14 % происходит сокращение их линейных и объемных размеров (усадка) на 6...8 %;

- в процессе высушивания изменяются структурно-механические свойства изделий.

Характер изменения структурно-механических свойств высушиваемых макаронных изделий в значительной степени определяется параметрами сушильного воздуха, в первую очередь, его температурой и влажностью.

В настоящее время в зависимости от температуры воздуха используют три основных режима конвективной сушки макаронных изделий:

- традиционные низкотемпературные (НТ) режимы, когда температура сушильного воздуха не превышает 60 °С;
- высокотемпературные (ВТ) режимы, когда температура воздуха на определенном этапе сушки достигает 70...90 °С;
- сверхвысокотемпературные (СВТ) режимы, когда температура воздуха на одной или нескольких стадиях сушки превышает 90 °С.

При низкотемпературных режимах поступающие на сушку сырые изделия являются пластичным материалом и сохраняют пластические свойства примерно до 20%-ной влажности. При снижении влажности примерно от 20 до 16 % они постепенно утрачивают свойства пластичного материала и приобретают свойства, характерные для упругого твердого материала. При этой влажности макаронные изделия являются упруго-пластичным телом.

Начиная примерно с 16%-ной влажности макаронные изделия становятся твердым упругим хрупким телом и сохраняют эти свойства до конца сушки.

При мягких режимах сушки, т. е. при медленном высушивании изделий воздухом с низкой сушильной способностью перепад по влажности между наружными и внутренними слоями невелик, так как влага из более влажных внутренних слоев успевает переместиться к подсушенным наружным слоям. Темп испарения влаги с поверхности изделий соответствует темпу подвода влаги из внутренних слоев. Все слои изделий сокращаются приблизительно равномерно: усадка изделий увеличивается прямо пропорционально снижению их влажности (рис. 18, кривая 1).

При жестких режимах сушки, т. е. при интенсивном высушивании изделий воздухом с высокой сушильной способностью перепад по влажности между наружными и внутренними слоями достигает значительной величины вследствие того, что влага из внутренних слоев не успевает переместиться к наружным. При этом более сухие на-

ружные слои стремятся сократить свою длину, чему препятствуют более влажные внутренние слои – внутри изделий на границе слоев возникают напряжения, которые называются внутренними напряжениями сдвига. Величина этих напряжений тем значительнее, чем интенсивнее удаляется влага с поверхности изделий, чем в большей степени отстает темп подвода влаги из внутренних слоев и чем больше градиент влажности.

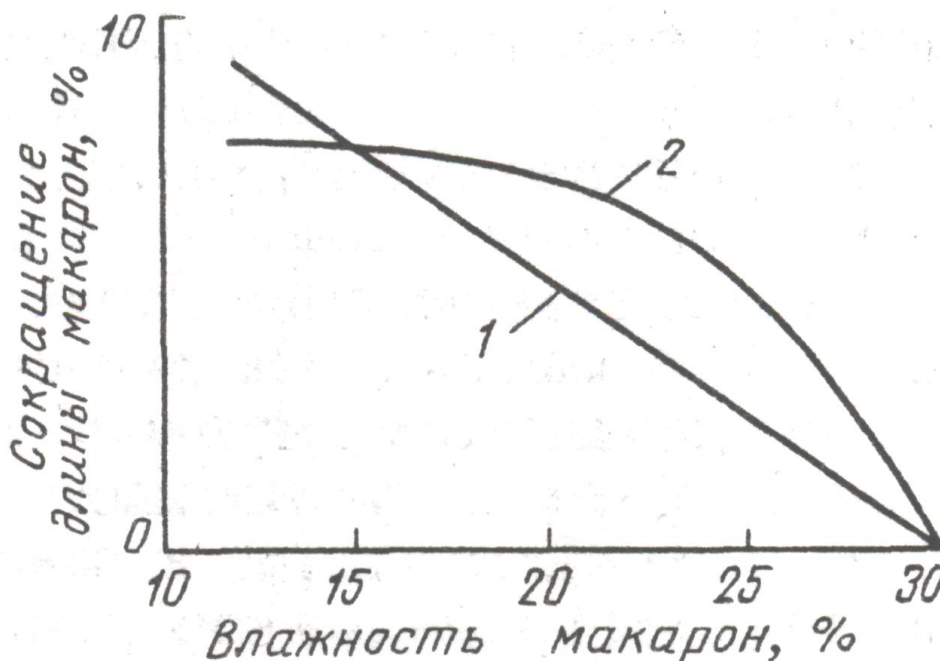


Рис. 18. Кривые усадки макарон:
 1 – при мягком режиме сушки;
 2 – при жестком режиме сушки

Усадка изделий при жестком режиме сушки происходит неравномерно: (см. рис. 18, кривая 2): в начальный период сушки происходит интенсивная усадка, а затем она постепенно затухает.

Пока высушиваемые макаронные изделия сохраняют пластические свойства, возникающие внутренние напряжения сдвига рассасываются путем изменения формы изделий без разрушения их структуры (рис. 19).

Когда же изделия приобретают свойства упругого материала, возникающие внутренние напряжения сдвига, если они превышают определенное предельно допустимое критическое значение, приводят к разрушению структуры изделий – появлению на их поверхности

микротрещин, которые при интенсивном удалении влаги углубляются, соединяются между собой. Высушенные таким образом макаронные изделия очень непрочны, зачастую превращаются в лом или даже крошку.

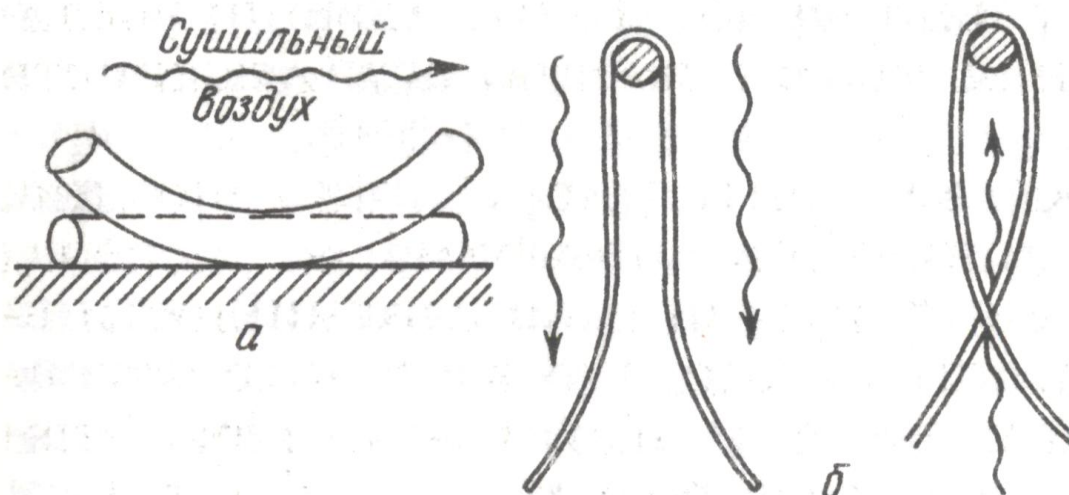


Рис. 19. Деформация сырых макаронных изделий при жестком режиме сушки:
а – на рамке; б – на бастуне

Т.е. при низкотемпературном режиме сушки макаронные изделия можно высушивать при жестких режимах, не опасаясь появления в них трещин, примерно до 20%-ной влажности. 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 поточных линий, где используются низкотемпературные режимы сушки и сам процесс разделен на два этапа – предварительную и окончательную сушку.

Однако и на первом этапе удаления влаги из изделий, при жестком режиме сушки, надо помнить, что чрезмерно быстрое осушение поверхностного слоя сырых изделий сухим воздухом температурой около 60 °С может привести к его отслаиванию, к образованию чешуйчатой поверхности изделий, вследствие того, что влага не успеет подойти к поверхности из внутренних слоев плотной структуры тес-

товых заготовок. Кроме того, при таком режиме сушки резкое превращение влаги изделий в пар может привести к образованию пузырьков в толще еще пластичных изделий. Поэтому чем выше температура воздуха в начале сушки, тем выше должна быть его влажность.

В линиях для производства длинных изделий фирмы «Паван» и отечественных сушилках автоматизированных поточных линий Б6-ЛМВ и Б6-ЛМГ предусмотрено ступенчатое удаление влаги из полуфабриката: т.е. периоды сушки постоянно чередуются с периодами отволаживания – это так называемый пульсирующий режим сушки.

В зонах отволаживания относительная влажность воздуха близка к насыщению – 100 %, поэтому влага с поверхности изделий не испаряется. В этих зонах происходит выравнивание влажности продукта по всем внутренним слоям: медленная миграция влаги внутри изделий к поверхности. При этом снижается градиент влажности внутри изделий, рассасываются внутренние напряжения сдвига. Кроме этого, в зонах отволаживания отсутствует циркуляция сушильного воздуха.

На выходе из сушилки макаронные изделия имеют температуру, приблизительно равную температуре сушильного воздуха. Поэтому перед упаковкой их надо охладить до температуры упаковочного отделения, иначе неконтролируемый процесс дальнейшего испарения влаги из теплых упакованных изделий будет продолжаться в упаковке, а при использовании герметичной упаковки, например, полиэтиленовых пакетов, произойдет конденсация влаги на внутренней поверхности упаковки.

Предпочтительнее использовать медленное охлаждение в течение не менее 4 ч, в процессе которого изделия омываются воздухом температурой 25...30 °С и относительной влажностью 60...65 %. При этом происходит стабилизация изделий: окончательное выравнивание влажности по всей толще изделий, рассасывание 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 интенсивной обдувкой в охладителях различных конструкций или остывание их на ленточных транспортерах при подаче на упаковку менее желательно: несмотря на то, что готовые изделия за короткое время (около 5 мин) успевают остыть до температуры цеха и последующей усушки их в упаковке не происходит, за такой короткий промежуток времени

внутренние напряжения сдвига в нестабилизированных изделиях не только не успевают исчезнуть, но и увеличиваются за счет испарения влаги с поверхности изделий и увеличения градиента влажности. И если изделия были подвергнуты жесткой сушке, то растрескивание и превращение их в лом и крошку могут произойти уже после упаковки.

Увеличение внутренних напряжений сдвига при быстром охлаждении изделий обусловлено тем, что резкое снижение температуры поверхностного слоя изделий ведет к быстрому испарению из него влаги. И хотя возникающий при этом градиент температуры направлен в ту же сторону, что и градиент влажности – внутрь изделия, влага не успевает подойти из внутренних слоев к поверхности в силу низкой теплопроводности плотной структуры высушенных изделий.

При высокотемпературных и сверхвысокотемпературных режимах сушки, когда температура воздуха превышает соответственно 70 и 90 °С, макаронные изделия остаются в пластическом состоянии вплоть до 16...13%-ной влажности (в зависимости от температуры). В этом случае критическая влажность изделий, т.е. момент перехода материала из пластического состояния в упругое, перехода от постоянной скорости сушки к падающей скорости снижается, практически – до величины влажности готовых макаронных изделий. Поэтому возникает возможность использования таких режимов на всем протяжении сушки, значительно сокращая ее продолжительность. Однако в этом случае, во избежание растрескивания высушенных изделий, особенно тщательно следует проводить стабилизацию и охлаждение изделий – без дальнейшего испарения из них влаги. Для этого температурно-влажностные условия стабилизации и охлаждения высушенных изделий должны соответствовать их одинаковой равновесной влажности, т.е. быть на уровне 13 %. Если стабилизация высушенных изделий осуществляется при 70 °С, то относительная влажность воздуха должна составлять порядка 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 испарения влаги с поверхности изделий при охлаждении не будет.

