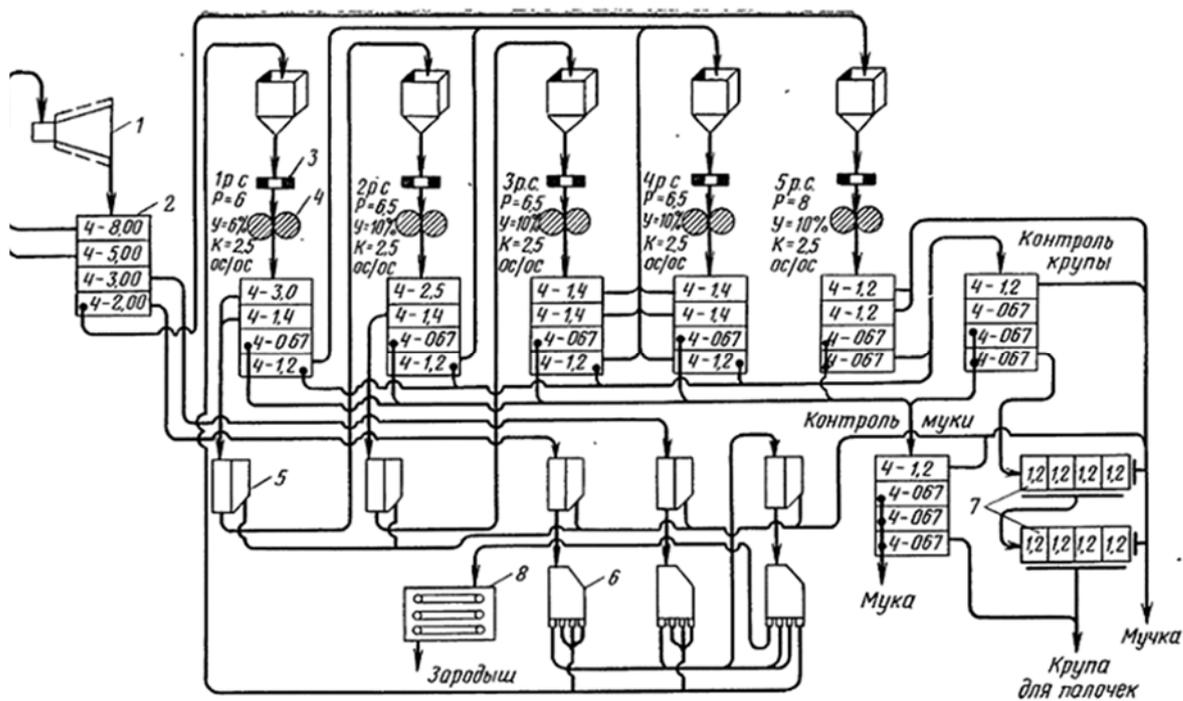


Р.А. Фёдорова

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА.

МУКА



Санкт-Петербург

2017

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Р.А. Фёдорова

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА.
МУКА**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2017

Федорова Р.А. «Биохимические основы продуктов переработки зерна. Мука». – СПб.: Университет ИТМО; 2017. – 98 с.

Рассмотрены биохимические основы качества зернового сырья. Представлены сведения о строении и свойствах важнейших белков, углеводов и ферментов пшеничной и ржаной муки. Приведено описание методик анализа продуктов переработки зерна и вопросы самопроверки знаний.

Учебное пособие предназначено для бакалавров всех форм обучения направления 19.04.02. «Продукты питания из растительного сырья» при изучении дисциплины «Технология и организация производства продуктов переработки зерна, хлебобулочных и макаронных изделий»

Рекомендовано к печати Ученым советом факультета ПБиИ 09.03.17 г.

Протокол № 6



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2017

© Фёдорова Р.А., 2017

Введение

Мукомольное производство является важнейшей отраслью пищевой промышленности. Забота мукомольных предприятий о повышении эффективности производства муки, улучшении ассортимента, повышении качества и пищевой ценности готовой продукции не ослабевает.

Сегодня предприятия отрасли сталкиваются с одними и теми же проблемами. К ним следует отнести качество перерабатываемой муки и, как следствие, качество готовой продукции. Наиболее остро стоит сегодня проблема качества муки. Объем перерабатываемой муки с пониженными хлебопекарными свойствами составляет приблизительно 50% от общего объема. Качество зерна снизилось из-за того, что в последнее время ослабло внимание к семеноводству и сортовому составу пшеницы, резко сократилось применение удобрений, средств защиты растений и других агротехнических приемов.

В хлебопекарной промышленности широко внедряются новые технологические процессы, осуществляемые на комплексно-механизированных и автоматизированных линиях. Однако не следует забывать, что приготовление хлеба основано на использовании целого ряда биохимических процессов. Без знания этих процессов в условиях автоматизированного хлебопечения невозможно рационально управлять производством. Кроме того, быстрое развитие учения о таких важных факторах питания, как витамины, минеральные соединения, незаменимые аминокислоты ставит перед наукой задачи, связанные с повышением качества и пищевой ценности хлеба.

Особое место в хлебопекарном производстве, рассматриваемом как совокупность сложных биохимических процессов, отводится изменениям белково-протеинового комплекса, гидролизу липидов и изменениям углеводно-амилазного комплекса муки.

1 ГЛАВА ЗЕРНО КАК ОБЪЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ

Существуют многочисленные классификации зерновых культур. Целесообразно все зерновые культуры разделить на три группы.

Зерновые. Растения с зерном, богатым крахмалом; зерновые злаки (пшеница, рожь, кукуруза, ячмень, овес, просо, сорго, рис, чумиза) и из семейства гречишных – гречиха.

Бобовые. Растения с семенами, богатыми белками: горох, бобы, чечевица, соя, фасоль, чина, нут и др.

Масличные. Растения разных семейств, плоды и семена которых богаты маслом: подсолнечник, сафлор, горчица, рыжик, рапс, арахис и клещевина, мак, лен, конопля, и др.

Также существует классификация зерновых культур по целевому назначению: мукомольное; крупяное; техническое, кормовое.

Характеристика основных зерновых культур

К основным зерновым культурам относят пшеницу, просо, рожь, овес, кукурузу.

Пшеница

Это главная продовольственная культура. Одна из самых древних и важнейших злаковых культур, возделываемых человеком. Это – важная продовольственная культура для большинства населения земного шара. Ценность зерна пшеницы заключается в том, что она способна образовывать клейковину, имеющую большое значение для выпечки хлеба, изготовления макарон, манной крупы и других хлебных изделий. Пшеничная мука дает хлеб лучшего качества, более вкусный и полнее усваиваемый, чем мука из зерна других культур (ржи, ячменя, овса, кукурузы). Пшеничное зерно и продукты его переработки имеют также диетическое (хлебцы, изготовленные из цельного зерна, с примесью клейковины и др.) и лечебное значение. Пшеничную муку и пшеничный крахмал используют для косметических паст и горячих припарок, повязок как противоядие при отравлении бромом и йодом.

Пшеница – ценная экспортная культура. Посевы пшеницы в нашей стране занимают более половины посевов всех зерновых культур. Пшеница – растение однолетнее. Озимая (высеваемая осенью) и яровая (высеваемая весной) пшеница. Озимую пшеницу, как менее зимостойкую, по сравнению с яровой высевают, как правило, в более южных районах. И только в низменно предгорных районах Закавказья, в Среднеазиатских республиках и Южном Казахстане, где зимы не суровые, встречаются сорта биологически яровые. Озимая пшеница может произрастать в горах на высоте 3000 м над уровнем моря. На долю яровой пшеницы приходится 70 – 75 %

всей посевной площади под пшеницы, на долю озимой – остальные 25 – 30 %. Озимая пшеница имеет более продолжительный вегетационный период, чем яровая. Она полнее использует влагу осенних дождей и зимних осадков. Весной после таяния снегов быстро трогается в рост, в связи, с чем лучше борется с сорными растениями. Поэтому озимая пшеница имеет обычно более высокую урожайность, чем яровая. В районах, где хлеба созревают во вторую половину лета, например на востоке нашей страны, яровая пшеница более урожайна, чем озимая. В районах, где хлеба созревают в середине лета, урожай яровой и озимой пшеницы близки между собой. В зерне яровой пшеницы, белка содержится больше, чем в зерне озимой пшеницы. На содержание белка и клейковины большое влияние оказывают район произрастания, погодные условия года, применяющаяся агротехника и сортовые различия. Качество клейковины в большей степени связано с сортом, но условия выращивания могут ослабить или полностью нарушить эту зависимость. По данным Всесоюзного института растениеводства, содержание белка в зерне мягкой пшеницы изменяется от 8,6 до 24,4 %, а у твердой – от 14,4 до 24,1 %. Наиболее низкое содержание белка отмечено в зерне пшеницы в районах с избыточным увлажнением. В относительно засушливые годы в этих же районах содержание белка в зерне пшеницы значительно повышалось (до 15 – 17 %). Существует географическая закономерность в накоплении зерном пшеницы белковых веществ: количество белка в нем возрастает с запада на восток и с севера на юг.

Слабая содержит 9 – 12 % белка и дает клейковину низкого качества, для улучшения хлебных свойств в нее добавляют сильную или твердую пшеницу. Мягкая пшеница используется в хлебобулочной и кондитерской промышленности. В зерне твердой пшеницы содержится больше белка, сахара и минеральных веществ, чем в мягкой пшеницы. Твердую пшеницу используют для макаронных изделий, манной крупы, получают муку – крупчатку.

Средний химический состав пшеницы: крахмал – 60 – 65 %; белок – 15 – 18 %; сахара – 2 – 3 %; жир – 2 – 2,5 %; клетчатка – 2 %; зола – 2 %.

На зерно пшеницы существует четыре стандарта. Первые два стандарта – наиболее полные, включающие развернутую классификацию и характеристику зерна; вторые два содержат технические требования, предъявляемые при государственных закупках наиболее ценного зерна – твердой и сильной пшеницы.

В стандарте на пшеницу продовольственную заготавливаемую, прежде всего, указывается, о каком зерне идет речь: под продовольственной пшеницей понимается зерновой продукт, содержащий любых зерен пшеницы не менее 85% от массы всего зерна вместе с примесями; при наличии любых зерен пшеницы в количестве менее 85% зерновой продукт считается «смесью» с указанием состава в процентах. По стандарту заготавливаемую пшеницу классифицируют по типу и подтипам.

Типы пшеницы различают по видам, времени посева (яровая, озимая), цвету зерна и его стекловидности: I тип – яровая краснозерная; II тип – яровая дурум, т. е. твердая; III тип – яровая белозерная; IV тип – озимая краснозерная; V тип – озимая белозерная.

Зерно в пределах типа должно отвечать характерным для каждого типа признакам, примесь зерна других типов нормируется. Так, в I типе (яровая краснозерная) примесь других типов допускается не более 10 %, из них пшеницы твердой и белозерных – не более 7 %, в том числе твердой не более 5 %; во II типе (яровая дурум) – всего не более 10 %, включая и пшеницу твердую красную, в том числе белозерных не более 2 %. Каждый из типов (кроме V типа) разделяют на подтипы по уточненному оттенку типовой окраски зерна и его стекловидности. Например, I и IV типы пшеницы имеют по пять совпадающих по признакам подтипов: 1 подтип – яровая (или озимая) темно – красная стекловидная с общей стекловидностью не менее 75 %; 2 подтип – яровая (озимая) красная, стекловидность не менее 60 %; 3 подтип – яровая(озимая) светло-красная, стекловидность не менее 40 %; 4 подтип – яровая (озимая) желто–красная, стекловидность не менее 40 %; 5 подтип – яровая (озимая), стекловидность не менее 40 %; II (яровая дурум) и III типы (яровая белозерная) делят на два подтипа. Деление на типы и подтипы имеет технологическое значение – мукомольное, хлебопекарное и макаронное. Зерно различных типов требует разного режима переработки, дает муку, различающуюся по выходам и качеству. Во втором разделе стандарта на заготавливаемую пшеницу «Технические условия» приведены условия расчета за продаваемое государству зерно, причем различают два варианта. В одном случае (первая группа пшеницы) зерно соответствует установленным для данного района базисным кондициям. Такая пшеница полностью зачисляется в счет плана обязательной продажи и оплачивается по полной цене. В другом случае (вторая группа пшеницы) зерно имеет по качеству отклонения от базисных кондиций в сторону ухудшения качества по