Сравнивая влияние разных температурных режимов сушки (НТ, ВТ и СВТ) на качество макаронных изделий, надо отметить, что высокотемпературные режимы способствуют улучшению качества изделий по ряду показателей:

- сушка в пределах 70...90 °С положительно влияет на цвет высушенных изделий: в результате тепловой инактивации фермента по-

лифенолоксидазы замедляется или предотвращается процесс ферментативного потемнения и цвет изделий становится более светлым по сравнению с изделиями, полученными в результате традиционной низкотемпературной сушки. Дальнейшее увеличение температуры сушки (сверхвысокотемпературные режимы) уже не сказывается на улучшении цвета изделий, но возникает опасность неферментативного потемнения изделий в результате протекания реакции Майяра. Для предотвращения этой реакции относительная влажность воздуха при температуре выше 90 °С должна быть не меньше 80 %;

- положительно влияние высокотемпературной сушки и на варочные свойства макаронных изделий:

а) сокращается время варки до готовности, так как уже в процессе сушки образуется фиксированная клейковинная решетка, в которой заключены зерна крахмала, т.е. структура макаронных изделий, высушиваемых при ВТ режиме, подобна структуре сваренных изделий. Причем и в изделиях из хлебопекарной муки белковая решетка не имеет разрывов;

б) снижается клейкость сваренных изделий, так как фиксирующаяся в процессе сушки белковая матрица прочно удерживает клейстеризующиеся во время варки зерна крахмала. (При НТ фиксирование белковой решетки при варке происходит параллельно с набуханием крахмальных зерен);

в) улучшается их консистенция.

При этом улучшающее воздействие высоких температур сушки на варочные свойства проявляется в большей степени при изготовлении изделий из продуктов помола мягкой пшеницы, чем твердой.

На срезах **сырых** изделий из х/п и макаронной муки видны целые гранулы крахмала и кусочки оболочек зерна пшеницы, распределенные в клейковинном геле. На срезах **сухих** изделий при сушке *традиционными режимами* вновь наблюдается целостность гранул крахмала, распределенных в клейковинной матрице, т.е. изменения структуры крахмальных гранул и денатурации белков не произошло. После варки таких изделий наблюдается полное разрушение внутренней структуры гранул крахмала и образование фиксированной решетки из коагулированных белков, причем в изделиях из крупки твердой пшеницы решетка не имеет разрывов, а в изделиях из хлебопекарной муки она неоднородна, с разрывами. 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.

На срезах *сухих* изделий, как из крупки, так и из хлебопекарной муки, высушенных при *высокотемпературных режимах*, можно наблюдать образовавшуюся фиксированную белковую решетку, в которую заключены гранулы крахмала. Иначе говоря, структура макаронных изделий, высушенных при высокотемпературном режиме, подобна структуре сваренных изделий. Причем и в изделиях из хлебопекарной муки белковая решетка не имеет разрывов, поскольку высокие температуры при сушке способствуют ее фиксированию, а отсутствие избытка влаги ведет не к набуханию зерен крахмала, а только к разрушению их внутренней структуры.

Наконец, надо отметить, что условия, создаваемые при традиционной сушке макаронных изделий, практически соответствуют оптимальным условиям для развития различных микроорганизмов. 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 $10^2...10^3$ кол/г, причем в большей степени при увеличении влажности воздуха. А при температуре сушки 80...90 °С и относительной влажности воздуха около 80 % происходит практически полная пастеризация макаронных изделий.

Однако следует сказать, что при сушке с использованием СВТР отмечаются некоторые потери питательной ценности макаронных изделий (примерно на 15 % снижалось содержание лизина от его содержания в муке, тогда, как при ТРС – около 10 %).

9.2. Сушка с использованием низкотемпературных режимов

Оптимальным режимом сушки определенного вида макаронных изделий следует считать такой режим, при котором получают изделия лучшего качества при наименьшей продолжительности сушки и затрате энергии.

Естественно, использование высокотемпературных режимов (ВТР) сушки в этих целях более целесообразно, однако это слишком дорого вследствие высокой стоимости используемого оборудования, поэтому в нашей стране пока чаще используют именно низкотемпературные режимы (НТР) сушки.

Самым старым способом сушки, который положил начало использованию НТР, является сушка макаронных изделий на открытом воздухе – солнечная, или так называемая неаполитанская сушка (на юге Италии) – макаронные изделия сушили в течение 3...5 дней на улице, ночью переносили изделия в подвал. Медленное испарение влаги из изделий способствовало получению прочного продукта, обладающего особым ароматом вследствие накопления в нем молочной кислоты.

Несколько позже для сушки использовали камерные сушилки, т.е. отдельные помещения с определенными температурно-влажностными параметрами; затем шкафные сушилки с сушкой при температуре 30...50 °С в течение – от 5...8 ч (короткие изделия) до 16... 24 ч (длинные изделия), – в зависимости от ассортимента.

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

Сушка макарон в шкафных сушилках на лотковых кассетах. Для этого использовались шкафные бескалориферные сушилки типов ВВП, 2 ЦАГИ-700, «Диффузор».

Здесь макароны сушили, продувая воздух через макаронные трубки, лежащие в кассетах. Для сушки использовали воздух сушильного отделения, параметры которого поддерживались на постоянном уровне (сушка с постоянной сушильной способностью воздуха), а именно: температура 30...35 °С, относительная влажность 65...70 %. Для более равномерного высушивания периодически, через каждый час, меняли направление движения воздуха в сушильных установках, переключая электродвигатель на работу в обратном направлении, т. е. реверсированием электродвигателя.

Продолжительность сушки – от 20 (для макарон большого диаметра) до 24 часов (для макарон малого диаметра).

При данном способе следует тщательно следить за параметрами сушки, так как снижение относительной влажности воздуха или увеличение скорости движения воздуха ведут к растрескиванию изделий; повышение относительной влажности воздуха выше 70...75 % – к закисанию или плесневению макарон.

Сушка макарон в лотковых кассетах имеет целый ряд недостатков: происходит неравномерное удаление влаги с их поверхности, а следовательно, неравномерная их усадка, что приводит к сильному искривлению изделий во время сушки; в начальной стадии сушки

возможно слипание трубок между собой; имеют место затраты большого количества ручного труда и тяжелые климатические условия работы в сушильном отделении.

С целью устранения 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 интенсифицировать процесс сушки путем использования более высоких температур воздуха – до 40...45 °С с одновременным увеличением влажности до 70...75 %.

Сушка коротких изделий в шкафных сушилках. Для сушки коротких изделий используются те же сушилки. Изделия укладываются слоем 2...3 см на сетчатые рамки. В настоящее время такие сушилки снабжены индивидуальными воздухонагревателями, чаще – электрическими, с батареей ТЭНов, реже – паровыми калориферами. Принцип высушивания тот же, что и при сушке макарон: вентилятор осуществляет непрерывное движение воздуха внутри шкафа, прогоняя его над поверхностью изделий, рассыпанных на рамках. Однако в данном случае шкаф закрывается дверцами, и благодаря наличию воздухонагревателя и отверстий с шиберами для регулирования подсоса свежего воздуха и выброса части отработавшего воздуха в шкаф можно устанавливать необходимые режимы сушки с температурой воздуха до 60...65 °С и относительной влажностью до 80 % (за счет испарившейся из изделий влаги).

Для сушки коротких изделий в закрытых шкафных сушилках можно применять разнообразные варианты режимов:

- сушку с постоянной сушильной способностью воздуха при температуре 45...50 °С и относительной влажности 70...80 % – до влажности изделий 13,5...14,4 %;

- трехстадийный режим сушки:

1) предварительную сушку при температуре 55...60 °С и относительной влажности 70...80 % – до влажности изделий 20...21 %;

2) отволаживание в течение 30...45 мин при отключении обогрева и вентиляции и при закрытых дверцах сушилки;

3) окончательную сушку при температуре 40...45 °С и относительной влажности 70...75 % – до влажности изделий 13,5...14,5 %.

Кривые сушки изделий по этим двум режимам приведены на рис. 20.

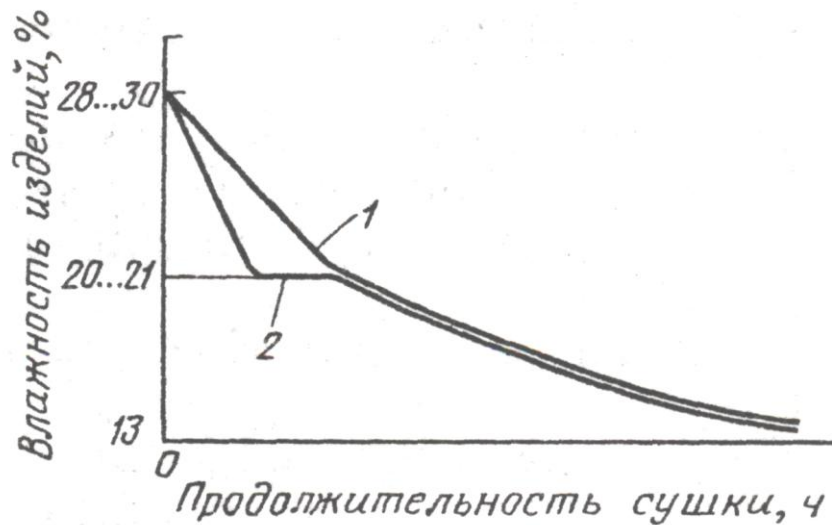


Рис. 20. Кривые сушки изделий в закрытых шкафных сушилках:
 1 – при постоянной сушильной способности воздуха;
 2 – при трехстадийном режиме

После окончания сушки следует стабилизация изделий путем медленного остывания в шкафу в течение 2...3 ч при отключенных нагреве и вентиляции и при закрытых дверцах.

Фирма «Паван» поставляет шкафные сушилки для сушки коротких изделий в комплекте с установкой для первичной подсушки – трабатто (рис. 21).

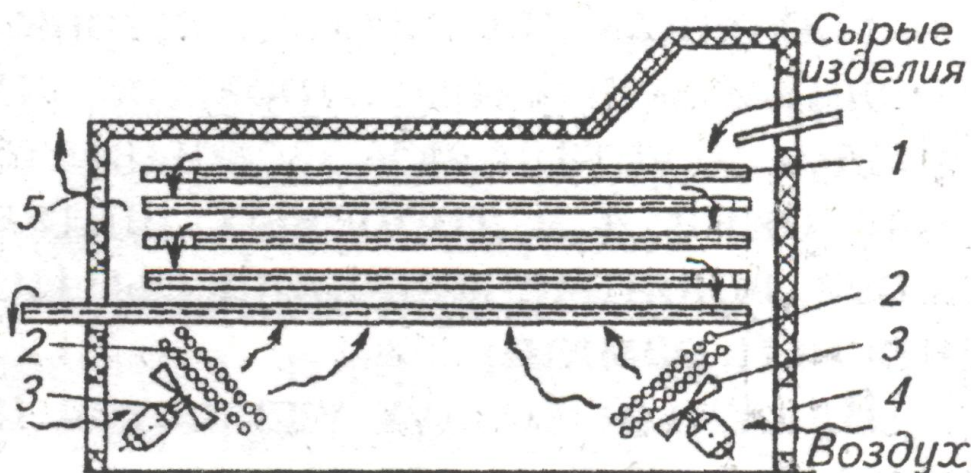


Рис. 21. Схема установки для первичной подсушки коротких изделий

Назначение трабатто – создание на поверхности сырых изделий подсушенной корочки, препятствующей слипанию изделий в процессе их дальнейшей сушки в слое на рамках.

В верхней части корпуса трабатто расположено пять (или три, или одна) сетчатых прямоугольных рамок, а в нижней части – два осевых вентилятора, водяные калориферы. 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 трабатто.

В трабатто 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 %.

По выходе из установки подсушенные изделия распределяют на рамках для окончательной сушки в шкафных сушилках.

Сушка коротких изделий в паровых конвейерных сушилках. В недалеком прошлом для этого использовались преимущественно отечественные сушилки КСК-4Г-45 и КСК-4Г-90 (45 и 90 – общая сушильная поверхность лент, м²). В определенных случаях их используют и сегодня.

Обе сушилки имеют пять ленточных конвейеров. Каждый конвейер имеет калорифер из двух последовательно соединенных батарей. Батарея – это две продольные трубы с отверстиями, в которые вварены 16 поперечных труб, на которые навиты металлические полосы, так, что образуется 100 ребер на 1 м длины трубы. Регулирование давления пара, а следовательно, температуры воздуха в сушилке осуществляется вручную, вентилями, на входе пара в калориферы.

Для создания тяги над сушилкой установлено два вытяжных зонта, переходящих в вытяжные трубы. Отсос воздуха производится осевыми вентиляторами, регулирование количества отсасываемого воздуха – шиберами.

Сырые изделия распределяются раскладчиком на ленте верхнего транспортера сушилki, медленно перемещаются в противоположную сторону, ссыпаются на ленту следующего транспортера и т. д. до нижнего транспортера, который подает их на выгрузку. Изделия пересыпаются с ленты на ленту по наклонным щиткам.

Над верхней лентой каждого транспортера установлен ворошитель – вал с закрепленными на нем по винтовой линии пальцами.

Ссыпающаяся с лент транспортеров мучель – мелкие остатки сухих изделий в виде крупинок и пылевидных частиц – собирается в нижней части сушилки на поддоны.

Воздух в сушилку засасывается через днище сушилки и выбрасывается в её верхней части. 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. Этот режим нежелателен для сушки макаронных изделий, так как по мере их высыхания во избежание растрескивания необходимо не интенсифицировать, а снижать интенсивность удаления из них влаги.

Продолжительность сушки в таких сушилках зависит от ассортимента изделий и марки сушилки и составляет от 30 (для вермишели) до 90 (для толстостенных рожков и ракушек) мин. Толщина слоя изделий на лентах должна составлять не более 5 см.

Для смягчения режима сушки и получения более прочных изделий целесообразно устанавливать две сушилки подряд: первая – предварительная, вторая – окончательная.

Рекомендуемые параметры сушки при использовании двух паровых конвейерных сушилок приведены в табл. 9.

Выходящая из паровых конвейерных сушилок продукция должна медленно остыть до температуры упаковочного отделения, для чего устанавливаются стабилизаторы-накопители – бункера с наклонными днищами. Продукция попадает в них с помощью наклонного элеватора и ленточного транспортера. Вдоль ленточного транспортера установлен воздухопровод с ответвлениями, в который центробежным вентилятором нагнетается воздух, сдувающий изделия с транспортера в бункер-стабилизатор-накопитель. Загрузка того или иного бункера регулируется заслонками, которыми снабжены ответвления воздухопровода. Бункера разгружаются через выходные щели в днищах, снабженные задвижками: при их открывании при помощи вибрлотка изделия ссыпаются на транспортерную ленту и далее – на упаковку.

Таблица 9

Рекомендуемые режимы сушки коротких изделий на линиях с двумя последовательно установленными паровыми конвейерными сушилками

Вид изделия	Первая сушилка КСК-4Г-45:					Вторая сушилка КСК-4Г-90:			
	давление пара в калориферах, не менее, кПа	толщина слоя, не более, мм	температура воздуха, не более, °С	продолжительность, не менее, мин	влажность изделий, не более, %	давление пара в калориферах, не менее, кПа	толщина слоя, не более, мм	температура воздуха, не более, °С	продолжительность, не менее, мин.
Вермишель и мелкие фигурные изделия	100	60	60	20	18	100	60	50	40
Лапша	100	60	65	20	18	100	60	55	60
Рожки, перья, крупные фигурные изделия	100	50	70	20	18	100	50	60	90

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

В качестве примера рассмотрим низкотемпературный режим сушки на линиях фирмы «Брайбанти» (Италия) с конвейерными сушилками.

О назначении первичной подсушки и установке для ее осуществления говорилось выше.

В предварительной сушилке засасываемый снизу воздух прогоняется через водяной калорифер, далее направляется в торцевую часть сушилки, расположенную под загрузочным отверстием, и проходит над слоями изделий. Отработавший воздух с меньшей температурой и большей влажностью в противоположной торцевой части частично отсасывается из сушилки вытяжным вентилятором и выбрасывается в помещение цеха, частично идет на рециркуляцию, смешиваясь с новыми порциями свежего воздуха. В этих сушилках, на протяжении всего времени пребывания в них полуфабриката, он обдувается воздухом с постоянной сушильной способностью.

В окончательной сушилке линии этой фирмы транспортеры внутри сушилок движутся с разными скоростями, причем скорости следующих транспортеров постепенно уменьшаются. Вследствие этого увеличивается толщина слоя изделий, что способствует снижению интенсивности удаления влаги из изделий на последних этапах сушки и уменьшению общей длины транспортеров сушилки. 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.

В окончательных сушилках имеется четыре группы осевых вентиляторов – по четыре вентилятора в каждой, которые установлены один над другим по вертикальной оси симметрично, по две с правой и левой сторон сушилки, и калориферы перед вентиляторами. Вентиляторы подают воздух через калориферы двумя потоками, направленными навстречу друг другу по правой и левой сторонам сушилки. Далее подогретый воздух поступает под рабочие ленты транспортеров, проходит через сетчатую ленту каждого и слой изделий, идет

между слоем изделий и холостой ветвью соседнего верхнего транспортера к обеим торцевым стенкам сушилки, обдувая изделия сверху.

Подсос свежего воздуха и выброс влажного осуществляется через отверстия, расположенные в боковых стенках сушилки.

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

Рекомендуемые фирмой «Брайбанти» параметры сушки приведены в табл. 10.

Таблица 10

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, %
	температура, °С	влажность, %			
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 (верхняя) – два. Внизу сушилки имеется транспортер возврата порожних бастунов. Параметры сушильного воздуха в предварительной сушилке составляют: температура 35...45 °С, относительная влажность 65...75 %. Продолжительность предварительной сушки на линиях Б6-ЛМВ и Б6-ЛМГ 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 °С, относительная влажность 70...85 %.

В зонах отволаживания относительная влажность воздуха близка к 100 %, поэтому влага с поверхности изделий не удаляется. В этих зонах происходит выравнивание влажности продукта по всем внутренним слоям. При этом снижается градиент влажности внутри изделий, рассасываются внутренние напряжения сдвига.

Таким образом, удаление влаги из полуфабриката производится в окончательной сушилке ступенчато: периоды сушки постоянно чередуются с периодами отволаживания. Такой режим называется пульсирующим режимом сушки, в результате чего образуются прочные изделия со стекловидным изломом.

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.

9.3. Высоко- и сверхвысокотемпературные режимы сушки

Основной недостаток низкотемпературных режимов сушки – чрезмерная продолжительность процесса сушки. Переход в 70-х годах прошлого века всех ведущих зарубежных фирм (в первую очередь, фирмы «Паван») на высокотемпературные режимы сушки (ВТС) с использованием температуры сушильного воздуха 70 °С и выше позволил сократить продолжительность сушки на 40...50 %: длинных – с 16...20 до 10...12 ч; коротких – с 7...8 до 4...6 ч. Кроме того, ВТС позволяет снизить расход энергии, уменьшить производственные площади на единицу вырабатываемой продукции, значительно улучшить её микробиологическое состояние, а также органолептические и варочные свойства изделий.

Однако увеличение температуры сушильного воздуха должно сопровождаться повышением относительной влажности. При этом снижается градиент влажности в высушиваемых изделиях, уменьшается значение критической влажности, т.е. увеличивается период нахождения изделий в пластическом состоянии. Именно эти два фактора позволяют интенсифицировать процесс удаления влаги из изделий с сохранением прочности их структуры.

Среди режимов ВТС наибольшее распространение получили следующие три.

Первый вариант – использование ВТР на стадии предварительной сушки в течение 2 ч, что способствует углублению степени инактивации полифенолоксидазы и денатурации белков. Далее – ступенчатое снижение температуры до 40...45 °С в течение 5 ч и дальнейшая стабилизация при этой же температуре, что гарантирует прочность изделий, в течение 7 ч.

Второй вариант – постепенное повышение температуры воздуха с 50 до 80 °С в течение 5 ч (2 ч при температуре 80 °С) и ступенчатое снижение до 40...45 °С в течение 5 ч, затем, более 2 ч, – стабилизация при 40 °С. Такой режим называется режимом температурной инверсии. Медленное повышение и ступенчатое снижение температуры способствует получению высокопрочного продукта вследствие того, что на окончательной стадии сушки и при стабилизации изделий температура изделий все время выше температуры окружающего воздуха. В результате этого градиент температуры внутри изделий направлен в ту же сторону, что и градиент влажности, а это способствует перемещению влаги к поверхности высушиваемых изделий.

Данный вариант сушки имеет много разновидностей и применяется такими фирмами, как «Паван».

Третий вариант ВТС – увеличение температуры воздуха на стадии предварительной сушки за первый час с 30 до 55 °С, затем, в течение часа, еще до 75...85 °С. Далее – сушка и стабилизация при этой же температуре. При этом изделия до влажности 13,0...13,5 % высушиваются в течение 3...5 ч, а стабилизация осуществляется в течение 5...7 ч. Таким образом, влажность воздуха на стадиях окончательной сушки и стабилизации должна поддерживаться на уровне, обеспечивающем при данной температуре равновесную влажность изделий 13 %. При 80 °С этот уровень составляет примерно 82 %, что можно определить по кривым равновесной влажности.

Данный вариант сушки используется в сушилках одной из последних моделей линий фирмы «Брайбанти» с сушилкой GPL/ITRG.

Общая продолжительность рабочего цикла сушилки составляет 6 ч, в том числе: 40...50 мин – предварительная сушка, 110...120 мин – окончательная, 170...180 мин – стабилизация изделий и 20...30 мин – охлаждение.

Окончательная сушка и стабилизация изделий осуществляются в пятирусном тоннеле с движением воздуха сверху вниз. Сушка изделий происходит на верхнем, сушильном ярусе. На нижних четырех ярусах происходит стабилизация высушенных изделий – выравнивание влажности в толще изделий до устранения градиента влажности.

Доля влаги, испаряемой из изделий в зоне сушки (3...4 %), позволяет поддерживать влажность воздуха в зоне стабилизации на требуемом уровне (82 %), не прибегая к подаче в камеру дополнительного пара.

Нагрев воздуха в сушилке осуществляется калориферами, установленными в верхней части. Контроль и регулирование температурно-влажностных условий осуществляется программируемой системой «Ротроник».

Охлаждение стабилизированных изделий без дальнейшего испарения из них влаги осуществляется в двух зонах: в первой – обдувкой изделий воздухом температурой 75 °С, во второй – воздухом температурой 28 °С.

Однако при всех преимуществах ВТРС перед НТ, необходимо точно соблюдать температурно-влажностные параметры сушильного воздуха, иначе возникнет высокая вероятность появления в изделиях чрезмерных напряжений сдвига в результате тех или иных нарушений в заданном режиме, поэтому применение ВТРС возможно только 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.

СВТРС позволяют ещё больше сократить продолжительность сушки, при этом качество готовых изделий остается таким же, как и при ВТС, но при нарушении влажностного режима сушки в результате реакции Майяра (при температурах выше 80 °С исключается уча-

стие полифенолоксидазы в связи с её инактивацией) цвет изделий может приобрести коричневый оттенок или даже может произойти подгорание изделий.

Для осуществления такого режима сушки необходимо иметь сушилки, рабочие органы которых были бы выполнены из достаточно стойких материалов, и оснащены компьютерными системами управления. Отсюда вытекает очень высокая стоимость такого оборудования.

Но фирма «Паван» еще в 80-е годы прошлого века использовала СВТРС и при сушке длинных, и при сушке коротких изделий.