влажности, объемной массе, сорной и зерновой примеси. В стандарте приведены границы (ограничительные кондиции), ниже которых не должно быть качество пшеницы второй группы: сорная примесь не более 5 %, в том числе вредной примеси не более 1 %, зерновой примеси – не более 15 % и др. Зерно пшеницы второй группы принимают хлебоприемные предприятия с установленной скидкой с цены и зачисляются в план обязательной продажи со скидкой с массы за излишние против базисных кондиций проценты сорной примеси и влажности. Стандарт предусматривает деление зерна пшеницы на четыре состояния по влажности: зерно сухое - с влажностью по 14 %, зерно средней сухости - свыше 14 до 15,6 %, зерно влажное - с 15,6 до 17 % и зерно сырое свыше 17 %. Такое деление зерна по влажности необходимо для его рационального хранения и переработки. В стандарте приводится подробный состав сорной и зерновой примеси и, наконец, даются указания на стандарты, которыми следует руководствоваться при отборе образцов и применении методов для их анализа. Стандарт на пшеницу сильную распространяется на зерно I и IV типов (1, 2 и 3 подтипов), а также 1 подтипа III типа, причем только на те сорта и партии зерна, которые отнесены по утвержденному списку к сильным. В стандарте приведены требования, которым должна отвечать (в зависимости от района) сильная пшеница по объемной массе (не менее 730 – 755 г), влажности (не более 17 – 19 %), сорной примеси (не более 5 % с детализацией по составу, в том числе вредной примеси не более 1,0 %), зерновой примеси (не более 15,0 %). Особое значение для сильной пшеницы имеют такие показатели: проросшие зерна (в составе зерновой примеси) – не более 1,0 %; стекловидность должна быть в процентах не менее 60,0 %; содержание сырой клейковины в зерне не менее 28 % с качеством не ниже первой группы; зараженность вредителями хлебных запасов не допускается (кроме клеща). Стандарт на пшеницу продовольственную распределяемую распространяется на зерно, отпускаемое государственной заготовительной системой для переработки и использования на продовольственные нужды. Стандарт предусматривает деление пшеницы по тем же признакам на типы и подтипы. Заготовленная пшеница за время ее хранения в государственных зернохранилищах подвергается обработке, к зерну распределяемому предъявляются более высокие требования, чем к заготавливаемому. По стандартам на заготавливаемое и распределяемое зерно пшеница с отклонениями по стекловидности получает номер типа и подтипа, к которым она относится по цвету, с добавлением

слова «нетипичная» и указанием фактической стекловидности. Пшеница с измененным естественным цветом номера подтипа не получает и обозначается словом «потемневшая» (или «обесцвеченная» в зависимости от характера изменения окраски). По стандарту на распределяемое зерно пшеница каждого типа и подтипа в зависимости от качества делится на пять классов по совокупности показателей объемной массы, сорной, вредной и зерновой примеси, влажности и прохода через сито с размером отверстий 1,70x20 мм (I класс – лучший).

В зависимости от наличия в пшенице вредителей – клещей и долгоносиков (наиболее часто встречающихся), по стандарту установлены три степени зараженности. Третья степень характеризует наибольшую зараженность. Стандарты на пшеницу в настоящее время уточняются и совершенствуются с учетом изменений, происходящих в производстве зерна, новых требований промышленности, перерабатывающей зерно, и достижений науки и практики по изучению биохимических, физико-химических и технологических особенностей зерна, также разработке более совершенных методов оценки качества.

Рожь

Относится к числу важнейших хлебных культур. Ржаной хлеб отличается специфическим ароматом и вкусом. Особенно хорош хлеб из отсеянной (пеклеванной) муки. По вкусовым качествам, перевариваемости и усвояемости ржаной хлеб уступает только пшеничному. При физической работе усвояемость ржаного хлеба повышается. Ржаной хлеб по составу и свойствам гармонично дополняет в пищевом и вкусовом отношении хлебные изделия из пшеницы. Место ржаного хлеба в рационе большинства населения нашей страны закреплено вековыми традициями. Кроме выпечки хлеба, рожь используют как концентрированный корм для домашнего скота, также для выработки спирта, крахмала и солода.

Рожь (*Secale L.*) – злаковое перекрестноопыляющееся однолетнее растение. Известно 14 видов ржи, из них культивируется только один – *S.cereale L.* (культурная, или посевная). Остальные виды относятся к диким и сорно-полевым растениям. Культурная рожь делится на разновидности. Они различаются формой колоса, его плотностью, наличием остей, окраской колоса, формой зерна и другими признаками. В посевах преобладает одна разновидность – рожь обыкновенная (*S. cereale vulgare L.*), имеющая белый остистый колос. Рожь обладает многими положительными свойствами. Она

нетребовательна к климату, лучше переносит сильные морозы. Озимая рожь отличается большой кустистостью (одно зерно дает 3 – 8 стеблей) и быстрым ростом, она подавляет развитие сорных растений (даже осот и овсюга). Ее ценят как сороочищающую культуру и хороший предшественник для пропашных и яровых культур. Рожь бывает озимая и яровая. Высевают почти исключительно озимую рожь. Ее посевы имеются в большинстве республик и областей. Наибольшие посевные площади сосредоточены в нечерноземной полосе и черноземной лесостепной зоне, в Поволжье и Сибири, очень мало – на Кавказе и в Крыму.

Химический состав зерна ржи имеет свои особенности. Содержание белка (12,0 %) несколько меньше и с более узкими границами колебаний (10 – 17 %).

Белковые вещества обладают повышенной растворимостью в воде (около 30 %). В меньшей степени, чем белки пшеницы, они растворяются в спиртовых растворах. В условиях обычного тестоведения белки ржи не образуют клейковину. Крахмал ржи легче клейстеризуется по сравнению с пшеничным и содержится его меньше, чем в пшенице (56 – 63 %). Среди хлебных культур рожь наиболее богата сахарами (4 %). Рожь содержит 1,5 – 2,5 % слизей (гумми) – сложных полисахаридов, образующих с водой вязкие растворы, что придает зерну ржи повышенную эластичность, усложняющую дробление (размол). В состав зерна ржи входит значительное количество водорастворимых веществ – от 12 до 17 %, а у пшеницы 5 – 7 %. Минеральных веществ, клетчатки, жира в зерне ржи примерно столько же, сколько в зерне пшеницы. Морфологические особенности, масса и химический состав зерна ржи изменяются в зависимости от района и условий произрастания, сорта, выполненности и крупности.

1.1. Морфологическое строение зерна

Зерно пшеницы имеет следующее строение: плодовые семенные оболочки занимают до 2,5 % от массы зерна (содержат много клетчатки, минеральные вещества); алейроновый слой – от 8 до 10 % от массы зерна (богат минеральными веществами); эндосперм – до 85 % от массы зерна (состоит из крахмала и белка, сахара 0,1 %), жира и витаминов нет; зародыш 2 – 3 % от массы зерна (содержит зачатки

будущих растений: корешок, стебель, листок, богат жиром, сахаром, витаминами и минеральными веществами; щиток; бороздка.

1.2. Физические свойства зерна

Физические свойства зерна и семян имеют большое значение для их хранения и переработки. Эти свойства лежат в основе методов определения качества, приемов перемещения, очистки и переработки зерна и семян. К физическим свойствам зерна и семян относятся: форма зерна, линейные размеры и крупность, объем, выполненность и щуплость, выравненность, масса 1000 зерен, стекловидность, плотность, пленчатость и лужистость, объемная масса, механические повреждения зерна, трещиноватость, механические свойства, аэродинамические свойства, зараженность вредителями, засоренность.

Форма зерна

Форма зерна и семян весьма разнообразна. Зерно и семена разных культур и их сортов отличаются по форме. В пределах каждой культуры и отдельной партии зерна по форме зерна наблюдаются различия вследствие неодинаковой степени физиологической зрелости и других причин. Существуют следующие формы зерна: шарообразная, чечевицеобразная, эллипсоид вращения; форма с разными размерами в трех направлениях (длина, ширина, толщина). Шарообразная форма зерна характерна примерным совпадением измерений в трех направлениях. Такую форму имеют семена гороха, проса, сорго, некоторых сортов кукурузы. При чечевицеобразной форме (форма двояковыпуклой линзы) длина семени равна ширине при значительно меньшей толщине. Семена чечевицы и некоторых сорных растений из семейства бобовых по форме относятся к этому типу. Форма эллипсоида вращения отличается одинаковой шириной и толщиной, длина же значительно больше. Такую форму имеют семена многих бобовых культур. Для зерна злаковых наиболее характерна форма, при которой все три размера различны. Форма зерна злаковых даже приближенно не совпадает ни с одной правильной геометрической фигурой. Им дают названия форм, характерные для определенной культуры: округло-овальная (пшеница), веретенообразная (рожь), почковидная (некоторые сорта бобов и фасоли) и т. д. Семена растений из семейства гречишных

имеют форму трехгранной пирамиды. Форма зерна и семян имеет существенное значение при очистке от примесей и сортировании. Зерно, более приближающееся по форме к шару, дает больший выход муки, поскольку при такой форме на оболочечные частицы приходится относительно меньшая доля, чем при любой другой форме. Зерно шарообразной формы имеет более высокую объемную массу, так как плотнее укладывается в мерке. Форма зерна твердой пшеницы менее изменчива, чем мягкой.

Линейные размеры и крупность зерна и семян

Под линейными размерами понимается длина, ширина и толщина зерна и семени. Длиной считается расстояние между основанием и верхушкой зерна, шириной – наибольшее расстояние между боковыми сторонами и толщиной – между спинной и брюшной сторонами (спинкой и брюшком). Совокупность линейных размеров называется также крупностью. При изучении линейных размеров и крупности зерна применяются два способа: измерение отдельных зерен навески при помощи специальных приборов (микрометра, толщиномера, часового проектора, измерительного классификатора ВНИИЗ с клиновидной мерной щелью и др.) и ситовой анализ, при котором навеску зерна просеивают через набор сит с отверстиями определенной формы и размеров. О размерах зерна судят в этом случае по величине остатков на каждом сите. При измерении отдельных зерен из навески полученные данные обрабатывают методом математической статистики. Крупное зерно дает больший выход готовой продукции. Размеры зерна учитывают при установлении режима подготовки зерна к помолу и самого помола. При хранении и в результате гидротермической обработки линейные размеры зерна и его объем могут изменяться. По данным ВНИИЗ, ширина зерен мягкой пшеницы обычно больше толщины (в среднем 2,81 и 2,51 мм), поэтому просеивание мягкой пшеницы через сита с продолговатыми отверстиями происходит по толщине зерна, т. е. по его наименьшему линейному размеру. Ширина и толщина зерен твердой пшеницы примерно одинакова (в среднем 2,71 и 2,72 мм), и она просеивается как по толщине, так и по ширине. Длина зерен твердой пшеницы больше, чем мягкой (в среднем 6,65 и 6,23 мм), что обуславливает меньшую эффективность удаления овсюга из твердой пшеницы при одинаковых размерах ячей триера. Отношение длины к ширине и длины к толщине в среднем для зерна твердой пшеницы одинаковое (2,42 : 1 и 2,46 : 1), а для зерен мягкой пшеницы различно

(2,11 : 1 и 2,5 : 1). Отношение ширины к толщине для зерна твердой пшеницы равно 1,01 : 1 и мягкой – 1,15 : 1. Зерно твердой пшеницы отличается более выгодным соотношением линейных размеров, что улучшает условия его переработки. Из трех размеров (длина, ширина и толщина) толщина в наибольшей степени характеризует мукомольные свойства зерна. Установлена высокая коррелятивная связь между толщиной зерна мягкой пшеницы и содержанием в ней эндосперма. Зерно после оплодотворения семечки сначала разрастается в длину, а затем в поперечном направлении, в первую очередь – в стороны щечек. Разрастание в толщину происходит позже, и, следовательно, степень выполненности зерна сказывается, прежде всего, на толщине.

Объем зерна и семян

Объем зерна и семени имеет значение для величины и расчета скважистости зерновой массы, величины объемной массы (большому объему зерен отвечает большая объемная масса), определения режима очистки и переработки зерна, величины выхода готовой продукции (большой объем – большой выход). Средний объем одного зерна определяется погружением навески зерна в мерную стеклянную колбу, в которой налит определенный объем жидкости, не вызывающей набухания зерна (ксилол, толуол и др.).