Длинные изделия сушат в три этапа – предварительная сушка в течение 70 мин при постепенном повышении температуры от 40 до 80 °С и относительной влажности от 60 до 88 % (влажность изделий снижается с 29 до 17 %); затем, в течение 3...5 мин, нагрев изделий воздухом, температура которого повышается до 106 °С, относительная влажность – до 93 %, далее, в течение 1...2 мин, снижение температуры и относительной влажности до 90 °С и 80 % соответственно (влажность изделий на уровне 17 %); затем окончательная сушка с понижением температуры воздуха в три этапа: сначала в течение 40 мин при 89...90 °С и относительной влажности 80 % (влажность изделий снижается с 17 до 14,2 %), далее, в течение 40 мин, при 86...87 °С и 78 % (влажность изделий снижается с 14,2 до 12,6 %), и наконец, в течение 35 мин, при 73...74 °С и 76 % (снижение влажности изделий до 12 %).

Затем идет процесс стабилизации изделий в течение 120 мин при 73...74 °С и 75 %, после чего изделия быстро охлаждаются до 30 °С.

Короткие изделия сушат так: предварительная сушка – сначала за 2...3 мин температура воздуха резко повышается до 96...97 °С, затем снижается до 85 °С, далее, в течение 45 мин, повышается до 95 °С. Относительная влажность – на уровне 75 %. Влажность изделий снижается с 29 до 17 %. Окончательная сушка проводится при постепенном снижении температуры воздуха с 95 до 90 °С в течение 50 мин и повышении его влажности с 75 до 80 %. Влажность изделий снижается до 12 %. Стабилизация проходит в течение 40 мин при снижении температуры воздуха с 90 до 70 °С и увеличении его влажности с 80 до 85 %.

С 90-х годов прошлого столетия СВТРС используется фирмой «Бюлер». Разработанная фирмой система сверхвысокотемпературной сушки (СВТС) носит название «Турботерматик». Сущность этой сис-

темы заключается в поэтапном повышении температуры воздуха на стадии предварительной сушки до 95 °С (за 45 мин в сушилках для длинных изделий и за 30 мин – для коротких изделий), выдерживании этой температуры в течение 40 мин для длинных изделий и 30 мин для коротких (при относительной влажности воздуха 85 %) и, наконец, в поэтапном снижении 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 «Паван» в последних разработках использует чередование СВТС с периодами стабилизации изделий. Этот режим называется высокотемпературным пульсирующим режимом и реализуется в сушилках TAS.

Сушилка TAS имеет 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 – соответственно 80 °С и 50 %. В первой зоне отволаживания температура воздуха 78 °С, относительная влажность – 80 %, во второй – соответственно 68 °С и 80 %.

К СВТ режимам сушки следует отнести и разработанные профессором Н.И. Назаровым совместно с сотрудниками *режимы с гигротермической обработкой полуфабриката макаронных изделий перед сушкой*, т.е обработкой паровоздушной смесью в течение 2 мин (для макарон) или сухим перегретым паром в течение 30 сек. (для коротких изделий) с последующей сушкой. Температура смеси 95...98 °С, влажность 95 %. Температура пара – от 120 до 180 °С.

Гигротермическая обработка позволяет сократить процесс сушки за счет возможности применения жестких режимов без опасения появления трещин, что происходит в результате снижения энергии связи влаги с денатурированными во время гигротермической обработки белками и снижения вследствие этого линейной усадки высушиваемых изделий в 1,5...2 раза. Однако параллельно протекающая при этом клейстеризация крахмала в поверхностном слое изделий делает их липкими, усложняет сушку. Поэтому у нас в стране этот

режим сначала не нашел применения. Однако при использовании обдувки изделий после обработки и при условии образования фиксированной белковой решетки этого можно почти избежать. Гигротермическую обработку чаще всего используют при выработке изделий быстрой варки или не требующих варки.

9.4. 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 облучения осуществляется от генераторов инфракрасного излучения. При этом макаронное тесто очень быстро прогревается энергией ИК-излучения на глубину до 2 мм. При более или менее длительном воздействии ИК-лучей на продукт вследствие быстрого удаления влаги может произойти растрескивание изделий. Поэтому А.В. Лыковым и И.М. Савиной был предложен пульсирующий режим сушки: 2...4 сек. облучения и 40...80 сек. отволаживания.

На сегодняшний день такую сушку изделий использует только фирма «Паван», для чего она оснастила линии для производства длинных изделий установкой для ИК-облучения «Рототерм». Это герметизированная и теплоизолированная камера с рядами вертикально расположенных черных пластин, температура которых около 90 °С. Относительная влажность воздуха в камере близка к 100 %. Сначала осуществляют предварительную сушку изделий, затем изделия поступают в камеру ИК-облучения и находятся в ней 10...20 мин. При этом они прогреваются по всей толщине до 80 °С, теряют менее 1 % влаги и 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 и

их трение 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...30 000 МГц и длиной волны 0,1-0,01 см (этот способ нагрева получил название «микроволновый»).

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

В 1971 году фирма «Липтон» (США) создала первую установку для сушки коротких макаронных изделий с применением СВЧ-энергии, где используется трехстадийный режим сушки: предварительная конвективная сушка до влажности изделий 20 %, СВЧ-сушка до влажности 14 % при температуре воздуха 80 °С и относительной влажности 20 % и стабилизация изделий до влажности 12,5 %. При этом общая продолжительность высушивания составляет 40...60 мин, из которых период СВЧ-нагрева (частота 915 МГц) составляет 10...12 мин.

Стоимость СВЧ-энергии достаточно высока (отсюда использование конвективного режима сушки в начале процесса). Кроме того, СВЧ-нагрев изделий на первой стадии удаления влаги может привести к образованию внутри сырых изделий паровоздушных пузырьков. Но этого можно избежать, используя пульсирующий режим СВЧ-сушки: чередование периодов СВЧ-нагрева и остывания изделий без применения периодов конвективной сушки.

ГЛАВА 10. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КАЧЕСТВУ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Качество макаронных изделий должно полностью удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия». Качество изделий по этому стандарту оценивается по следующим показателям: цвет, состояние поверхности, излом, форма, вкус, запах, состояние изделий после варки; влажность, кислотность, содержание золы, нерастворимой в 10%-ном растворе HCl, сохранность формы сваренных изделий, количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду, наличие металломагнитной примеси, наличие зараженности вредителями.

ГЛАВА 11. СОРТИРОВКА, УПАКОВЫВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Высушенные и охлажденные макаронные изделия подвергают ручной сортировке (в настоящее время, при правильном ведении всего технологического процесса производства макаронных изделий и при использовании современного технологического оборудования это делается крайне редко), а затем, после выборочного контроля качества каждой партии изделий в лаборатории, 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.

Каждая партия макаронных изделий, отправляемая потребителю, должна сопровождаться удостоверением качества, которое выдается предприятием на основании лабораторных анализов.

11.1. Сортировка и отбраковка продукции

Назначение сортировки заключается в контроле качества изделий, соответствии их установленным нормам, отбраковке, удалению всех дефектных изделий. При сортировке удаляют недосушенные, растрескавшиеся, сильнодеформированные, с повышенной кислотностью, заплесневелые и другие дефектные изделия.

Особое внимание надо уделять сортировке макарон, высушенных в лотковых кассетах, и коротких изделий, высушенных в паровых конвейерных сушилках, так как в них часто могут образовываться слитки из-за неравномерного удаления влаги и тесного соприкосновения изделий при сушке.

Перед упаковкой продукцию подвергают тщательному магнитному контролю, особенно короткие изделия, которые сушили на металлических сетчатых конвейерах. Для этого выводные транспортеры, упаковочные столы, виброохлаждители оборудуют специальными точками с магнитными уловителями, которые задерживают мелкие (пылевидные) частицы металла. При этом толщина слоя продукции над магнитами должна быть не более 6 см. Если же магниты установлены под точкой и над ней, то толщина слоя может быть увеличена до 10...12 см.

Кроме магнитных уловителей на упаковочных столах устанавливают сетки для отсеивания мучели (мелких частиц сухих изделий).

11.2. Переработка брака

Отбракованную в процессе сортировки продукцию, а также технологический полуфабрикат и полуфабрикат макаронных изделий (сырые обрезки, концы, рваные, деформированные, слипшиеся, грубошероховатые трубки сырых макарон, слитки макарон, вермишели, лапши, тесто из головки прессы, просыпь из-под сушилок и упаковочных столов), не потерявшие своих пищевых качеств, т.е. не имеющие загрязнений, посторонних привкусов и запахов, 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 % ее массы.

Сырые обрезки (концы) измельчают и добавляют в тестосмеситель прессы в количестве до 15 % массы муки. Добавление сырых обрезков в тестосмеситель не снижает производительности прессы и не ухудшает качества продукции. Однако при выработке макарон с лотковой сушкой желательно брак при замесе теста не вводить, так как влажность обрезков сырых макарон составляет обычно менее 28 % и при повторном прессовании они могут сохранять свою индивидуальность, ослабляя структуру выпрессованных макарон и приводя к обрыву прядей.

На небольших предприятиях при отсутствии дробильных установок сухие отходы замачивают в баках с водой температурой 65..70 °С в течение не более 1 ч (во избежание закисания отходов). Затем излишки воды сливают и массу добавляют небольшими порциями к замешиваемому тесту. Подобным образом можно перерабатывать и подсушенные отходы полуфабриката. В этих случаях необходимо учитывать большую влажность замоченных отходов и соответственно уменьшать количество воды, подаваемой в месильное корыто прессы.

11.3. Упаковка макаронных изделий

Упаковка макаронных изделий осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия».

Макаронные изделия 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», целлюлозной пленки (целлофана) по ГОСТ 7730-89 «Пленка целлюлозная. Технические условия» или других термосвариваемых полимерных и комбинированных материалов согласно ГН 2.3.3.972-2000 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами».

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 – выстланные 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», древесины и древесных материалов по ГОСТ 11354-93 «Ящики из древесины и древесных материалов многооборотные для продукции пищевых отраслей промышленности и сельского хозяйства. Технические условия» и ГОСТ 10131-93 «Ящики из древесины и древесных материалов для продукции пищевых отраслей промышленности, сельского хозяйства и спичек. Технические условия».

Допускается использовать новые ящики из гофрированного картона без оберточной бумаги.

Фасованные изделия допускается упаковывать во все виды ящиков, не застилая ящики бумагой.

Для реализации макаронных изделий в близлежащих районах или при транспортировании их на расстояние не более 500 км они могут быть упакованы в четырехслойные бумажные мешки по ГОСТ 2226-88 (ИСО 6590-1-83, ИСО 7023-83) «Мешки бумажные. Технические условия». Однако в такую тару нельзя укладывать длинные изделия, а масса единицы упаковки не должна превышать 25 кг.

Макаронные изделия, предназначенные для перевозки водным или железнодорожным транспортом, а также отправляемые в районы Крайнего Севера и приравненные к ним районы, упаковывают по ГОСТ 15846-2002 «Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

11.4. Хранение продукции и причины ее порчи

Ящики, коробка 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 30 °С. Нельзя хранить изделия вместе с товарами, имеющими специфический запах, так как макаронная продукция хорошо впитывает посторонние запахи.

Макаронные изделия не боятся низких температур, поэтому их можно хранить в сухих неотапливаемых помещениях.

Продукцию, упакованную в ящики из картона, укладывают по высоте не более чем в шесть рядов, а упакованную в бумажные мешки – не более чем в семь рядов. В зависимости от ассортимента макаронных изделий, применяемой технологии и оборудования, упакованную продукцию допускается складировать в большее число рядов, позволяющее сохранить качество готовых изделий, при условии нагрузки на нижний ряд упакованной продукции не более 130 г/см².

Гарантийный срок хранения макаронных изделий, приготовленных без добавок, двадцать четыре месяца со дня выработки. Остальные виды макаронных изделий хранятся в течение срока, установленного ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия»:

- с пшеничным зародышем – 3 мес;
- молочные и соевые – 5 мес;
- яичные и томатные – 12 мес;
- глютенковые, морковные, шпинатные – 24 мес.

Наиболее частая причина порчи изделий – плесневение в результате повышения влажности. Макаронные изделия гигроско-

пичны, попадая во влажную среду, они впитывают влагу. Опасность плесневения возникает при повышении влажности изделий до 16 %. Кроме того, попадая во влажную среду, макаронная продукция, интенсивно поглощая влагу, может растрескаться. Поэтому, если потребитель предъявляет претензии предприятию-изготовителю по качеству изделий спустя некоторое время, он должен представить на это время гарантии соблюдения правил хранения изделий.

По кривым равновесной влажности можно определить, какую влажность будут иметь макаронные изделия, попадая в среду с теми или иными параметрами воздуха. Однако при этом следует иметь в виду, что при увлажнении изделий (сорбция влаги) равновесная влажность их будет примерно на 1 % ниже, чем при высушивании (десорбция влаги) для одних и тех же параметров воздуха вследствие сорбционного гистерезиса.

Макаронные изделия подобно зерну, муке и другим зернопродуктам, могут повреждаться различными вредителями, насекомыми и грызунами (мыши, крысы). Насекомые могут попадать в сырье и макаронные изделия как при хранении, так и при перевозках.

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. Полы, потолки и стены складских помещений должны быть плотными, без щелей, на вентиляционных каналах следует устанавливать сетки и т. д.

К истребительным мероприятиям относятся дезинфекция, дезинсекция и дератизация фабрик – это система мер по уничтожению соответственно микробов, насекомых и грызунов. Эти мероприятия должны систематически проводить специальные бюро при непосредственном участии администрации предприятия. Пуск предприятия после общей газовой, жидкостной или порошковидной дезинсекции может быть осуществлен только с разрешения Роспотребнадзора.

ГЛАВА 12. 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, получают разработка и производство нетрадиционных видов макаронных изделий. Это обусловлено рядом причин: стремлением к сокращению производственного цикла и энергетических затрат (например, посредством производства изделий в сыром, несушеном 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, бесклеякового крахмалсодержащего).

12.1. 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, несушеных макаронных изделий. В частности, итальянское законодательство допускает выпуск сырых изделий влажностью не более 30 % при величине их кислотности не более 6 град. Срок хранения таких изделий в холодильнике составляет до четырех суток.

Популярны сырые макаронные изделия и во Франции, Великобритании, США: предположительный ежегодный рост их реализации в ближайшие десятилетия должен быть на уровне 15 %.

В нашей стране в 1992 г. были введены в действие ТУ 8 РСФСР 11-94-91 на сырые макаронные изделия. Этот документ регламентирует выработку полуфабриката из хлебопекарной муки высшего сорта без добавок или с добавками. Влажность изделий должна быть не более 28 %, кислотность – не более 4 град. для изделий без добавок и не более 10 град. для изделий с томатными добавками. Продукция должна быть расфасована в пакеты из целлофана или полиэтиленовой пленки или упакована в пергамент. Хранение изделий при температуре не выше -1 °С 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 вследствие высокой активности воды в сырых изделиях и быстрое развитие в изделиях в связи с этим бактерий и плесеней.

Для удлинения срока хранения макаронных изделий в сыром виде за рубежом применяют разнообразные способы: замораживание, тепловую обработку, упаковку под вакуумом и в регулируемой газовой среде, изменение рН макаронного теста и некоторые другие способы.

Замораживание сырых изделий и хранение их в таком состоянии позволяет в зависимости от глубины замораживания удлинить срок хранения до 90...130 суток. Однако такой способ экономически невыгоден и находит применение главным образом для сырых изделий из теста с начинками (пельмени, равиоли и т. п.), хотя в некоторых странах (США, Канада, Япония, Китай) в замороженном виде выпускаются и макаронные изделия.

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

В Италии запатентован способ (патент № 987559), предусматривающий термообработку упакованных сырых изделий в течение 10...20 мин при температуре 120..130 °С. Срок хранения таких изделий в герметичной упаковке составляет 60...90 суток.

В США запатентован способ (патент № 4876104), который предполагает ошпаривание сырой лапши влажностью не более 30 % паром температурой около 200 °С и упаковка ее в пакеты с содержанием не более 1 % кислорода.

Фирма «Паван» (Италия) предлагает две основные технологические схемы производства сырых макаронных изделий длительного хранения.

Первая схема предусматривает дозирование ингредиентов, их смешивание, резание технологического полуфабриката, пастеризацию сырых изделий паром, подсушку сырых изделий, их охлаждение и упаковку. Далее изделия или хранят в холодильнике до 30 сут, или подвергают пастеризации в упаковке, затем охлаждают и хранят в помещении до 90 сут.

Вторая схема предусматривает дозирование ингредиентов, их смешивание, резание технологического полуфабриката, варку сырых

изделий в воде, промывку-охлаждение изделий, их подсушку и охлаждение. Затем изделия или упаковывают и хранят в холодильнике до 30 сут., или упаковывают, пастеризуют в упаковке и хранят в холодильнике до 90 сут. Также охлажденные изделия можно замораживать, замороженные изделия – упаковывать и хранить до 120 сут.

Пастеризация осуществляется при этом обычно паром, реже – в баке с горячей водой при температуре не менее 84 °С в течение короткого промежутка времени. Помимо термической инактивации микроорганизмов такая обработка приводит к увеличению степени насыщенности желтого оттенка изделий и к приобретению ими восковидной поверхности вследствие декстринизации крахмала. Все это улучшает эстетический вид продуктов.

Использование стадии подсушки для сырых изделий, термообработанных паром или горячей водой, обусловлено необходимостью снижения их влажности максимум до 30 %, а также снижения поверхностной клейкости и слипания продукта. Рекомендуются следующие параметры подсушки: температура воздуха не ниже 70 °С (для предотвращения развития бактерий) при высокой относительной влажности (для предотвращения трещин на поверхности изделий), время подсушки – 40 мин.

Подсушенные изделия следует охлаждать, соблюдая следующие условия: необходимо обеспечить быстрое охлаждение в интервале температур, благоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов; охлаждение проводить в герметичной камере, чтобы избежать обсеменения продукта микроорганизмами воздуха и слипания изделий между собой. Температурные условия охлаждения сырых изделий, предназначенных для хранения в холодильнике и на воздухе, несколько различаются. При хранении изделий в холодильнике при температуре 3...4 °С продукт следует охлаждать до этой температуры еще до его упаковки. Макароны изделия, предназначенные для длительного хранения в комнатных условиях, следует охлаждать до температуры порядка 15 °С. Это обеспечивает достаточную надежность предотвращения развития микроорганизмов во время охлаждения и значительно снижает продолжительность последующей стадии пастеризации и расход энергии на ее проведение.

Окончательная пастеризация упакованной продукции осуществляется воздухом температурой 95...97 °С (большая температура может привести к интенсивному испарению влаги и образованию пузырьков в изделиях). Продолжительность выдерживания при этой

температуре составляет от 40 до 60 мин в зависимости от толщины изделий; температура их внутренней части должна сохраняться на уровне 84 °С в течение некоторого времени.

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

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.

Кроме рассмотренных способов производства сырых макаронных изделий увеличенного срока хранения используют и другие, менее распространенные. Так, патент № 4965082 США предусматривает при производстве сырых изделий добавление в тесто влажностью до 30 % 0,1...10 %-ного этилового спирта и 0,1..2 %-ного глицеролмоностеарата, которые подавляют жизнедеятельность микроорганизмов в изделиях. Подобный результат достигается снижением величины рН сырых макаронных изделий путем добавления небольших доз пищевых кислот, в частности, лимонной или молочной. Срок хранения таких изделий в зависимости от вида упаковки составляет от двух недель до шести месяцев.

Таким образом, применение замораживания, пастеризации и упаковки сырых макаронных изделий в пакеты с контролируемой газовой средой устраняет 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.

При хранении сырых макаронных изделий в герметичной упаковке (например, в пакетах из полиэтиленовой пленки) срок их хранения составляет в помещении одни сут., в холодильнике – семь сут.

12.2. Быстроразвариваемые и не требующие варки изделия

К быстроразвариваемым относят макаронные изделия, которые полностью провариваются в кипящей воде в течение не более 3...5 мин, а к макаронным изделиям, не требующим варки, относят изделия, для проваривания которых достаточно выдержать их в течение 3...5 мин в горячей воде температурой не менее 80...85 °С.

Технология производства макаронных изделий быстрого приготовления отличается от традиционного приготовления макаронных изделий применением гидротермической обработки (пропаривание) и термической обработки (обжаривание или сушка), кроме того, имеются отличия и в способах замеса теста и формования продукта.

Если в технологическом процессе применяется схема «пропаривание-сушка», то в зависимости от используемых режимов могут производиться быстроразвариваемые или не требующие варки макаронные изделия. При производстве продукта по схеме «пропаривание-обжарка» для доведения до готовности достаточно выдержать изделия в течение 3...5 мин в горячей воде с температурой 80...85 °С.

Развитие технологии производства макаронных изделий быстрого приготовления в России, Украине и других странах СНГ осуществляется в двух направлениях, которые условно можно назвать восточным и западным. Обе технологии представляют интерес и применяются в автоматических линиях для производства макаронных изделий быстрого приготовления, однако отличаются по рецептуре и способам обработки продуктов. Основоположниками *восточной технологии* производства макаронных изделий быстрого приготовления считаются страны Юго-Восточной Азии (Китай, Вьетнам, Корея и др.).

По восточной технологии при подготовке сырья предусматривается наличие вкусового раствора для замеса теста и его порционная подготовка, многоступенчатая раскатка тестовой ленты, ее фигурная резка и получение изделий в форме брикетов, гидротермическая и термическая обработка продукта, где предпочтение отдается обжарке.

Способов производства макаронных изделий быстрого приготовления, в которых предпочтение отдается обжарке продукта в масле, достаточно много. Например, «Способы производства лапши/вермишели быстрого приготовления» пат. США: № 3997676 (1976 г.); № 4243686 (1980 г.); № 4271205 (1981 г.); № 4495214 (1985 г.); пат. РФ: № 2010541 (1994 г.) и др. Как правило, в отмеченных способах соблюдается следующий порядок технологических процессов: замес теста на вкусовом растворе, далее – резание технологического полуфабриката, резка полуфабриката макаронных изделий, гидротермическая и термическая обработки (обжарка в масле). Основные отличия способов производства – в составе рецептур, вариациях ингредиентов и технологических параметрах процессов.

Известен способ производства макаронных изделий быстрого приготовления (пат. РФ № 2041653), в котором тесто с массовой долей влаги 28...32 % готовится не на вкусовом растворе, а обычным, традиционным способом на воде, с добавлением поваренной соли и углекислого аммония в количестве 0,1...0,2 % к массе муки. В конце замеса в тесто добавляется водный раствор лимонной кислоты (для регулирования кислотности) в количестве 0,1...0,2 % и перед формованием тесто выдерживают 10...20 мин, обеспечивая тем самым необходимый период «созревания». Дальнейшие технологические операции идентичны и отличаются параметрами процесса.

Сюда же можно отнести и производство китайской лапши «Рамион», которую проваривают в растительном масле (пальмовом, арахисовом, кокосовом) при температуре 180 °С в течение 70 сек, а затем охлаждают до 20 °С. Преимуществом такого способа является скорость процесса, во время которого происходит проваривание изделий собственной влагой, быстро превращающейся в пар, с одновременным снижением ее содержания до 6,5 %.