Выполненность и щуплость зерна

Выполненностью зерна называется степень его налива и созревания. Для выполненного зерна характерна законченность процесса накопления сухого вещества. Выполненное зерно, как правило, наиболее крупное, с гладкой блестящей поверхностью, полновесное. Выполненным может быть также не крупное, а мелкое нормально-развитое зерно. Такое зерно, хотя и уступает несколько по качеству зерну крупному, но способно дать доброкачественные продукты переработки, правда, в значительно меньшем количестве вследствие менее благоприятного соотношения составных частей (например, суховейное зерно). Щуплым называется зерно мелкое, часто морщинистое, с ограниченным запасом питательных веществ, иногда состоящее почти из одной оболочечной ткани. Между выполненными и щуплыми зернами находится ряд промежуточных форм зерна различных размеров с неодинаковой степенью выполненности. Морщинистость щуплой зерновки является результатом несоответствия в развитии и созревании внешних

оболочек и эндосперма. В то время как эндосперм засыхает в ранней стадии своего развития, плодовая оболочка продолжает некоторое время развиваться дальше. Микроструктурные изменения щуплого зерна очень разнообразны, как разнообразны причины, вызывающие щуплость. Особенно большое значение имеет количество мелкого ограненного крахмала, который либо накапливается в очень большом количестве, либо почти полностью исчезает. Наблюдаются значительные расхождения в микроструктуре щуплой зерновки мягкой и твердой пшеницы. Твердая пшеница имеет меньший предел налива, зерновка скорее приобретает признаки щуплости. Для нее характерно состояние скрытой (криптогенной) щуплости. При скрытой щуплости зерновка твердой пшеницы имеет внешний вид нормально выполненного зерна и нормальную структуру покровной ткани. Вместе с тем налицо некоторая незаконченность дифференцировки и созревания эндосперма: в нем недостаточное количество хондросомного крахмала. Для зерновки твердой пшеницы достаточно небольших изменений в микроструктуре, чтобы она приобрела качества, свойственные щуплому зерну. По-другому ведет себя зерновка мягкой пшеницы. Даже при очень больших колебаниях в количестве хондросомного крахмала она сохраняет признаки нормально выполненного зерна. Разница заключается в том, что при уменьшенном отложении хондросомного крахмала в зерновке усиливается степень стекловидности, а обильное его накопление сопровождается образованием мучнистой структуры. Разная степень выполненности и щуплость зерна могут появиться в результате воздействия многих причин, вызывающих сокращение притока влаги или питательных веществ, ограничение и прекращение процессов накопления сухого вещества и созревания. Независимо от причин в отклонении от сроков и темпов накопления сухого вещества в появлении мелких или щуплых зерен решающее значение имеет нарушение нормального обмена веществ. Причинами щуплости могут быть: действие засухи, суховея и мороза, подгар, грибные болезни (пыльная головня, фузариоз, нигроспориоз, ржавчина и др.), бактериозы (базальный бактериоз и др.), вирусные болезни (закукливание, хлороз и др.), цветковые паразиты (повилика, заразики и др.), полевые вредители (клопы-черепашки, пшеничный трипе, хлебные пилильщики, злаковые мухи и др.) и другие неблагоприятные условия развития и созревания. Степень щуплости зависит от стадии налива зерна, в которую стали проявляться неблагоприятные условия созревания. Если к этому времени зерно

закончило свой рост в длину, то щуплость сказывается главным образом в сокращении его поперечного сечения. Прекращение или резкое ухудшение притока питательных веществ к созревающему зерну в молочной стадии приводит к тому, что зерно уменьшается в размерах не только в поперечном сечении, но и в длину, становясь более тонким и коротким. В щуплом зерне на зародыш приходится относительно большая доля, чем в выполненном. Измельчать щуплые зерна трудно, мука получается темная, с синеватым оттенком. В связи с тем, что крупное зерно отличается высокими физическими, биохимическими и технологическими свойствами, а мелкое значительно уступает ему по этим показателям, целесообразно для повышения количества и качества муки проводить отдельный помол крупного и мелкого зерна. По стандартам мелкое зерно определяется количеством прохода через сито с отверстиями определенных размеров: для пшеницы – 1,7x20 мм, ржи – 1,4x20 мм, ячменя – 2,2x20 мм и т. д. Коэффициент щуплости всегда больше единицы и с увеличением степени щуплости растет. Нормально выполненное зерно пшеницы имеет коэффициент 1,11, щуплое – от 1,20 до 1,96. Коэффициент щуплости вследствие сложности его определения целесообразно применять только в исследовательской работе.

Выравненность

Выравненностью называется степень однородности отдельных зерен, составляющих зерновую массу, по влажности, размерам, химическому составу, цвету и по другим показателям. Наибольшее значение имеют выравнивание по влажности вследствие особой роли влаги при хранении и переработке и по крупности. В практической работе обычно имеют дело с выравниванием по размерам. Выравнивание нельзя путать с крупностью. Это разные понятия. Зерно может быть выравненным и одновременно мелким, крупным и вместе с тем невыравненным. При переработке однородного зерна по размерам (выравненного) снижаются потери и повышается качество вырабатываемых продуктов. Выравнивание имеет особенно большое значение при переработке зерна в крупу. Выравненное зерно облегчает регулирование режима его переработки. Выравненные по размерам семена дают дружные всходы, растения развиваются равномерно и, следовательно, зерно созревает одновременно, что облегчает и ускоряет уборку урожая, а также повышает качество зерна нового урожая. В исследовательской работе выравнивание определяют непосредственным измерением линейных размеров

отдельных зерен из навески с последующей математической обработкой. Для практических целей достаточно просеять навеску зерна (обычно 100 г) через набор сит с определенными размерами отверстий. Выравненность выражают двумя способами: массой (процентами) наибольшего остатка на сите или наибольшей суммарной массой остатков на двух смежных ситах (наиболее часто).

Масса 1000 зерен.

Масса 1000 зерен показывает количество вещества, содержащегося: в зерне, его крупность. Естественно, что более крупное зерно имеет и более высокую массу 1000 зерен. В крупном зерне количество оболочек и масса зародыша по отношению к ядру наименьшее. И хотя в мелком зерне более тонкие оболочки и меньший зародыш, соотношение между ними и массой зерна в целом всегда в пользу крупного зерна. Однако, если масса зерна снижается пропорционально уменьшению его размеров, относительная масса оболочек и зародыша снижается медленнее. Разница между массой зерен и частиц примесей используется при очистке зерна методом метания на зернопультах разной конструкции. Наиболее часто применяются ленточные зернопульты. Раньше этот принцип использовался при перекидывании зерна лопатами на ветру. Масса 1000 зерен является также хорошим показателем качества семенного материала. Крупные семена дают более мощные и более продуктивные растения. Для определения массы 1000 зерен навеску после удаления сорной и зерновой примесей смешивают и распределяют ровным слоем в виде квадрата, который делят по диагонали на четыре треугольника и из каждых двух противоположных треугольников отсчитывают пробы по 500 целых зерен (по 250 зерен с каждого треугольника). Массу обеих проб складывают и получают массу 1000 зерен. Разница между массами двух проб не должна превышать 5% их среднего значения. Для ускорения отсчета зерен предложены приборы, механизмирующие эту несложную, но трудоемкую операцию. Наиболее перспективны три прибора: счетчик-раскладчик, представляющий собой электрический пылесос, гибкий шланг от которого заканчивается снимающейся насадкой (с углублениями и отверстиями). Насадка отбирает (присасывает) 100 зерен; прибор для механизированного отбора и подсчета 100 зерен, работающий по тому же принципу с той лишь разницей, что вместо электровентилятора пневматический эффект достигается при помощи водоструйного, масляного или какого-либо

другого насоса; электронный аппарат, автоматически отбирающий и отсчитывающий зерна. Масса отдельных зерен одной и той же культуры колеблется в больших пределах в зависимости от: сорта, года урожая, района происхождения, степени выполненности и т. д.

Стекловидность зерна

Зерно имеет разную структуру, т. е. определенную взаимосвязь, взаиморасположение тканей, придающее определенное строение ее тканям. Структура может быть стекловидной и мучнистой. Мучнистое зерно на поперечном разрезе имеет белый цвет и вид мела; стекловидная часть в нем занимает не более 1/4 плоскости поперечного разреза зерна. Поперечный разрез стекловидного зерна сходен с поверхностью сколка стекла и создает впечатление прозрачной поверхности монолитного плотного вещества; на мучнистую часть в нем может приходиться не свыше 1/4 плоскости поперечного разреза зерна. Частично стекловидные зерна занимают промежуточное положение между стекловидными и мучнистыми. В частично стекловидном зерне стекловидная структура может быть сплошной, или занимающей часть поверхности поперечного среза, или в виде мелких пятен, в беспорядке разбросанных по поверхности среза. В этом случае срез становится пестрым. Стекловидность наблюдается в зерне пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы и риса. Структура эндосперма, его стекловидность, или мучнистость, зависят от количества, состава, свойств, размеров, формы и расположения крахмальных зерен; количества, свойств и распределения белковых веществ; характера и прочности связи между белковыми веществами и крахмалом. Природа стекловидности может иметь несколько типов, в зависимости от особенностей каждого из этих трех факторов и их сочетания.

Особенности образования стекловидности изменяются по сортам и видам пшеницы. В мучнистом эндосперме зерна хондросомного крахмала, покрытые слоем прикрепленного белка, имеют ограниченную форму, они плотно сомкнуты, но слабо связаны между собой; узкие промежутки заполнены промежуточным белком. Мучнистый эндосперм имеет рыхлую структуру, содержит мельчайшие воздушные пустоты. При дроблении зерна эндосперм раскалывается на границе между крахмальными зернами и промежуточным белком. В эндосперме стекловидной структуры зерна хондросомного крахмала округлые, большие промежутки между ними заполнены более мелкими зернами крахмала и белковым

веществом. Образуется монолитная система крахмала – белок с примерно одинаковой прочностью составляющих ее частей. При дроблении граница разрушения проходит через белок и крахмальные зерна. При промежуточном строении эндосперма структура зерна в разрезе, оставаясь в основном стекловидной, отличается мутноватостью, или опалесценцией. Количество хондросомного крахмала влияет на хлебопекарные свойства зерна. Слишком большое и слишком малое количество такого крахмала влечет за собой снижение хлебопекарных свойств. Для высокого хлебопекарного качества зерна одновременно важно, чтобы крахмала округлой формы было больше, чем крахмала ограненной формы.

Имеются особенности в распределении белковых веществ в стекловидном и мучнистом зернах пшеницы. В зерне с мучнистой структуре белок сосредоточен больше всего в наружных слоях эндосперма и меньше в центральной его части. В стекловидном зерне белковые вещества распределены более равномерно по всему эндосперму. В центральных слоях эндосперма зерна твердой пшеницы белка содержится несколько больше, чем в зерне мягкой пшеницы. С повышением стекловидности возрастает количество содержащихся в зерне белков, идущих на формирование клейковины. Структура зерна зависит от характера обмена при наливе и созревании. К числу основных факторов, определяющих стекловидность, относятся: погодно-климатические условия, состав удобрений, сортовые особенности. Высокая температура, недостаток влаги, сжатый период налива и созревания зерна увеличивают стекловидность. Избыток фосфора уменьшает, а избыток азота, наоборот, увеличивает стекловидность. Хотя стекловидность зерна является сортовым признаком хлебного растения, но она может изменяться в зависимости от почвенно - климатических условий. Интересен вопрос о соотношении в зерне пшеницы между содержанием белков и стекловидностью. Одни исследователи утверждают, что между ними существует высокая корреляционная зависимость, позволяющая заменить длительное и недостаточно точное определение количества и качества клейковины для оценки хлебопекарного достоинства зерна при государственных закупках зерна пшеницы простым и быстрым определением стекловидности. Имеется в виду по стекловидности судить о содержании белка и клейковины и по этим показателям - о хлебопекарной ценности зерна пшеницы. Другие исследователи приводят данные, не подтверждающие такой тесной связи между стекловидностью и

содержанием белка. Стекловидность наблюдается в зерне пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, риса. Она является важным технологическим показателем зерна. Стекловидное зерно оказывает большое сопротивление раздавливанию и скалыванию, в связи, с чем при размоле требуется больше энергии, чем для мучнистого зерна. Из стекловидного зерна получается более высокий выход муки, чем из мучнистого. Из мучнистого зерна мука получается, как правило, мягкая, мажущаяся (при растирании между пальцами). Мука из стекловидного зерна более крупитчатая, что очень ценится в хлебопечении. От стекловидности зерна в значительной степени зависят: режим и схема помола, извлечение крупок и их качество, легкость просеивания через сито, степень увлажнения и время отволаживания после замачивания при кондиционировании. Стекловидное зерно лучше вымалывается, чем мучнистое, т. е. из его отрубянистых частиц легче и полнее отделяются остатки эндосперма. Из стекловидного зерна получают тонкие и тощие отруби. В пределах одного и того же сорта пшеницы стекловидные зерна имеют большую массу 1000 зерен, чем мучнистые, а полу стекловидные занимают промежуточное место.