В технологии производства макаронных изделий быстрого приготовления *западных стран* (Швейцарии, Италии, Франции и др.) предпочтение отдается непрерывной экструзии тестовой массы, одноступенчатой раскатке тестовой ленты, гидротермической обработке продукта с последующей сушкой. Данная технология в основном используется для получения макаронных изделий обычного ассортимента, а также их нетрадиционных видов, например, лазаньи, сухих завтраков, детского питания и других продуктов.

Следует отметить, что как вид быстрораствариваемые макаронные изделия появились в России до макаронных изделий, не требующих

варки. В основном производителем быстрорастворимых изделий были фирмы «Бюлер» (Швейцария), «Pavan Macimpianti Spa» (Италия). Как правило, к быстрорастворимым относятся традиционные макаронные изделия с толщиной стенок 0,5...0,7 мм, лапша и суповые засыпки, вермишель паутинка, полученные с помощью гидротермической обработки после резки полуфабриката макаронных изделий. Однако производство таких изделий требует особо точных матриц, коэффициент живого сечения которых довольно низок (3...5 %), следовательно, и производительность прессы низкая (в среднем – до 1000 кг/ч). И хотя время сушки таких изделий снижается (при температуре 75...80 °С не превышает 3...4 ч), но незначительная толщина обуславливает низкую прочность этих изделий, их ломкость при упаковке и транспортировании. Поэтому для приготовления быстрорастворимых макаронных изделий с толщиной стенок 0,8..1,2 мм и более применяют частичную гидротермическую обработку их после прессования или подсушки с последующей сушкой до стандартной влажности. Такая обработка приводит к частичной денатурации белков и частичной клейстеризации крахмала, т. е. к предварительной частичной проварке изделий. Все это снижает продолжительность варки изделий в процессе их приготовления.

Основная трудность, возникающая в процессе производства такого вида быстрорастворимых макаронных изделий, – появление клейкости у изделий после их гидротермической обработки в результате клейстеризации крахмала в поверхностных слоях изделий. Поэтому обработка паром обычно осуществляется в пропаривателях-трясунах, конструкции которых подобны конструкциям трабатто или виброохлаждителя с подачей вместо воздуха пара с определенными параметрами.

Существует множество способов приготовления быстрорастворимых и быстрого приготовления макаронных изделий, и отличаются они в основном эффективностью гидротермической обработки сырых продуктов. В случае, если кратковременная обработка осуществляется паром или горячей водой с температурой 96...98 °С, в специальных емкостях, то такой процесс приводит к частичной денатурации белков и неполной клейстеризации крахмала, что обеспечивает предварительную частичную проварку изделий. Такой процесс в целом снижает общую продолжительность варки макаронных изделий, но при этом возможно появление клейкости у сырых изделий. В этой связи разработаны специальные технологии, устраняющие поверхно-

стную клейкость изделий, например, путем смыва холодной водой, как это делается при производстве макаронных изделий типа лазаньи по итальянской технологии в фирмах «Pavan Macimpianti Spa», «Storci» и др.

Некоторые фирмы предлагают приготовление быстрорастворимых макаронных изделий путем добавления при замесе теста к нативной пшеничной муке до 50 % частично клейстеризованной муки (фирма «Липтон», США, патент № 3846563) либо путем частичной клейстеризации крахмала теста в шнековой камере пресса-экструдера при температуре до 100 °С (фирма «Венджер», США, патент № 4763569). Однако эти приемы приводят к частичной денатурации клейковинных белков и потере ими связующих свойств еще до формирования структуры макаронных изделий. Поэтому даже незначительная переварка приготовленных такими способами изделий ведет к распаду их структуры – увеличению потерь сухих веществ, превращению сваренных изделий в кашеобразное состояние, несмотря на то, что прочность их в сухом виде может быть даже выше прочности изделий традиционного производства вследствие высоких клеящих свойств клейстеризованного крахмала.

На глубокой гидротермической обработке сырых и подсушенных макаронных изделий основаны и наиболее распространенные в настоящее время способы приготовления не требующих варки макаронных изделий. В частности, полное пропаривание сырых изделий с начальной влажностью 28...32 % (36...38 %) и толщиной стенки 0,6...0,8 мм (0,8...1,0 мм) достигается при обработке перегретым паром температурой 105...120 °С давлением 0,8 МПа и продолжительностью от 4-х до 10-ти мин. После сушки крахмал в таких изделиях находится в модифицированном состоянии и при его увлажнении горячей водой восстанавливаются свойства клейстеризованного крахмала, но в отличие от клейковины, он не фиксирует структуру изделий, а ослабляет ее в результате размягчения.

Одним из вариантов производства не требующей варки лапши является способ (патент США № 4783339), который предусматривает формование ленты теста толщиной 0,8...1,0 мм, обработку ее паром давлением 41,4 кПа в течение 1,5...3 мин, подсушку ленты, нарезание ее в лапшу и окончательную сушку лапши.

Или другой способ, где предусматривается традиционный замес теста, формование жгутов через матрицу или раскаткой, затем гидротермическая обработка полуфабриката в горячей воде, охлаждение до 30...60 °С, сушка и нарезка на куски определенной длины (пат. США № 4230735).

Следует отметить значительные перспективы применения экструзионной технологии для производства макаронных изделий и других продуктов питания, не требующих варки. Этот метод получил широкое распространение в европейских странах (Италии, Германии, Франции и других) и имеет хорошие перспективы для расширения производства в России. В основу экструзионной технологии заложено термическое формование продукта, включающее одновременно процессы нагревания и экструзии с последующей сушкой, в результате чего получается вначале сваренный, затем – сухой продукт заданной формы. Для процесса термического формования характерны высокая температура обработки (до 180 °С) и повышенное давление, однако время нахождения продукта в экструдере очень незначительно и составляет всего 5...10 сек.

При термическом формовании в обрабатываемом материале происходят как реологические, так и химические изменения, при этом химические изменения аналогичны изменениям при обычной термообработке, но вследствие очень высоких температур и незначительного времени процесса параметры формования весьма отличаются от значений, характерных для обычных процессов формования. Термическое формование является высокопроизводительным методом, оно экономичнее, чем обычное формование, и позволяет достаточно эффективно использовать затрачиваемую энергию.

Анализ отечественных и зарубежных исследований, проведенных в направлении изучения влияния термического формования на обрабатываемые компоненты, позволяет представить следующие процессы, проходящие в экструдере:

- механотермическую деструкцию (желатинизирование) крахмала в условиях дефицита влаги и под действием сдвиговых усилий на тесто со стороны вращающегося шнека, в результате чего достигается высокая сорбционная способность продукта;

- высокотемпературную денатурацию белковых компонентов под действием высоких температур и образование вытянутых, пространственно ориентированных структур, придающих высокую прочность макаронным изделиям, несмотря на незначительную толщину их стенок;

- интенсивное удаление влаги, что позволяет получить на выходе из экструдера изделия, близкие по влажности к готовому продукту, и снизить расход энергии на сушку.

Значительное влияние термическое формование оказывает на снижение содержания водорастворимого белка, содержание сухих веществ в варочной жидкости и степень слипаемости сваренных изделий.

Фирмы «Бюлер», «Pavan Macimpianti Spa», «Storci», «Clextral» и другие применяют технологическую схему и оборудование для производства макаронных изделий, не требующих варки, с использованием горячей экструзии и пропаривания продукта. На таких технологических линиях возможно изготовление изделий, имеющих полную готовность к употреблению через 3...5 мин после их обработки горячей водой с температурой 80...85 °С. Сырьем для производства макаронных изделий быстрого приготовления могут быть мука из мягких и твердых сортов пшеницы, картофельная мука, соль, яичный порошок, красящие и ароматические вещества, растительное масло. При этом качество муки желательно иметь следующее: массовая доля сырой клейковины – не менее 28 %, с частицами размером 200...300 мкм, массовая доля золы – не более 0,75 % на СВ, влажность муки – не более 15,5 %. Картофельная мука по рецептуре добавляется от 5 до 25 % и с размером частиц менее 300 мкм.

Производство макаронных изделий, не требующих варки, возможно как из муки твердых, так и мягких сортов пшеницы. Соль вводится в количестве до 2 %, растительное масло (если такая добавка предусматривается рецептурой) – не более 2 %, связующие компоненты, красители и яичные продукты в целом – до 5 %. Все добавки вводятся в растворенном виде. Из сырья, согласно рецептуре, замешивается тесто, из которого формируются и затем высушиваются изделия. Температура воздуха в вибрационной сушилке «трабатто» – 85 °С, в паровой камере – не менее 100 °С, предварительной сушилке – 80...85 °С, окончательной сушилке – 70...80 °С и охладителе – 32...35 °С. Влажность готовых изделий 11...13 %. Полученные изделия после заливки их горячей водой с температурой 80...85 °С и выдержки в течение 3...5 мин не должны терять форму, склеиваться или образовывать комья.

В целом производство быстрораствориваемых и не требующих варки макаронных изделий является перспективным энергосберегающим технологическим процессом.

При освоении отмеченных технологий появилась возможность разрабатывать новые рецепты питания и разнообразные пищевые продукты. При этом в качестве сырья можно использовать не только различные виды пшеничной муки, но и нетрадиционное сырье (крахмал, муку других злаковых культур), а также применять широкий спектр разнообразных приправ и специй. В целом перспектива производства макаронных изделий быстрого приготовления делает их незаменимыми в домашних условиях и гарантирует постоянный спрос на этот продукт и широкий рынок его сбыта.

Достоинствами макаронных изделий быстрого приготовления являются:

- высокие вкусовые качества и хорошая 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 клетчатки;
- высокая энергетическая ценность – 380...460 ккал на 100 г продукта;
- значительное содержание витаминов (в мг): тиамина до 0,4; рибофлавина до 0,4; пиридоксина до 0,5; ниацина до 3,0 и других;
- сроки хранения для обжаренных изделий в зависимости от влажности готового брикета, упаковки и применяемого масла – от 3 до 12 мес. и для высушенных изделий – до 18 мес.

К качеству макаронных изделий быстрого приготовления в соответствии с ГОСТ Р 52378-2005 «Изделия макаронные быстрого приготовления. Общие технические условия» предъявляются определенные требования.

По органолептическим показателям:

- вкус – свойственный данному изделию, без прогорклого и постороннего вкуса;
- запах – свойственный данному изделию, без прогорклого и постороннего запаха;
- состояние изделий после приготовления – изделия не должны слипаться между собой. Они должны сохранять форму спиралевидной нити лапши (вермишели) по истечении 15 мин с момента заливания их горячей водой.

По физико-химическим показателям:

- массовая доля влаги в брикете – не более 5 %;
- кислотность – не более 4 град;
- массовая доля золы, нерастворимой в 10%-ном растворе HCl – не более 0,2 %;
- время приготовления после заваривания кипятком – не более 5 мин до готовности;
- содержание жира в брикете – не более 25 %;
- металломагнитная примесь – не более 3 мг на 1 кг продукта;
- зараженность вредителями – не допускается.

На рис. 22 представлена технологическая блок-схема производства макаронных изделий быстрого приготовления типа вермишели/лапши. Из данной схемы можно выделить следующие основные технологические процессы: подготовка сырья, приготовление теста, формование тестовой ленты (резание технологического полуфабриката), её фигурная резка, гидротермическая обработка паром, формование и раскладка брикетов, термическая обработка (обжарка или сушка), охлаждение брикетов и их инспекция, а также дальнейшая упаковка.