Стекловидные зерна длиннее мучнистых. Таким образом, сортируя по длине, можно выделить стекловидные зерна. Это имеет большое практическое значение: можно увеличить количество зерна, идущего на производство муки для макарон, подготовить более ценные партии зерна для экспорта, повысить качество посевного материала. Общая стекловидность выражается в процентах и равняется числу процентов полностью стекловидных зерен плюс половина числа процентов частично стекловидных зерен. Она может быть определена при помощи диафаноскопа или разрезанием 100 зерен. Показатель общей стекловидности не дает полного представления о том, какая фракция по стекловидности зерна преобладает в партии: стекловидная, частично стекловидная или мучнистая. Наряду со стекловидностью, характеризующей одно из природных свойств здорового зерна – его структуру, существует ложная стекловидность. При неумелом хранении и последующей неправильной сушке пшеницы и ржи рыхлый эндосперм получается стекловидным, или, как еще говорят, "закаленным", "остеклевшим". Остеклевшая часть наиболее часто располагается по периферии, под алейроновым слоем; она более темная, чем у зерна нормальной стекловидности. Зерно с ложной стекловидностью при переработке растирается, как мыльный порошок. При замачивании остеклевший

слой зерна переходит в мажущуюся или жидкую вязкую массу. Зерна с ложной стекловидностью при помоле с замочкой и отволаживанием замазывают вальцы и образуют прочные плоские лепешки. Остеклевшая часть зерна с трудом размалывается и, будучи темного цвета, придает муке общий темный цвет. Вместе с тем увлажненные оболочки, просушенные при высокой температуре, легко крошатся, загрязняя муку.

Ложная стекловидность появляется в результате начинающегося прорастания сильно увлажненного зерна. Начальные этапы прорастания, сопровождаясь интенсификацией ферментативных процессов, вызывают разрушение стенок в периферийном слое эндосперма, прилегающем к алейроновому слою. Разрушенные клетки эндосперма образуют сначала мягкую мажущуюся, а в дальнейшем жидкую, вязкую массу, напоминающую по консистенции зерно в стадии молочной спелости. Эта жидкая масса состоит из растворенных углеводов (декстринов и сахаров), в которую погружены разрозненные крахмальные зерна; при высокой температуре она становится стекловидной. Во избежание появления ложной стекловидности влажное зерно с повышенной температурой нельзя держать до сушки в неохлажденном состоянии. В зерне пшеницы ежегодно встречаются желтобокие зерна. Количество их может достигать 50 – 60 %, и больше. Желтобокими называют частично стекловидные зерна пшеницы с резко очерченными мучнистыми участками с боков. Качество желтобоких зерен значительно хуже, чем частично стекловидных. Они близки по качеству к мучнистым. Между желтобокостью и стекловидностью в основном обратная зависимость: с увеличением желтобокости уменьшается стекловидность, и наоборот. С увеличением количества желтобоких зерен снижается масса 1000 зерен. Необходимо различать зерна пшеницы с желтыми пятнами, возникшими в результате повреждения клопами вредной черепашки и желтобокие зерна, образовавшиеся в связи с условиями выращивания. Зерна, пораженные клопами, легко отличить по желтым морщинистым или вдавленным пятнам, часто с черной точкой в месте укула клопа. Желтые пятна в зоне зародыша зерновки считаются результатом поражения клопами, даже если на них нет вдавленности или черной точки. Желтобокость, образовавшаяся в результате условий выращивания, охватывает всю зерновку или часть ее, проявляясь в виде отдельных желтых пятен. Зерна, пораженные клопами вредной черепашки, в местах желтых пятен имеют рыхлое мучнистое строение

(крошатся при надавливании), тогда как у желтобоких зерновок, образовавшихся в результате условий выращивания, мучнистая часть зерна не крошится.

Плотность зерна

За единицу плотности по системе МКС, входящей в состав СИ, принята плотность однородного вещества, в одном кубическом метре которого содержится масса, равная 1 кг. Она обозначается в $\text{кг}/\text{м}^3$. Единицу плотности применяют для характеристики однородного вещества. Зерно же, даже в пределах отдельно взятого семени, представляет собой материал по физическим и химическим свойствам резко разнородный. На величину плотности влияют также давление и температура. Все это при определении плотности зерна очень трудно учесть и измерить. Поэтому, говоря о плотности зерна, мы обычно имеем дело с некоторыми усредненными данными, которые для практических целей являются достаточными. В некоторых случаях по плотности можно судить о качестве зерна. Плотность также указывает на степень зрелости и выполненности зерна. Зрелое и выполненное зерно имеет более высокую плотность, чем менее зрелое. Разницу в плотности зерна и примесей используют при сортировании зерна и его очистке. Вследствие разницы в плотности различных компонентов, составляющих зерновую массу, в том числе и зерен основной культуры, происходит самосортирование зерна при перемещениях и встряхиваниях. При уборке в фазе полной спелости плотность зерна достигает максимальной величины в наиболее короткие сроки. Срок этот увеличивается при уборке в фазе восковой спелости. Зерну, убранному в фазе молочной спелости, для достижения максимальной плотности требуется особенно длительный срок. С повышением температуры достижение максимума плотности ускоряется.

Пленчатость и лужистость

Пленчатостью называется процентное содержание в зерне цветковых пленок (ячмень, просо, рис, овес), плодовых оболочек (гречиха) или семенных оболочек (клещевина). При характеристике семян масличных культур (подсолнечник, сафлор) пленчатость заменяется термином лужистость. Содержание пленок характеризует ценность зерна для переработки. Чем выше пленчатость, тем относительно меньше в нем питательных веществ. Наличие пленок усложняет и удорожает переработку пленчатых культур. От

плотности и массы пленок зависит выход крупы. Зерно с механическими повреждениями При уборке урожая часть зерна получает механические повреждения. Эти повреждения подразделяются на две группы: дробление зерна и микроповреждения. При дроблении зерна раскалываются вдоль или поперек, появляются плющенные зерна. К зернам с микроповреждениями относят зерна, у которых полностью выбит зародыш, повреждены оболочки над зародышем и около зародыша поврежден эндосперм.

Трещиноватость зерна

Особое место среди различных видов механических повреждений занимает трещиноватость. Она появляется в результате неблагоприятных условий уборки, механических воздействий при обмолоте, неправильной сушки, неблагоприятных условий хранения. Трещины могут быть крупными, выходящими наружу, видимыми невооруженным глазом, и мелкими, внутренними, не различимыми при осмотре. Трещиноватость усложняет переработку зерна, увеличивает производственные потери и снижает выходы наиболее ценных видов готовой продукции. Механические свойства зерна При переработке в муку и крупу зерно подвергается различным видам механического воздействия. Интенсивность этих воздействий, их технологический эффект, количество и качество вырабатываемых продуктов находятся в тесной связи с механическими свойствами зерна. Под механическими свойствами зерна понимается способность его сопротивляться разрушению с одновременным изменением формы, т.е. упруго и пластически деформироваться под действием внешних механических сил. Механические свойства зерна находят выражение в сопротивлении деформированию, разрушению и пластичности. Характерной особенностью зерна является анизотропия, т.е. неодинаковость его свойств по различным направлениям. Особенно ярко эта особенность проявляется при оценке механических свойств зерна. О механических свойствах зерна можно судить только на основании массовых наблюдений с последующей обработкой материалов методами математической статистики. При переработке зерна в муку основным процессом является его измельчение, на что затрачивается от 50 до 70 % всей энергии, расходуемой на мельнице. Не вдаваясь в рассмотрение сложных взаимосвязей различных механических свойств зерна (твердость, упругость, пластичность и т. д.), наиболее важным

свойством зерна, которое следует учитывать при его измельчении, является прочность, т. е. сопротивление механическому разрушению.

Прочность зерна измеряют в средней пробе массой 3 кг. Среднюю пробу размалывают на лабораторном вальцовом станке при определенных условиях. Прочность выражают работой, затрачиваемой на образование единицы новой поверхности зерна при измельчении, определенной методом ситового анализа. Прочность зерна зависит от его структуры, влажности, температуры, сортового и видового состава, почвенно-климатических условий произрастания и других еще недостаточно выясненных факторов. Влажность оказывает очень сильное влияние на прочность зерна и связанные с ней показатели удельного расхода энергии, процента извлечения и производительности мельницы. Сухое зерно имеет свойства хрупкого, а влажное – пластического тела. Повышение влажности резко ухудшает технологический эффект. Повышение температуры увеличивает прочность зерна. При понижении температуры зерно становится более хрупким и с большей легкостью разрушается. Влияние влажности и температуры на механические свойства зерна, видимо, связано с коллоидно-химическими изменениями его полимеров с коллоидными свойствами (белков, углеводов). Твердость (твердозерность), под которой понимается сопротивление, оказываемое телом проникновению в него другого тела, т. е. местная прочность на вдавливание с соответствующим данному виду деформации характером напряженного состояния, для различных участков эндосперма изменяется в широких пределах (от 39 до 167 н/мм²). В центральных участках эндосперма микротвердость в целом выше, чем в периферийных. Микротвердость эндосперма стекловидной пшеницы в два раза выше, чем мучнистой. Механические свойства оболочек и эндосперма твердой пшеницы сильно различаются. Микротвердость эндосперма зерна твердой пшеницы в два с лишним раза выше, чем микротвердость оболочек. У зерна мягкой пшеницы эти различия, особенно при мучнистой структуре, небольшие. При высокой влажности (20%) величина микротвердости оболочек выравнивается и становится примерно одинаковой независимо от структуры, сорта и района произрастания.

Аэродинамические свойства зерна

Аэродинамические свойства зерна – это особенности его поведения в воздушном потоке. Движущееся зерно в воздухе встречает сопротивление (давление), которое зависит от ряда

факторов. Давление воздушного потока на находящееся в нем тело зависит от массы тела, его размеров, формы, состояния поверхности, относительной скорости движения и расположения зерна, а также состояния воздушной среды. Скорость витания связана с коэффициентом парусности: она обратно пропорциональна корню квадратному из коэффициента парусности. Аэродинамические свойства зерна и его примесей используют при очистке и сортировании зерновой массы. Воздушным потоком из зерновой массы выделяют мертвый органический сор (кусочки соломы, мякину, полосу). Вторичный пропуск через воздушный поток позволяет выделить многие семена сорных растений. Скорость витания зерна и его примесей устанавливают экспериментально в пневматических классификаторах разной конструкции.

Зараженность зерна вредителями

При неблагоприятных условиях хранения, в неподготовленных и необеззараженных хранилищах в зерновой насыпи развиваются вредители, клещи и насекомые. Вредители наносят значительный ущерб зерну: поедают его, загрязняют своими трупами, личиночными шкурками и экскрементами, способствуют повышению влажности и развитию микроорганизмов. Между количеством вредителей в пшенице до ее переработки и количеством вредителей в муке существует тесная связь. Из зараженного зерна получается зараженная мука, при этом уменьшается ее выход и увеличиваются отходы. Зольность отдельных фракций муки возрастает. Мука приобретает темный цвет. Темные и с повышенной зольностью фракции муки отходят в более низкие сорта, выход муки высших сортов уменьшается. На сохранности зерна сказывается не только видимая зараженность, но и скрытая.

Показатели качества зерна

Массовая доля влаги – не более 15 %; зольность – не более 2 %; натура (для каждого класса отдельная); абсолютная масса (масса 1000 зерен); стекловидность (прибор – диафаноскоп); засоренность зерна (примеси сорные и зерновые); зараженность амбарными вредителями (не допускается); внешний вид, вкус, запах, цвет.

Пороки зерна

Зерно обычно содержит сорную (остатки смолы, семена сорных растений, комочки грунта) и зерновую (дефектные зерна

основной культуры) примеси Сорная примесь сжимает товарную ценность зерна, создает очаги повышенной влажности, что повышает риск самосогревания и порции зерна.

Определение примесей

В крупносеменных культурах (кукуруза и горох) крупную сорную примесь выделяют из средней пробы в ручную без просеивания. Крупными считают примеси, по своим размерам превышающие зерно основной культуры. Выделенную крупную сорную примесь взвешивают по фракциям и выражают в процессах по отношению к массе средней пробы. Используют соответствующее сито, проводят определение содержания явно выращенной сорной и зерновой примеси в зерне и крупе. Остаток с каждого сита (сход) разбивают вручную на анализной доске, при помощи шпателя или пинцета выделяются отдельные реакции примесей. Если в пробках и навесках зерна обнаружена вредная примесь – спорынье, куколь, то ее определяют в дополнительной навески и содержание каждого вида вредной примеси вычисляют в процентах к массе взятой навески.

При повышении влажности зерна возрастает риск самосогревания, которое является результатом дыхания зерна – аэробного окисления глюкозы и анаэробного спиртового и молочного брожения с выделением теплоты. По увеличению кислотности зерна можно судить о степени свежести зерна и муки. В результате самосогревания или прокисания зерна увеличивается содержание уксусной кислоты и молочной кислоты. В зерно и продукты могут попасть вредные вещества: остаточное количество пестицидов, применяемые при выращивании зерновых культур; остаточное количество ядохимикатов, используемые в хранилищах зерна; ядовитые вещества, образующиеся в зерне в результате развития микроорганизмов. Перезимовавшие в поле или морозобойное зерно может поражаться грибами рода *Fusarium*, рост которых приводит к накоплению токсичных веществ. Определение токсичных свойств зерна приводят с помощью тонкослойной хроматографии и люминесцентного анализа.

Сыпучесть

Проявляется в самосортировании зерна (в результате толчков при движении нарушается однородность массы, и легкие фракции оказываются на поверхности зерна, а тяжелые – внизу). Благодаря сыпучести зерновую массу легко перемещать пневмотранспортом и

механически. С увеличением влажности и засоренности легкими примесями сыпучесть снижается. Скважистость – наличие в зерновой массе меж зерновых скважин, заполненным воздухом.

2 ГЛАВА ПОНЯТИЕ ПОМОЛА ЗЕРНА. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА

Помол зерна состоит из двух этапов: подготовки зерна к помолу и помола зерна. Подготовка зерна к помолу заключается в составлении помольных партий зерна, очистке его от примесей, оболочек, зародыша и кондиционировании.

Партии зерна поступают на предприятия мукомольной промышленности из разных районов произрастания, поэтому качество и технологические свойства их различны. Для выпуска продукции, удовлетворяющей требованиям стандарта, составляют помольные партии с целью улучшения качества зерна одной партии за счет другой. Смешивать можно полноценное зерно, удовлетворяющее требованиям по зольности, стекловидности и иным показателям, или зерно полноценное и неполноценное (проросшее, морозобойное, пораженное клопом-черепашкой и т. п.).

Морозобойное зерно повреждается морозом при его созревании. Степень повреждения зависит от фазы его зрелости: чем менее зрелое зерно, тем более глубокие изменения оно претерпевает. Поврежденные зерна становятся морщинистыми, приобретают серо-зеленый цвет, в них не происходит в полной мере синтез белков и крахмала, они содержат большое количество сахаров и декстринов, отличаются повышенной активностью амилазы. Хлебопекарные свойства такого зерна резко снижены, хлеб получается с заминающимся мякишем, темный, с солодовым привкусом и плохой пористостью.

Получить хлеб хорошего качества из муки проросшего зерна без дополнительных мероприятий не удастся. Мука из такого зерна отличается повышенной активностью всех ферментов, в том числе α -амилазы. Хлеб имеет липкий мякиш и темноокрашенную корку. Зерно может повреждаться клопом-черепашкой. На поверхности зерна появляется темная точка укуса, окруженная пятном сморщившейся беловатой оболочки, внутри которой под влиянием мощных протеолитических ферментов, выделяемых слюнными железами клопа-черепашки и попадающих в зерно при укусе,

происходят изменения. В результате укуса начинается глубокий протеолиз, снижается содержание белка, ослабляется клейковина и уменьшается ее количество. Тесто становится жидким, хлеб получается низкого качества, с небольшим объемом, плотный.

Для очистки зерна от примесей, отличающихся размерами и аэродинамическими свойствами, применяют сепараторы. Зерновую массу очищают, последовательно просеивая на ситах и продувая его восходящим потоком воздуха. Скорость воздушного потока меньше скорости витания основной культуры, в результате чего легкие примеси уносятся воздушной струей, а основное зерно остается. Примеси, не схожие с зерном по форме (семена куколя, овсюга и др.), отделяют на триерах, рабочими органами которых являются вращающиеся барабаны или диски с ячейками на их поверхности. Триеры, служащие для отделения зерна от коротких примесей, называются куколеотблочными машинами, в которых мелкие примеси попадают в ячейки и выбрасываются на лотки, а сходом идет очищенное зерно. Зерно от длинных примесей очищается на триерах, называемых овсюгоотблочными машинами. В них размер ячеек соответствует размерам зерна, поэтому основная культура попадает в ячейки, а примеси идут сходом.

В дальнейшем зерно подвергается очистке от металломагнитных примесей. Магнитный контроль ведется неоднократно, при выходе зерна из сепаратора, перед его обработкой в обочных, щеточных машинах и т. д.

В зерновой массе, прошедшей через сепараторы и триеры, содержится большое количество пыли, кроме того, зерно содержит не полностью удаленные оболочки и зародыш. Для дальнейшей очистки зерна применяют обочные и щеточные машины. Внутренняя поверхность барабана в обочной машине наждачная, в щеточной - металлическая. Внутри барабана на валу укреплены плоские бичи или щетки. Очистка зерна происходит за счет многократных ударов и интенсивного трения его о бичи и рабочую поверхность барабана. При выходе из машины легкие примеси ловятся воздушным потоком. В обочной машине из зерна удаляются пыль, бородка и частично зародыш, в щеточных – происходит отделение оставшихся на поверхности оболочек и зародыша. Из щеточной машины выходит зерно с гладкой полированной поверхностью.

При сортовом помоле загрязненное зерно моют и подвергают гидротермической обработке, которая включает в себя увлажнение и отволаживание зерна. Сухие оболочки зерна при помоле сильно

измельчаются и, попадая в муку, увеличивают ее зольность. При увлажнении зерна оболочки становятся эластичными, их связь с эндоспермом ослабляется, в то время как сам эндосперм остается сухим и хрупким. При помоле оболочки отделяются от зерна в виде крупных пластинок, что облегчает их последующее выделение при просеивании.

Существуют различные способы кондиционирования в зависимости от качества исходного зерна. При холодном кондиционировании зерно увлажняют водой температурой 18 – 20 °С и подогретой до 35 °С и оставляют на отволаживание в течение 12 – 14ч. При этом усиливается действие ферментов, идут протеолиз белка и ослабление клейковины. Холодное кондиционирование применяют для обработки зерна, содержащего клейковину с малой растяжимостью. Если зерно содержит слабую клейковину, то для ее укрепления необходимо уменьшить активность ферментов, в этом случае используют горячее кондиционирование. Увлажненное зерно выдерживают в кондиционерах при температуре 55 – 60 °С с последующим охлаждением, а затем направляют в бункера для отволаживания, которое длится меньше, чем при холодном кондиционировании. Возможно скоростное кондиционирование, при котором для увлажнения зерна используют водяной пар.

Непосредственно перед помолом поверхность зерна дополнительно увлажняют, чтобы увеличить влажность оболочек и полнее их отделить от эндосперма. Схема подготовки зерна к помолу может быть сокращенной или развернутой в зависимости от типа зерновой культуры, ее качества, типа помола и т. д. Для сортового помола пшеницы применяют развернутую схему, которая включает в себя следующие стадии: первое сепарирование, очистку на овсюгоотбоечных машинах, первую очистку на обоечных машинах, второе сепарирование, мойку и первое кондиционирование (любым способом в зависимости от свойств зерна), вторую очистку на обоечных машинах, третье сепарирование, второе кондиционирование (холодное), третью очистку на щеточных машинах, увлажнение.

Помол зерна состоит из двух операций: собственно помола зерна и просеивания продуктов помола.

2.1. Классификация помолов

Помолы могут быть разовыми и повторительными.

Разовый помол – наиболее простой, зерно за один прием полностью измельчают в муку вместе с оболочками. Мука отличается низким качеством, имеет темный цвет, неоднородна по размеру частиц. Для улучшения качества муки разового помола из нее путем просеивания отбирают некоторое количество крупных оболочек (отрубей). Разовые помолы имеют ограниченное применение. Осуществляют их на молотковых дробилках.

Повторительные помолы более совершенны, зерно измельчают в муку путем многократного прохождения его через измельчающие машины, после каждого измельчения продукт сортируют в просеивающих машинах. Основным видом измельчающего оборудования для этих помолов являются вальцовые станки.

Повторительные помолы могут быть простыми и сложными. Простой повторительный помол состоит из одного драного процесса либо драного и сокращенного размольного процессов. Зерно последовательно измельчают на нескольких (3 – 4) вальцовых станках, после каждого станка смесь просеивают и отбирают муку в виде прохода с нижнего сита. Более крупные сходы с сит направляют на следующую пару вальцов. Такую операцию повторяют до тех пор, пока все частицы не превратятся в муку.

Муку со всех рассевов объединяют, подвергают контрольному просеиванию и получают муку одного сорта. Можно организовать работу таким образом, чтобы с последнего отсева сходили отруби. При обойном помоле выход ржаной муки составляет 95 %, количество отрубей 2 %, а выход пшеничной муки равен 96 % при выходе отрубей 1 %. Отобрав 9 % отрубей, можно получить ржаную обдирную муку с выходом 87 %.

Сложные повторительные помолы могут быть без обогащения крупок (для получения, например, ржаной сеяной муки с выходом 63 %) и с обогащением крупок (для получения сортовой муки). При сложном помоле с обогащением крупок очистку и кондиционирование зерна ведут по развернутой схеме. Затем зерно дробят на сравнительно крупные части на нескольких драных системах, например на шести. После просеивания верхний сход с первой системы идет на вальцовый станок второй системы, верхний сход со второй системы направляют на вальцовый станок третьей системы и т. д. С последней драной системы верхним сходом являются отрубями. Крупки и дунсты, отбираемые со средних сит отсева,

направляют на обогащение. Проходы со всех сит соединяют и получают муку I или II сорта.

При сложных помолах в драном процессе стремятся с первых трех или четырех систем получить как можно больше крупок и меньше муки. Крупки и дунсты, получаемые на этих системах, характеризуются малой зольностью и называются продуктами первого качества в отличие от крупок и дунстов второго качества, отбираемых на последующих драных системах и имеющих более высокую зольность.

Обогащение смеси крупок и дунстов ведут по крупноте и качеству на ситовечных машинах, основным рабочим органом которых является сортировочное сито, разделенное на секции. Каждая секция имеет сито с определенными размерами ячеек. Через сито снизу вверх подается воздух. Сквозь первые самые мелкие сита проходят наиболее качественные крупки, богатые эндоспермом, которые затем идут на первые размольные системы и дают муку высших сортов. Крупки, содержащие большое количество оболочек, как более легкие, отделяются на последующих ситах. Затем их подвергают шлифовке, т. е. повторному дроблению, просеиванию и обработке на ситовечных машинах для отделения остатков оболочек и зародыша. Только после такой обработки они направляются на последующие размольные системы, образуя муку более низких сортов. Количество размольных систем примерно в два раза больше числа драных. С последних драной и размольной систем отбирают отруби, которые подвергают вымолу, выделяя при этом некоторое количество муки более низких сортов.

Сложный помол с обогащением крупок позволяет выпускать муку различных сортов. Если муку со всех драных и размольных систем пропустить через единый контрольный рассев, то получим односортную муку, помол в этом случае называется односортным. Например, можно получить пшеничную муку I сорта 72 %-го выхода. Можно получить муку двух сортов, в этом случае помол будет называться двухсортным. В этом помоле фракции муки, отбираемые с первых размольных систем, будут составлять муку I сорта, ее отбирают в количестве 40 %, остальные 38 % будут представлять муку II сорта. Общий выход муки составит 78 %. Можно такое же количество муки (78 %) при сложном помоле разделить на три сорта, тогда подобный помол будет называться трехсортным. Например, в высший сорт можно направить 25 % муки, в I сорт – 40 и во II сорт – 13 %.

Химический состав муки зависит от состава исходного зерна и сорта муки. При помоле зерна, особенно при сортовом, стремятся максимально удалить оболочки и зародыш, поэтому в муке содержится меньше клетчатки, минеральных веществ, жира и белка и больше крахмала, чем в зерне. Более высокие сорта муки получают из центральной части эндосперма, поэтому в их состав входит больше крахмала и меньше белков, Сахаров, жира, минеральных солей, витаминов, которые в основном сосредоточены в его периферийных частях. Наибольшее количество белка содержится в муке 1 сорта, далее следует мука высшего, II сортов и обойная.

Средний химический состав пшеничной муки, (%):

крахмал – 66 – 79;
клетчатка – 0,1 – 1,9;
сахара – 1,5 – 3;
белки – 10,3 – 12,5;
жир – 0,9 – 1,9;
зола – 0,5 – 1,5.

3 ГЛАВА БЕЛКОВЫЕ ВЕЩЕСТВА МУКИ

Как известно, около 25 – 30 % всей потребности организма человека в белках покрывается за счет продуктов переработки зерна. Вместе с тем, именно белковые фракции определяют технологические свойства муки, ее способность давать высококачественный хлеб и макаронные изделия. Все ферменты являются белками. Поэтому вполне понятно, что биохимические исследования белковых веществ зерна и муки во многом определяют развитие хлебопекарного производства.

3.1. Состав и строение белковых веществ

В элементарный состав белковых веществ всегда входит азот и почти всегда сера, некоторые из них содержат также фосфор. Элементарный состав белковых веществ колеблется незначительно. Ниже (табл. 1) для примера приводится элементарный состав пшеничного зерна.

Отдельные белки различаются между собой по аминокислотному составу, то есть по количеству образующихся из них при гидролизе аминокислот.