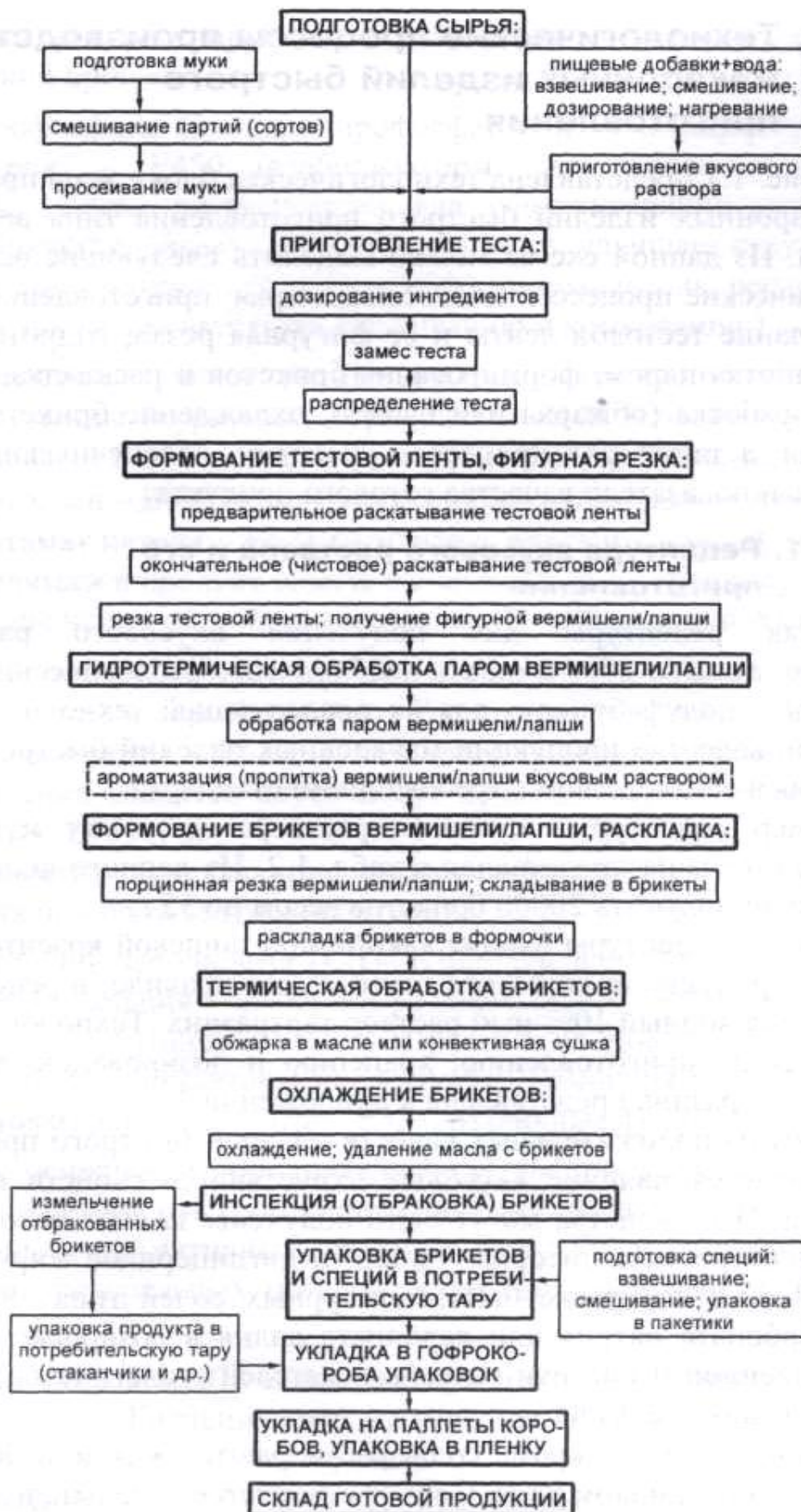


Рис. 22. Технологическая блок-схема производства макаронных изделий быстрого приготовления

12.3. Изделия из бесклеяковинного крахмалсодержащего сырья (БКС)

К БКС относятся мука и крахмал злаковых (рис, кукуруза, ячмень, сорго, овес и др.), кроме пшеницы, клубневых (картофель, кассава) 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. В результате ухудшаются физические свойства макаронных изделий: снижаются прочность и пластичность выпрессовываемого полуфабриката, увеличиваются 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 или желатинирование, исходя из того, что в таком виде БКС приобретает клеящие свойства. В первом случае, путем варки и высушивания водной суспензии получают набухающий крахмал, во втором случае, путем горячей экструзии увлажненного крахмалсодержащего сырья получают экструзионный крахмал. Однако в результате исследований Г.М. Медведева было выявлено, что добавление крахмала в таком виде снижает прочность структуры макаронных изделий в большей степени, чем добавление тех же доз того же крахмала в нативном состоянии, т.е. не подвергнутого термическому воздействию. 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. При внесении в тесто нативного крахмала (в виде зерен), несмотря на то, что содержание клейковины в тесте снижается, ее связующие свойства остаются без изменения, а после варки снижаются незначительно. Клейстеризованный же крахмал в тесте образует с клейковиной гомогенную однородную гелеобразную связующую массу. Внедренный в клейковину клейстеризованный крахмал ослабляет прочность белкового каркаса сваренных изделий, что приводит к значительным потерям сухих веществ.

В то же время надо отметить целесообразность производства макаронных изделий, целиком состоящих из БКС, главным образом, с целью расширения ассортимента продуктов питания лечебного и профилактического назначения при необходимости использования аглютеновой (бесклеяковинной) диеты.

Формовать макаронные изделия из чистого бесклеяковинного крахмалсодержащего сырья по традиционной технологии невозможно вследствие отсутствия вязкотекучих свойств у нативного крахмала при температурно-влажностных режимах замеса и формования, характерных для режимов холодной экструзии, используемых в макаронном производстве. И в данном случае все же приходится применять частичную клейстеризацию крахмала, что и делают такие фирмы, как «Брайбанти» (Италия), «Бассано» (Франция); подобная технология предложена также Отделом макаронного производства ГосНИИХП.

Г.М. Медведевым предложена технология изготовления макаронных изделий из БКС (в частности, из рисовой, кукурузной, ячменной муки и кукурузного и картофельного крахмала) с использованием высокотемпературного замеса теста и формования его в режиме теплой экструзии. В данном случае высокие температуры замеса теста приводят к разрушению кристаллической структуры части крахмальных зерен, а последующее прессование в шнековой камере – к переходу их в желатинированное состояние. Желатинированный крахмал обладает подобно клейстеризованному крахмалу клеящими и пластифицирующими свойствами, но в отличие от клейстеризации желатинирование происходит в условиях дефицита влаги под действием сдвиговых усилий на тесто со стороны вращающегося шнека.

Оптимальными параметрами замеса теста из БКС с использованием термообработки теста являются влажность 36 %, температура в конце месильного корыта 70...75 °С. При таких параметрах замеса и последующем резании технологического полуфабриката происходит желатинирование оптимальной части крахмала БКС.

Сотрудниками кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» ОрелГТУ рассмотрена возможность использования БКС (рисовой или кукурузной муки либо кукурузного крахмала) в смеси с пшеничной мукой при производстве макаронных изделий без изменения технологического процесса, с использованием традиционного в отрасли оборудования. В работе в качестве основного сырья использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта, с содержанием сырой клейковины 32,4 %, хорошей по качеству. Установлено, что оптимальным соотношением пшеничной муки и БКС, максимально положительно влияющим на свойства клейковины и крахмала пшеничной муки и не оказывающим резкого отрицательного воздействия на качество готовых макаронных

изделий, являются 80 : 20, но при выборе дозировок БКС все же следует учитывать качество исходного основного сырья для производства макаронных изделий.

Ими же предложен способ производства макаронных изделий, предусматривающий использование смеси муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и овсяной муки, полученной путем помола целого зерна овса, в соотношении 60 : 40...50 : 50, при этом следует использовать холодный тип замеса теста с температурой воды на замес 25 °С, а влажность теста принимать равной 37...38 %.

Использование целого зерна овса для получения из него муки обусловлено тем, что овес обладает более существенными физиолого-биохимическими свойствами, более богат по содержанию ценных природных компонентов, нежели пшеничная мука. Наукой также установлено, что этот уникальный злак отличается оптимальным процентным соотношением углеводов, белков, жиров и витаминов комплекса В. В связи с этим выработанная таким образом макаронная продукция обладает более высокой пищевой ценностью и диетическими свойствами.

ГЛАВА 13. 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.

13.1. 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:

$$H_c = Z_m + O + П, \quad (15)$$

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 выработка 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:

$$Z_m = [(100 - W_{изд.}) / (100 - W_m)] \cdot 1000, \quad (16)$$

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

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%-ную влажность муки).

Плановый норматив отходов при изготовлении макаронных изделий устанавливается 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):

$$Q = Q_o \cdot (100 - W_o) / I_\phi (100 - W_m), \quad (17)$$

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

W_o – средневзвешенная влажность отходов, %;

I_ϕ – 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 спец-

одежде, смыв при мытье матриц, полов, окон и оборудования и т. п., 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%-ную влажность муки.

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

$$P = [M(100 - W_{м.ф.}) - I_{ф.}(100 - W_{и.ф.}) - Q_o(100 - W_o)] / (0,0855 I_{ф.}), \quad (18)$$

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.

Рекомендуемые максимально допустимые нормы потерь сырья для предприятий средней мощности приведены в табл. 11.

Таблица 11

Предельно допустимые нормы отходов и потерь сырья при изготовлении макаронных изделий (кг\т)

Виды отходов и потерь	Нормы
Отходы:	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
Потери сырья:	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

При выработке макаронных изделий с добавками часть сухих веществ муки заменяется сухими веществами добавок. В связи с этим плановая норма расхода муки на 1 т готовых изделий уменьшается:

- при выработке яичных изделий – на 29,2 кг/т;
- при выработке изделий с увеличенным содержанием яичных обогатителей – на 44,4 кг/т;
- при выработке томатных изделий – на 23,0 кг/т;
- при выработке молочных изделий – на 110,0 кг/т;
- при выработке изделий «Детские» – на 84,4 кг/т.

Для расчета нормы расхода муки при выработке изделий с добавками можно также воспользоваться формулой:

$$H_{m(\partial)} = 85,5 \cdot H_m / [85,5 + 0,001 \cdot H_\partial (100 - W_\partial)], \quad (19)$$

где $H_{m(\partial)}$, H_m – соответственно плановая норма расхода муки влажностью 14,5 % на 1 т изделий с добавками и без добавок, кг;

H_∂ – рецептурная норма добавки на 1 т муки, кг;

W_∂ – влажность добавки, %.

13.2. Учет расхода муки

Для определения выполнения плановой нормы расхода муки на предприятиях не реже одного раза в месяц определяют фактический расход муки на 1 т выработанной продукции. На эту величину, помимо потерь муки, влияют фактическая влажность муки, поступившей на предприятие, и фактическая влажность выработанных изделий.

По приведенным выше формулам легко подсчитать, что при повышении влажности муки на 0,1 % расход муки возрастает в среднем на 1,2 кг/т, а при увеличении влажности готовых изделий на 0,1 % – снижается в среднем на 1,2 кг/т.

Партии муки, поступающие на предприятие, чаще всего имеют влажность, отличающуюся от базисной (14,5 %), поэтому прежде всего производят пересчет плановой нормы расхода муки на средне-взвешенную влажность муки (%):

$$W_{m.ф.} = (M_1 W_1 + M_2 W_2 + \dots + M_n W_n) / (M_1 + M_2 + \dots + M_n), \quad (20)$$

где M_1, M_2, \dots, M_n – массы отдельных партий муки, т;

W_1, W_2, \dots, W_n – влажности соответствующих партий муки, %.

Выпускаемая продукция при упаковывании и сдаче на склад предприятия также зачастую имеет влажность, которая меньше стан-

дартной (13,0 %). Поэтому надо рассчитать и средневзвешенную влажность изделий (%), выработанных за этот же период:

$$W_{u.ф.} = (I_1W_1 + I_2W_2 + \dots + I_nW_n)/(I_1 + I_2 + \dots + I_n), \quad (21)$$

где I_1, I_2, \dots, I_n – массы отдельных партий изделий, т;

W_1, W_2, \dots, W_n – влажности соответствующих партий изделий, %.