Таблица 1

Элементарный состав пшеничного зерна

Название элемента	Содержание, %
Углерод	51,0 - 53,0
Азот	16,8 - 18,4
Водород	6,9
Кислород	21,7 - 23,0
Сера	0,7 - 1,3

Соединение отдельных аминокислот в молекуле белка осуществляется при помощи пептидной связи так, что аминная группа одной аминокислоты соединяется с карбоксильной группой другой. Например, в случае образования пептидной связи между двумя молекулами аланина произойдет реакция (рис.1):

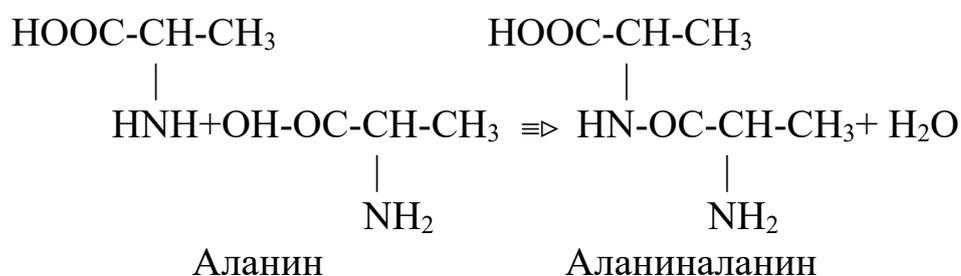


Рис.1. Образование пептидной связи между двумя молекулами аланина

Соединение, являющееся результатом взаимодействия двух молекул аминокислот (в данном случае аланина), носит название дипептида, а связь (*HN-CO*) – пептидной связи. В случае соединения пептидными связями трех остатков аминокислот получается трипептид, четырех – тетрапептид, пяти – пентапептид и т.д. Общее название таких соединений – полипептиды.

Природные аминокислоты, соединяясь друг с другом пептидной связью, могут образовывать огромное число полимеров.

Многие полипептиды встречаются в свободном виде в растениях, микроорганизмах и имеют большое значение в качестве промежуточных продуктов обмена веществ и физиологически весьма активных соединений. Примером может служить трипептид глутатион, состоящий из остатков гликокола, цистеина и глутаминовой кислоты (рис.2).

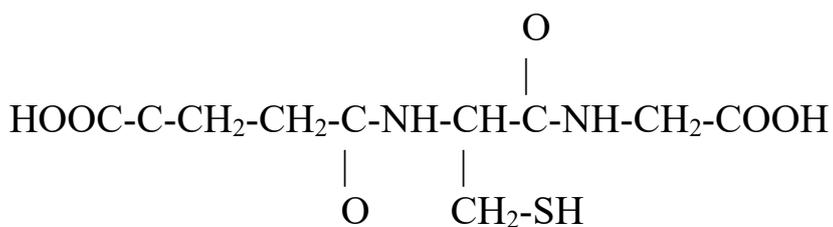


Рис.2. Глютатион

Содержание глютатиона особенно высоко в зародыше пшеничного зерна и дрожжах. Важная роль глютатиона в обмене веществ заключается в том, что он является сильным восстановителем и очень легко подвергается окислению, подобно цистеину. При этом, также как и в цистеине окисляется сульфгидрильная группа (*SH*) (отнимается водород) и две молекулы восстановленного (*SH*) – глютатиона соединяются дисульфидной связью (*-s-s-*) окисленного (*-s-s-*) (рис. 3):

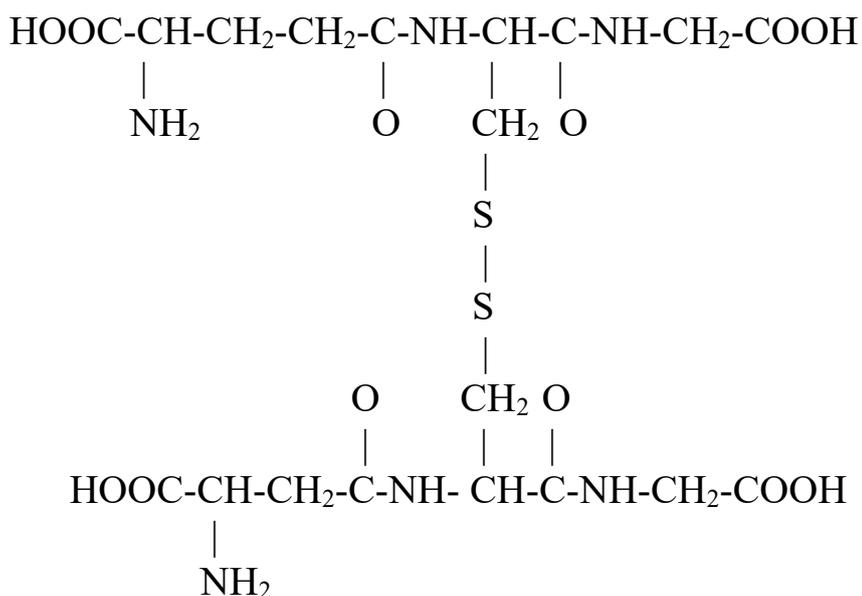


Рис.3. Молекула окисленного глютатиона

Глютатион оказывает большое влияние на активность многих ферментов, особенно тех, действие которых связано с превращением белков.

3.2. Основные свойства белков

Для оценки свойств белковых веществ муки используются следующие основные характеристики.

Аминокислотный состав белка. Знание аминокислотного состава необходимо для оценки питательности белков, содержащихся в муке.

Молекулярная масса белка. От ее величины в значительной степени зависят растворимость белка и его реологические свойства. Изменение молекулярной массы белков сопровождается изменением их реологических свойств, что может существенно влиять на поведение сырья или полуфабриката в технологическом процессе.

Изоэлектрическая точка белка. Это реакция среды, при которой устанавливается равенство положительных и отрицательных зарядов в молекуле белка. Дело в том, что белки и аминокислоты, содержащие аминные и карбоксильные группы, являются амфотерными электролитами, т.е. могут диссоциировать и как кислоты и как основания.

В изоэлектрической точке белок обладает наименьшей растворимостью. При этом наблюдается наименьшая вязкость белковых растворов и наиболее легкое осаждение белка из раствора. Необходимо, однако, подчеркнуть, что если довести раствор белка до изоэлектрической точки, то сам по себе белок все же не выпадет из раствора в виде осадка. Это объясняется гидрофильностью белковой глобулы. Если отнять у белковых глобул связанные с ними молекулы воды и уменьшить, таким образом, их гидратацию, то они начнут слипаться, образуя более крупные частицы белка и, в конце концов, будут оседать из раствора. Этого можно добиться добавлением органических растворителей или растворов солей (спирт, ацетон, $NaCl$).

3.3. Классификация белковых веществ

Согласно общепринятой в настоящее время классификации Осборна, белковые вещества делятся на четыре группы по способности растворяться в различных растворителях.

Альбумины – белки, растворимые в чистой воде и водных растворах солей. К этой группе белков относится лейкозин зародыша пшеничного зерна.

Глобулины – белки, растворимые только в солевых растворах, нерастворимые в чистой воде. Для их извлечения обычно применяют растворы сернокислого натрия или хлористого натрия (соответственно 5 и 10 % концентрации).

Проламины – белки, нерастворимые в воде и солевых растворах. Специфическим растворителем для этих белков является этиловый или метиловый спирт в концентрации от 50 до 70 %. Слабые кислоты и щелочи также растворяют эти белки. При гидролизе этой группы белков образуются значительные количества аминного азота и аминокислот.

К этой группе белков относятся глиадин пшеницы и ржи, гордеин ячменя, зеин кукурузы, каферин сорго и авенин овса.

Глютелины – белки, растворимые только в слабых растворах кислот и щелочей. К ним относятся глютенин пшеницы и оризенин риса.

Две последние группы белков являются характерными для зерна всех представителей семейства злаковых и вызывают особый интерес в связи с тем, что именно проламины и глютелины некоторых видов злаков формируют клейковину (своеобразный комплекс, который играет первостепенную роль в хлебопекарном и макаронном производстве).

Для того чтобы разделить муку на фракции можно использовать методику биохимической лаборатории Всесоюзного института растениеводства. Сначала извлекают сумму альбуминов и глобулинов раствором $NaCl$ с последующим разделением их диализом, затем остаток извлекают 0,2 % раствором $NaOH$. Спирторастворимые белки экстрагируют отдельно после удаления из навески более – и водорастворимых белков, или непосредственно 70 % раствором этанола без предварительного извлечения глобулинов и альбуминов.

3.4. Белки клейковины

Белки глиадин и глютенин составляют основную часть клейковины, отмываемой из пшеничного теста. Характерной особенностью этих белков является их слабая растворимость в воде, обусловленная наличием гидрофобных групп на поверхности молекул белка.

Глиадин. Для этого белка наиболее характерной особенностью является способность растворяться в водных растворах спиртов при концентрации 60 – 70 %. Именно на этом основании Осборн выделил глиадин пшеницы и других культур в особую группу спирторастворимых белков – проламинов, наличие которых является признаком, отличающим зерно злаковых культур от семян растений других семейств.

Методы извлечения глиадина и его чистых препаратов можно разделить на 2 группы.

Извлечение непосредственно из муки или зерна.

Извлечение из клейковины сырой или высушенной сублимационной сушкой.

Если подходить к оценке этих методов с точки зрения получения наиболее чистых препаратов, то следует предпочесть непосредственное выделение глиадина из муки при замесе муки с водой и последующем отмывании клейковины, когда происходит взаимодействие белков с углеводами и липидами с образованием глико- и липопротеинов.

Следует отметить, что очень чистый глиадин можно получить из препаратов промежуточного белка – цвикельпротеина, извлеченных из пшеничной муки фракционированием тонкоизмельченного продукта.

Глютенин. Выделение из пшеничной муки глютанина методом Осборна, т.е. растворением в щелочи, в значительной степени денатурирует его. Поэтому, сейчас глютенин извлекают при растворении белков в смеси слабой органической кислоты с 70 % раствором спирта.

При последующей нейтрализации щелочью глютенин выпадает в осадок, а в растворе остается глиадин. Повторным растворением в кислоте и переосаждением можно получить чистые препараты глутамина, содержащие 17 % азота.

Глютенин имеет высокую молекулярную массу (от 100000 до нескольких миллионов), поэтому при электрофорезе этот белок не диффундирует в гель, а остается на старте. Однако, если восстановить глютенин меркаптэтанолом в присутствии гуанидингидрохлорида и додецил-сульфата натрия, то при электрофорезе полученных продуктов можно обнаружить около 20 фракций.

Существует предположение, что глютенин и глиадин представляют собой один и тот же белок, а имеющиеся между ними различия в электрофоретической подвижности и растворимости,

обусловлены более высокой степенью полимеризации глютеина. Иначе говоря, предполагается, что молекула глютеина состоит, по крайней мере, частично из глиадиноподобных единиц, соединенных между собой дисульфидными связями.

3.5. Методы исследования клейковины пшеничной муки

Глиадин и глютеин являются основными белками клейковины зерна пшеницы. Исследования этих белков способствуют значительному продвижению, исследований свойств клейковины. Однако, еще многие существенные вопросы структуры и свойств клейковины остаются невыясненными.

Исследования свойств клейковины начинаются с процесса ее отмывания. При этом следует помнить, что основными моментами методики отмывания клейковины, влияющими на ее состав являются следующие.

Применение для замеса и промывания дистиллированной воды обуславливает частичное растворение глиадина и поэтому не может быть рекомендовано.

Использование солевого забуференного раствора или просто буфера с $pH = 6,7$ понижает растворимость глиадина и повышает растворимость глобулинов муки.

Увеличение продолжительности отмывания также способствует растворению глиадина.

Вопрос о возможности получения клейковины свободной от небелковых веществ изучали с давних времен.

Очень эффективным является способ, основанный на получении препаратов промежуточного белка (цвакельпротеина) при фракционировании тонкоизмельченной муки по плотности. Эти препараты, содержащие примерно 80 % белка, могут быть подвергнуты дополнительному фракционированию, и количество белка в них может увеличиться до 85 – 90 %. Отмывание клейковины из обогащенных препаратов дает продукт, содержащий 95 % белка и больше.

Для фракционирования применяют неполярные жидкости (смесь бензола и хлороформа плотностью 1,38 г/мл), затем смесь тех же жидкостей, но меньшей плотности.

3.6. Влияние химических и физических факторов на свойства клейковины

Для понимания тонкой структуры клейковины и для подбора улучшителей хлебопекарных свойств пшеничной муки необходимо систематически исследовать влияние различных химических соединений на свойства клейковинного комплекса.

В связи с этим, целесообразно изучить и влияние некоторых физических воздействий. Основной методологической предпосылкой при этом должно быть исследование отмытой из теста клейковины, поскольку тесто является более сложной системой, и определить влияние того или иного фактора на белки клейковины при исследовании теста труднее.

Первая группа – факторы, повышающие эластичность, понижающие растяжимость. «К ним относятся: персульфаты, перекись кальция, перекись натрия, перекись ацетона, перекиси ненасыщенных жирных кислот, непредельные жирные кислоты, альдегиды, полиальдегидный крахмал, анионактивные эмульгаторы, интенсивное механическое воздействие и нагрев.

Вторая группа – факторы, понижающие эластичность, повышающие растяжимость. К ним относятся: бисульфиты, цистеин, мочевины, глутатион, эмульгаторы, протеолитические ферменты зерна и плесневых грибов.

Третья группа – факторы, не оказывающие воздействия на свойства клейковины. К ним относятся: броматы, йодаты, метил – и карбоксиметилцеллюлоза и др.

Таким образом, варьируя применение упомянутых ректоров, можно добиться изменения свойств клейковины а, следовательно и теста в нужную сторону.

3.7. Глиадин и глютенин в процессе формирования клейковины

Для понимания возможных взаимоотношений глиадина и глютеина в процессе формирования клейковины большое значение имеет, так называемая, синтетическая клейковина. Дело в том что, если глютеин выделить так, чтобы избежать его денатурации и затем смешать его с глиадином в соотношении 1 : 1 и добавить воду, то образуется настоящая клейковина, обладающая типичными реологическими свойствами последней. При добавлении этих

препаратов в муку они также принимают участие в формировании клейковины, выход которой соответственно повышается.

Метод синтетической клейковины заслуживает пристального внимания исследователей, так как при помощи него можно выяснить ряд существенных моментов, например, вопрос о влиянии количественного содержания глиаина и глютенина на свойства клейковины.

В настоящее время применяют для улучшения хлебопекарных свойств «слабой муки» препараты клейковины, полученные обработкой пшеничной муки слабой уксусной кислотой с последующей сушкой полученного раствора. Эти препараты содержат около 60 % белка, а при добавлении в муку образуют затем тесто вместе с клейковинными белками последней.

3.8. Клейковина ржи

Известно, что непосредственное отмывание клейковины из ржаной муки практически не возможно.

Настоящую ржаную клейковину удалось получить осаждением из слабых растворов органических кислот. По своим свойствам она была очень близка к пшеничной.

В последствие было установлено, что для успешного извлечения клейковины белков кислыми растворами, необходимо предварительно удалить из муки водорастворимую фракцию, тогда в раствор переходит максимальное количество глиаина и глютенина, выпадающих в виде типичной клейковины при нейтрализации до рН 5,9 – 6,4. Выход клейковины может быть повышен, если в нейтрализованный раствор добавить раствор $NaCl$ 2 н. концентрации.

Основным препятствием для формирования клейковины при отмывании из замешанного ржаного теста является фракция пентозанов.

Установлено, что клейковинные белки могут взаимодействовать со слизями, образуя растворимые в воде комплексы. Слизистые вещества ржи, содержащие пентозаны, оказывают также влияние на реологические свойства клейковины, увеличивая ее растяжимость.

Структурные особенности клейковины ржи изучены еще недостаточно, исследования в этом направлении продолжаются.

4 ГЛАВА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ МУКИ И ИХ ИНГИБИТОРЫ

4.1. Протеиназы злаковых культур

Протеиназы зерна и муки обладают резко выраженным дезагрегирующим действием на белки, сильно изменяющим физические свойства клейковины и теста, и значительно более слабой способностью гидролитического разложения белков до продуктов их глубокого распада – аминокислот.

Протеиназы, содержащиеся в млечном соке и в семенах растений, а также дрожжах, составляют особую группу ферментов, типичным представителем которой является папаин. Его получают в виде сухого порошка из млечного сока плодов дынного дерева (*Carica papaya*). Молекула папаина состоит из 212 аминокислотных остатков. Первичная структура молекулы папаина полностью выяснена. Она содержит три дисульфидных мостика и одну сульфгидрильную группу. Наиболее характерной особенностью папаина, также как и ряда других протеолитических ферментов растительного происхождения является то, что они активируются синильной кислотой и сульфгидрильными соединениями, содержащими группу $-SH$ (рис. 4). Среди этих соединений необходимо, прежде всего, отметить цистеин и восстановленный глутатион. Исходя из факта активирования папаина восстановителями полагают, что в папаине имеется равновесная система, состоящая из окисленного и восстановленного фермента (рис.4):

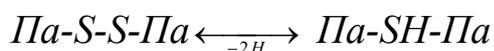


Рис.4. Равновесная система папаина

Гидролитически активной формой папаина служит именно восстановленная форма. В соответствии с этим окисление папаина и подобных ему ферментов приводит к снижению или полному исчезновению гидролитической активности.

Большое влияние на действие фермента оказывает молекулярная структура субстрата – его атакуемость ферментами, которая определяется несколькими факторами.

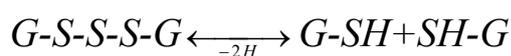
Скорость расщепления белка протеолитических ферментов зависит от наличия в белке определенных химических группировок, например сульфгидрильных, аминных и оксигрупп. Если эти группы в белковой молекуле каким-либо образом ликвидировать, то изменяется атакуемость белка ферментом. Например, если восстановить дисульфидные связи белка, то скорость его расщепления протеиназами возрастает; если заблокировать оксигруппы путем бензоилирования или ацетилирования, то в результате атакуемость белка снижается. Очевидно, этим и объясняется способность папаина и протеиназы муки активироваться под действием определенных восстановителей и инактивироваться под действием ряда окислителей.

4.2 Активаторы и ингибиторы протеолиза

Пшеничная мука содержит практически значимые количества протеиназы, находящейся в малоактивном состоянии. В связи с этим существенное значение имеет наличие в муке веществ, способных активировать протеолиз.

В зерне, муке, а также в дрожжах содержатся соединения, в состав которых входит сульфгидрильная группа $-SH$. Наибольшее значение из таких соединений имеет глутатион - трипептид, в состав которого входит цистеин, имеющий $-SH$ группу.

Глутатион способен к окислительно-восстановительному превращению по схеме:



Восстановленная форма глутатиона ($G-SH$) способна активировать протеиназы муки. Окисленная форма ($G-S-S-G$) этой способностью не обладает.

Глутатион содержится в значительном количестве в зародыше зерна. При прорастании зерна количество глутатиона в нем резко увеличивается. Этим, вероятно, и объясняется то, что активность протеиназы зерна при его прорастании резко возрастает. По этой же причине протеолитическая активность эндосперма зерна почти в 10 раз меньше по сравнению с зародышем зерна.

Папаин и подобные ему протеиназы способны снижать активность или полностью инактивироваться при действии ряда окислителей (KJO_3 , $KBrO_3$, H_2O_2 и др.)

В растениях злаков, семенах бобовых содержатся белки, ингибирующие такие протеиназы, как трипсин и химотрипсин, которые могут попадать в зерно от различных вредителей, насекомых, грибов и плесеней. Ингибиторы протеиназ, возможно, играют важную роль в качестве защиты растений от различных вредителей.

5 ГЛАВА

БЕЛКОВО–ПРОТЕИНАЗНЫЙ КОМПЛЕКС МУКИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ХЛЕБА

Изменения белково-протеиназного комплекса муки начинаются уже с момента ее хранения и являются составной частью сложного комплекса биохимических и физико-химических процессов, объединенных термином созревание муки.

Изменение белково-протеиназного комплекса пшеничной муки в процессе созревания

Экспериментальные данные, полученные различными исследователями, позволяют считать, что белково-протеиназный комплекс муки в процессе созревания изменяется в результате окислительного воздействия.

При длительном хранении пшеничной муки с обычной влажностью (14,5 %) в ней существенно снижается количество ($-SH-$) групп, как общее, так и доступных окислению (лабильные $-SH-$ группы). Это происходит в результате окисления их во всех компонентах белково-протеиназного комплекса.

Окисление $-SH-$ групп в белковом веществе муки с образованием поперечных $-S-S-$ связей приводит к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его податливости протеолизу. Происходит окисление $-SH-$ групп и в активаторе протеолиз – глутатионе муки. Так в пшеничной муке 60 %-го выхода количество восстановленного глутатиона всего за 14 дней хранения после помола снижалось с 0,9 до 0,06 мг на 100 г.

Наконец, по аналогии с папаином может происходить окисление сульфгидрильных групп и в молекуле протеиназы, переводящее этот фермент или часть его в неактивное состояние.

Особая и важная роль в процессе окисления отводится свободным ненасыщенным жирным кислотам.

Дело в том, что ненасыщенные жирные кислоты в присутствии фермента липоксигеназы легко окисляются, образуя соединения типа

пероксидов. Эти соединения обладают большой окислительной активностью и способны окислять не только пигменты, влияющие на цветовой оттенок муки, но и на соответствующие химические группы других составных частей муки.

5.1. Изменения белково-протеиназного комплекса пшеничной муки в процессе брожения теста

Ведущая роль в образовании пшеничного теста с присущими ему свойствами упругости, пластичности и вязкости принадлежит белковым веществам муки.

Нерастворимые в воде белковые вещества муки, образующие клейковину в тесте, связывают воду не только адсорбционно, но в осмотически. Осмотическое связывание воды, в основном и вызывает набухание этих белков, приводящее их в состояние подобное тому, в котором они находятся в отмытой из теста клейковине.

Набухшие белковые вещества при замесе теста в результате механического воздействия как бы «вытягиваются» из содержащих их частичек муки в виде пленок или жгутиков, которые в свою очередь соединяются (вследствие слипания и образования ковалентных и других связей – мостиков) с пленками и жгутами набухшего белка смежных частиц муки. Таким образом, образуется трехмерная губчато-сетчатая непрерывная структурная основа или «губчатый каркас», который в основном обуславливает специфические структурно-механические свойства пшеничного теста.

На структуру белка в этом каркасе оказывает окислительное воздействие кислород пузырьков воздуха, механически захваченного при замесе теста.

По мере брожения теста состояние белкового каркаса существенно меняется. Белковые вещества теста способны поглотить и связать воды в 2,5 раза больше своей массы, что приводит к набуханию и резкому увеличению объема белков в тесте.

Белки теста претерпевают при брожении теста не только изменения коллоидного состояния (набухание, пептизация), но и подвергаются протеолизу. При этом протеолиз в бродящем тесте, замешанном с дрожжами, происходит интенсивнее, чем в тесте без дрожжей. Это можно объяснить тем, что внесение в тесто дрожжей сдвигает его окислительно-восстановительный потенциал в направлении усиления его восстановительных свойств. Кроме того,

протеолиз в тесте может быть активирован частично и вследствие перехода в него известного количества глютатиона дрожжей.

Протеолиз в пшеничном тесте важен из-за своего дезагрегирующего действия на белки. При этом неверно считать, что любая степень протеолиза в тесте из муки любой силы вредна. Например, в тесте из сильной муки известная степень протеолиза даже необходима для достижения им структурно-механических свойств, оптимальных для получения хлеба лучшего качества.

Окраска корки хлеба обуславливается меланоидинами, образующимися в результате взаимодействия восстанавливающих сахаров с продуктами протеолитического распада белков. Очевидно, что и с этой точки зрения известная степень протеолиза в тесте необходима.

5.2. Белково-протеиновый комплекс ржаной муки

Белковые вещества ржи содержат в два раза больше глобулинов и альбуминов, чем белковые вещества пшеницы. Аминокислотный состав белков ржи не отличается от аминокислотного состава белков пшеницы, но соотношение аминокислот у белков этих злаков различно. В зерне ржи больше незаменимых аминокислот, лизина на 40 %, а метионина и треонина – на 15–20 %.

В ржаной муке содержится 2–3 % весьма сильно набухающих высокомолекулярных пентозанов – слизи. Белковые вещества ржаной муки в тесте способны в значительной степени пептизироваться, переходя в вязкий коллоидный раствор.

Структура ржаного теста характерна отсутствием в нем губчатого клейковинного каркаса. Значительная часть белков ржаной муки в тесте неограниченно набухает, пептизируется и переходит в состояние вязкого коллоидного раствора, составляющего основу жидкой фазы ржаного теста. Соотношение пептизированных и ограниченно набухающих белковых веществ значительно влияет на структурно-механические свойства ржаного теста.

Кислотность ржаного теста в диапазоне значений рН 4,4 – 4,2, обусловленная в первую очередь, содержанием молочной кислоты, способствует пептизации белков и одновременно набуханию и улучшению структурно-механических свойств ограниченно набухших белков. Большое значение приобретает повышенная кислотность ржаного теста при приготовлении его из ржаной муки с низким

содержанием белковых веществ. При недостаточной кислотности в таком тесте не будет обеспечен переход в жидкую фазу значительного количества пептизированного белка.

Однако и слишком большая пептизация белковых веществ в ржаном тесте нежелательна, т.к. это может привести к чрезмерному разжижению теста и снижению его способности удерживать форму при расстойке и выпечке подовых видов хлеба.