После определения фактических средневзвешенных влажностей муки и изделий проводят пересчет плановой нормы расхода муки на плановую фактическую норму (кг/т):

$$H_{м.ф.} = H_m \cdot (100 - W_m) \cdot (100 - W_{u.ф.}) / ((100 - W_{м.ф.}) \cdot (100 - W_u)), \quad (22)$$

где H_m – плановая норма расхода муки, кг/т;

W_m, W_u – соответственно базисная влажность муки и стандартная влажность изделий, %.

Учитывая, что $W_m = 14,5$ %, а $W_u = 13,0$ %, формула принимает вид:

$$H_{м.ф.} = H_m \cdot 0,983 (100 - W_{u.ф.}) / (100 - W_{м.ф.}). \quad (23)$$

Масса упакованной продукции, сданной на склад предприятия, должна соответствовать согласно ГОСТ Р 51865-2002 «Изделия макаронные. Общие технические условия», ее массе при стандартной влажности (13,0 %). Продукцию повышенной влажности выпускать нельзя, а при меньшей влажности надо делать пересчет массы упаковываемых изделий на фактическую влажность изделий по формуле:

$$I_{ф.} = I \cdot 87(100 - W_{u.ф.}), \quad (24)$$

где $I_{ф.}$ – масса упаковываемых изделий (кг) при фактической влажности изделий $W_{u.ф.}$ (%);

I – масса изделий, указываемая на упаковке при стандартной влажности, кг.

Если не делать такого перерасчета и не контролировать влажность упаковываемой продукции, то возникнет перерасход муки за счет неучтенной пересушки изделий и перевеса упаковываемой продукции.

Обычно в отчетных документах масса партий изделий, переданных на склад продукции, указывается в расчете на стандартную 13%-ную влажность. В этом случае пересчет плановой нормы расхода муки на плановую фактическую норму проводится только по средневзвешенной влажности муки:

$$H_{м.ф.} = H_m - 85,5 / (100 - W_{м.ф.}). \quad (25)$$

Таким образом, величина влажности муки, поступающей на предприятие, при ее регулярном контроле не оказывает влияния на выполнение плановой нормы расхода муки.

К перерасходу муки будет приводить увеличение потерь муки сверх значений, установленных в норме расхода, поэтому необходимо тщательно следить за этим. Все транспортные механизмы и устройства для хранения муки и полуфабриката должны быть плотно закрыты, чтобы избежать потерь продукта. При разделке полуфабриката необходимо бороться с россыпью, а там, где она неизбежна, следует ставить лотки и поддоны, например, под катающимся столом, конвейерной сушилкой и т. д.

В сушильном отделении и при упаковывании макарон кассетной сушки возникают потери в результате перевозки шкафов и вагонеток, при их разгрузке, сыпке и укладке изделий в ящики. Чтобы избежать этого, под упаковочные столы следует ставить лотки.

Для взвешивания необходимо пользоваться только исправными и проверенными весами, следить, чтобы тара была взвешена точно.

Для контроля удельного расхода муки на предприятии периодически рассчитывают *фактический расход муки на 1 т продукции*, который определяется отношением массы муки, переданной со склада муки в производство (за вычетом массы теста в прессах, полуфабриката в сушилках, изделий в накопителях, пересчитанной на средневзвешенную влажность муки), к массе выработанных предприятием за тот же период макаронных изделий при стандартной влажности.

В связи с этим для объективного контроля удельного расхода муки необходимо тщательно учитывать количество и влажность поступающей в производство муки, скрупулезно собирать все отходы и контролировать влажность передаваемой на склад продукции.

ГЛАВА 14. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МУКИ, ПОЛУФАБРИКАТА И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

На каждом макаронном предприятии должен осуществляться постоянный контроль за соблюдением установленной технологии макаронных изделий на всех стадиях производства, за качеством готовой продукции, а также контроль за расходом и качеством сырья, тары и материалов, поступающих на предприятие.

14.1. Организация теххимического контроля на предприятии

Основной контроль за соблюдением установленной технологии, качеством сырья и готовой продукции осуществляют лаборатории предприятий.

Схема контроля макаронного производства приведена в табл.12.

Таблица 12

Схема контроля макаронного производства

Объект контроля	Периодичность контроля	Определяемые показатели	Метод контроля
1	2	3	4
Мука пшеничная	Каждая партия	Органолептическая оценка (цвет, вкус, запах, наличие минеральной примеси)	По ГОСТ 27558-87
		Металломагнитная примесь	По ГОСТ 20239-74
		Зараженность и загрязненность вредителями	По ГОСТ 27559-87
		Массовая доля влаги	По ГОСТ 9404-88
		Массовая доля и качество сырой клейковины	По ГОСТ 27839-88
Макаронное тесто	По мере необходимости	Внешний вид (комковатость)	Органолептически
		Влажность	Высушивание экспресс-методом по ГОСТ Р 52377-2005 в течение 10 минут

Продолжение табл. 12

1	2	3	4
		Температура	Термометрирование
		Кислотность	По ГОСТ Р 52377-2005
Полуфабрикат макаронных изделий	По мере необходимости	Внешний вид (состояние поверхности, толщина стенок, сохранение формы, наличие посторонних вкраплений, цвет)	Органолептически
		Влажность	Высушивание экспресс-методом по ГОСТ Р 52377-2005 в течение 10 минут
		Температура	Термометрирование
		Кислотность	По ГОСТ Р 52377-2005
Готовые изделия	Каждая партия	Органолептическая оценка (цвет, состояние поверхности, излом, форма)	Органолептически по ГОСТ Р 52377-2005
		Органолептическая оценка (запах и вкус)	По ГОСТ Р 52377-2005
		Органолептическая оценка (состояние изделий после варки)	По ГОСТ Р 52377-2005
		Влажность	По ГОСТ Р 52377-2005
		Кислотность	По ГОСТ Р 52377-2005
		Зола, нерастворимая в 10%-ном растворе соляной кислоты	По ГОСТ Р 52377-2005
		Сохранность формы сваренных макаронных изделий	По ГОСТ Р 52377-2005
		Сухое вещество, перешедшее в варочную воду	По ГОСТ Р 52377-2005

Окончание табл. 12

1	2	3	4
		Металломагнитная примесь, мг/кг, не более	По ГОСТ Р 52377-2005
		Наличие зараженности вредителями	По ГОСТ Р 52377-2005

Помимо основного контролю должно подвергаться и дополнительное сырье, и различные виды добавок в соответствии с действующей документацией на конкретный вид дополнительного сырья и добавок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буляндра, А.Ф. Сушка макаронных изделий / А.Ф. Буляндра, И.Т. Таранов, А.С. Острик. – Киев: Техника, 1977. – 195 с.
2. Буров, Л.А. Влияние размеров частиц на качество макаронных изделий / Л.А. Буров, Е.И. Бондарева, Г.Ф. Мелентьева, Н.И. Назаров Н.И. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1975. – № 10. – 25 с.
3. Буров, Л.А. Технологическое оборудование макаронных фабрик / Л.А. Буров, Г.М. Медведев. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 248 с.
4. Бутковский, В. Влияние крупности и однородности макаронной крупки на качество готовых изделий / В. Бутковский // Хлебопродукты. – 1994. – № 11. – С. 18 – 22; № 12. – С. 12 – 17.
5. Вакар, А.Б. Клейковина пшеницы / А.Б. Вакар. – М.: Изд – во АН СССР, 1961. – 250 с.
6. Высокотемпературное формование макаронных изделий через нагретые матрицы / Г.М. Медведев, И.В. Аржанова, Л.И. Райхштадт и др. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – 24 с.
7. Изготовление макаронных изделий с применением термообработки теста при замесе / Г.М. Медведев, Н.И. Маландеева, В.Г. Царев и др. – М.: ЦНИИТЭИ Минхлебопродукт СССР, 1987. – 16 с.
8. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Колос, 1980. – 320 с.
9. Козьмина, Н.П. Исследование липидов пшеницы и их влияние на хлебопекарные свойства / Н.П. Козьмина, В.Г. Байков, А.П. Нечаев, Т.Б. Цыганова // НТИ. Сер. «Хлебопекарная, макаронная и дрожжевая промышленность»: Науч.-техн. реф. сб. – 1969. – Вып. 4. – С. 8 – 10.
10. Конарев, В.Г. Белки пшеницы / В.Г. Конарев. – М.: Колос, 1980. – 232 с.
11. Корячкина, С.Я. Влияние гранулометрического состава зерновой массы на качество макаронных изделий из целого зерна пшеницы / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология, 2007. – № 1. – С. 30 – 32.
12. Корячкина, С.Я. Влияние условий замачивания зерна пшеницы на содержание сухих веществ в зерновой массе / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. – № 4. – С. 27 – 28.
13. Корячкина, С.Я. Макароны изделия: способы повышения качества и пищевой ценности / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова. – Орел: Труд, 2006. – 276 с.

14. Корячкина, С.Я. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 6. – С. 33 – 35.

15. Лукьянов, В.В. Технология макаронного производства / В.В. Лукьянов. – М.: Пищепромиздат, 1959. – 248 с.

16. Медведев, Г.М. Использование режимов теплой экструзии для формования макаронных изделий и полуфабрикатов крекеров на шнековых прессах / Г.М. Медведев. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1992. – 28 с.

17. Медведев, Г.М. Научные исследования и разработки МГУПП в области технологии макаронного производства / Г.М. Медведев // Производство макарон в России и за рубежом («Макарон-99»): семинар МИПП: 14 – 17 июня 1999. – М., 1999.

18. Медведев, Г.М. Производство сырых макаронных изделий длительного хранения / Г.М. Медведев, М.Г. Васиев. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1993. – 24 с.

19. Медведев, Г.М. Технология и оборудование макаронного производства / Г.М. Медведев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 280 с.

20. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. – М.: Пищевая промышленность, 1998. – 272 с.

21. Мичем, Д.К. Липиды / Д.К. Мичем // Пшеница и оценка ее качества; под ред. Н.П. Козьминой. – М.: Колос, 1968. – С. 54.

22. Назаров, Н.И. Технология макаронного производства / Н.И. Назаров. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 288 с.

23. Нечаев, А.П. Липиды зерна / А.П. Нечаев, Ж.Я. Сандлер. – М.: Колос, 1975. – 217 с.

24. Новые виды макаронных изделий с использованием нетрадиционных видов сырья / Г.М. Медведев, С.А. Шеллунц, Х.Р. Мухамедов и др. – М.: ЦНИИТЭИ Минхлебопродукта СССР, 1988. – 16 с.

25. Осипова, Г.А. Новый рецептурный компонент для макаронных изделий / Г.А. Осипова, А.Н. Волчков // Хлебопродукты. – 2008. – № 7. – С. 51 – 52.

26. Осипова, Г.А. Производство макаронных изделий с использованием альтернативного сырья / Г.А. Осипова, А.Н. Волчков // Хлебопродукты. – 2008. – № 2. – С. 38 – 39.

27. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М. Азаров, А.Т. Лесовенко, С.А. Мачихин и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

28. Чернов, М.Е. Макаaronное производство / М.Е. Чернов. – М.: Мир, 1994. – 208 с.

29. Чернов, М.Е. Производство макаронных изделий быстрого приготовления / М.Е. Чернов, Е.М. Гнатов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 165 с.

30. Чернов, М.Е. Упаковка макаронных изделий / М.Е. Чернов. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 1997. – 130 с.

31. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов; под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

Учебное издание

Осипова Галина Александровна

**ТЕХНОЛОГИЯ МАКАРОННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Редактор Г.В. Карпушина

Технический редактор Н.А. Соловьева

Орловский государственный технический университет
Лицензия ИД № 00670 от 05.01.2000 г.

Подписано к печати 05.08.2009 г. Формат 60x84 1/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,6. Тираж 50 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОрелГТУ,
302030, г. Орел, ул. Московская, 29.