6 ГЛАВА УГЛЕВОДЫ МУКИ

Углеводы представляют собой основные энергетические ресурсы, сконцентрированные в клетках эндосперма зерновки для питания развивающегося зародыша. Большое биологическое значение имеют углеводы клеточных стенок оболочек, предохраняющие внутренние части зерновки от проникновения вредных веществ из внешней среды. По количеству легко усвояемых углеводов мука и крупа стоят на первом месте среди других продуктов питания человека. Очень велико значение углеводов в технологическом процессе выпечки хлеба. Самую значительную роль при замесе теста и выпечке хлеба играет крахмал.

6.1. Строение и основные свойства крахмала

Крахмал не является химически индивидуальным веществом. В растениях он находится в виде крахмальных зерен, легко различаемых под микроскопом по своей характерной форме. Содержание крахмала в зерновке злаков составляет 65–80 % от массы ее эндосперма.

В современной химии углеводов общепринятым является представление о крахмале, как о высокомолекулярном полимере, состоящем из молекул двух полисахаридов: амилозы и амилопектина, характеризующихся различными физико-химическими свойствами. Макромолекула амилозы имеет преимущественно линейную структуру, а макромолекула амилопектина – разветвленную. В крахмале пшеницы содержится приблизительно 24 % амилозы и 76 % амилопектина. В таблице 2 приведены основные свойства полисахаридов крахмала.

Таблица 2

Физико-химические свойства полисахаридов крахмала

№ п/п	Свойства полисахаридов крахмала	Вид полисахарида	
		Амилопектин	Амилоза
1	Окраска комплекса с йодом	Фиолетовая	Голубая
2	Характер цепи молекул	Разветвленная	Линейная
3	Отношение к высшим спиртам	Растворим	Выпадает из растворов в виде комплексов
4	Отношение к кислой окиси алюминия	Адсорбируется	Не адсорбируется
6	Обработка водой при температуре ниже 100°C	Нерастворим	Растворимая
7	Обработка 1н раствором NaOH	Нерастворим	Растворимая
8	Обработка 30%-ным раствором салицилата натрия	Нерастворим	Растворимая
9	Воздействие β-амилазой	Гидролизуется полностью	Гидролизуется полностью

Методы разделения этих полимеров достаточно подробно изучены. Наиболее часто применяют способы, основанные на осаждении амилозы из раствора в виде комплексов с высшими спиртами. Наряду с этим широко используют также методы амперометрического титрования раствора амилозы, содержащего йод. Конечная точка титрования определяется по появлению в растворе свободного йода, что происходит, когда амилоза уже образовала комплекс с максимальным количеством йода. Существует также ускоренный метод колориметрического определения содержания амилозы в крахмале, основанный на измерении интенсивности голубого окрашивания раствора крахмала с йодом при длине волны 625 нм.

Значение крахмала в технологии мукомольного, крупяного и хлебопекарного производства определяется его свойствами как высокополимерного вещества. Особое внимание обращает на себя водопоглощительная способность крахмала.

Скорость поглощения воды и увеличение объема крахмальных зерен в большой степени зависят от температуры. Так, поглощение воды при температуре 20 – 30 °С заканчивается уже в течение 1 часа при соответствующем увеличении объема крахмальных зерен до 50 % от исходного. Дальнейшее увеличение температуры в пределах от 40 до 60 °С обуславливает большой объем поглощения вода и незначительное увеличение размеров крахмальных зерен. При повышении температуры до 70 °С и выше начинается процесс клейстеризации крахмала.

Процесс клейстеризации крахмала при повышении температуры его водной суспензии имеет огромное значение для технологии пищевых производств, так как при этом происходит глубокое изменение свойств субстрата и повышение скорости ферментативных процессов.

Увеличение прозрачности вначале мутной суспензии крахмала является характерным для первых стадий процесса клейстеризации. Одним из наиболее характерных признаков завершения этого процесса является значительное повышение вязкости суспензии, образование крахмального клейстера.

Процесс клейстеризации и вязкость крахмального клейстера зависят от влияния многих факторов: присутствия водорастворимых полисахаридов и белков, концентрации соли и разного рода эмульгирующих добавок. Это необходимо учитывать при исследовании процессов тестоведения.

6.2. Собственные сахара муки

Содержание собственных сахаров, т.е. моно- ди- и трисахаридов в зерне злаков мало по сравнению с содержанием крахмала.

Главную часть сахаров составляют трисахариды – рафиноза и глюкодифруктоза, а также глюкофруктаны, представляющие собой легко гидролизующиеся олигосахариды различной молекулярной массы. Содержание в зерне сахарозы, глюкозы и фруктозы незначительно.

Антроновый метод определения гексоз и пентоз основан на использовании дигидро-оксо-антрацена в присутствии серной кислоты. Гексозы, конденсируясь с антраценом, образуют окрашенное в синий цвет вещество; интенсивность окрашивания можно определить с помощью фотоэлектрокалориметров.

Применение этого метода позволяет определить содержание в растворе, как гексоз, так и пентоз, что в соединении с идентификацией отдельных групп сахаров хроматографическим методом дает возможность провести их полный анализ.

6.3. Гемицеллюлозы и слизи

В биохимии зерна предложено обозначать гемицеллюлозы как нерастворимые в воде некрахмальные полисахариды в отличие от растворимых в воде пентозанов.

Выделяемые щелочной экстракцией гемицеллюлозы пшеничных отрубей представляют собой высокоразветвленные ксиланы, состоящие в основном из α -арабинозы, d -ксилозы и глюкуроновой кислоты.

В эндосперме пшеницы и других злаков находится около 2 % нерастворимых в воде, но набухающих в ней крахмальных полисахаридов, образующих при отмывании крахмала слизистый слой (хвостовые фракции). При полном кислотном гидролизе они образуют преимущественно d -ксилозу и α -арабинозу и в незначительном количестве галактозу.

Растворимая в воде фракция некрахмальных полисахаридов, характерная своей высокой вязкостью и объединявшаяся ранее под общим названием слизистых веществ или гумми, представляет собой в основном пентозаны, в состав которых входят также и остатки гексоз. Разделение на фракции для подробного изучения свойств сахаров проводят хроматографическим методом на колонках с целлюлозой.

6.4. Амилолитические ферменты

Технологический процесс приготовления хлеба, особенно на стадии тестоведения, во многом определяется степенью гидролитического расщепления крахмала амилолитическими ферментами зерна. От концентрации и активности амилаз зависит такое важное хлебопекарное свойство муки, как сахарообразующая способность.

В зерне злаковых культур содержатся два специфических фермента, обуславливающих гидролиз крахмала, а именно: α -1,4-глюкангидролаза или α -амилаза и α -1,4-глюканмальтогидролаза или β -амилаза.

Свойства α – амилазы

α -амилаза гидролизует α -1,4-глюкановые связи крахмала и родственных ему полисахаридов, причем эти связи разрываются беспорядочно. При этом происходит снижение вязкости клейстеризованного крахмала, образование низкополимеризованных декстринов.

α -амилаза растворяется в воде, но эти растворы нестойки и уже через 2 – 3 часа теряют свою активность. Однако ионы кальция обладают способностью стабилизировать фермент. Если же добавить в ферментный раствор α -амилазы этилендиаминтетраацетат, который связывает кальций, то α -амилаза инактивируется полностью. На 80–90 % инактивирует α -амилазу диазосульфоновая кислота, а также соли ртути и серебра.

Кислотный оптимум α -амилазы пшеницы, ржи, ячменя и других злаков лежит в пределах значений рН 4,7–5,0. При более низком значении рН происходит необратимая инактивация фермента. Температурный оптимум действия α –амилазы в среднем на 10 °С выше, чем β -амилазы и лежит в диапазоне 55– 65 °С.

α -амилаза гидролизует крахмал муки или зерна с образованием низкополимеризованных продуктов (декстринов), которые далее подвергаются осахариванию под действием β -амилазы во много раз активнее, чем нативный крахмал. В этом случае образуется значительно большее количество мальтозы, чем при действии одной β -амилазы. При этом гидролизу подвергается практически все количество крахмала, тогда как одна β -амилаза может гидролизовать только 64 % от его массы.

Свойства β –амилазы

β -амилаза гидролизует α -1,4-глюкановые связи в полисахаридах, последовательно отщепляя остатки мальтозы от концов цепей. При действии ее на крахмал образуется мальтоза. β -амилаза слабо разжижает клейстеризованный крахмал; осахаривание его происходит быстро, но прекращается при образовании около 60 % мальтозы и 40 % декстринов.

В нормальном непроросшем зерне пшеницы в свободном активном состоянии содержится только β -амилаза. В проросшем зерне пшеницы, или поврежденном клопом-черепашкой, а также в нормальном зерне ржи наряду с β -амилазой содержится и α -амилаза.

β -амилаза растворима в воде и солевых растворах. Фермент извлекается из муки 10 %-ным раствором поваренной соли. Обработка раствора фермента KJO_3 не влияет на его активность. Ингибируя воздействие на β -амилазу пшеницы оказывают вещества: аскорбиновая кислота, β -хлорбензойная кислота, фенилмеркуроацетат.

При атом ингибированная аскорбиновой кислотой β -амилаза может быть реактивирована цистеином. Полное ингибирование β -амилазы отмечалось только при обработке ее растворов солями ртути.

Существенное значение для технологии переработки зерна имеют температурный и кислотный оптимумы действия β -амилазы. Температурный оптимум действия β -амилазы пшеницы, ржи и ячменя лежит в диапазоне 48 – 51 °С. Кислотный оптимум для β -амилазы пшеницы в определенной степени зависит от температуры. Чем выше температура, тем в менее кислую область, сдвигается кислотный оптимум.

Так, при pH 5,4 оптимальная температура действия β -амилазы пшеничной муки будет 62 64 °С.

К веществам, стимулирующим гидролиз крахмала под действием амилаз, относятся – органические кислоты уксусная, молочная и др., присутствующие, как правило, в бродящем тесте.

На интенсивность ферментативного гидролиза крахмала β -амилазой очень сильное влияние оказывает состояние самого субстрата. Нативные зерна крахмала поддаются гидролизу значительно меньше, чем клейстеризованные. Клейстеризации повидаает интенсивность осахариваания в 30 раз.

6.5. Углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки и его изменения в процессе приготовления теста

Углеводно-амилазный комплекс теста в процессе брожения непрерывно изменяется. Собственные сахара муки довольно быстро сбраживаются дрожжами. В это же время, из крахмала муки под действием ее амилаз непрерывно образуется мальтоза. При этом происходит непрерывное потребление сахаров на процесс брожения и одновременно непрерывное пополнение их количества мальтозой, образующейся в результате амилолиза крахмала. Соотношение интенсивности этих двух процессов может приводить либо к уменьшению, либо к увеличению общего количества сахаров в тесте в процессе его брожения.

Мальтоза, содержащаяся в тесте, начинает сбраживаться только после того, как вся сахароза, глюкоза и фруктоза будут сброжены. Сахароза в бродящем тесте впервые же минуты практически полностью расщепляется под действием фермента сахаразы на глюкозу и фруктозу.

Таким образом, чем активнее происходит сбраживание сахаров под действием зимазного комплекса ферментов дрожжевых клеток, тем больше образуется углекислого газа в тесте. Газообразующая способность – одно из главных хлебопекарных свойств муки. К факторам, обуславливающим газообразующую способность муки, относятся, во-первых, содержания собственных сахаров муки и, во-вторых, сахарообразующая способность муки.

6.6. Сахарообразующая способность муки

Сахарообразующая способность муки обуславливается действием амилолитических ферментов муки на ее крахмал и зависит от количества и активности амилолитических ферментов (α – и β – амилаз) и от размеров, характера и состояния частичек муки и крахмальных зерен в этих частичках, то есть доступностью и податливостью субстрата, на который она действует. Податливость (атакуемость) крахмала муки в объектах хлебопекарного производства (заварках, опаре, тесте, хлебе) зависит в основном от размеров частичек муки, размеров крахмальных зерен и степени их механического повреждения при размоле зерна, то есть от удельной свободной поверхности зерен и частичек зерен крахмала, на которую может действовать β – амилаза.

Чем меньше частички муки, чем мельче зерна крахмала, чем больше эти зерна разрушены или повреждены, тем больше атакуемость этого субстрата β – амилазой.

6.7. Технологическое значение газообразующей способности муки

В тесте из муки с низкой газообразующей способностью сахара будут сброжены в первые часы брожения. Недостаточная газообразующая способность муки не обеспечит в конце брожения теста такого содержания в нем сахаров, которое было бы достаточным для нормального брожения теста в расстойке и в первой

период нахождения теста–хлеба в печи. Хлеб из такого теста будет недостаточного объема и плохо разрыхлен. Чем больше газообразующая способность муки, тем больше объем хлеба при нормальном, примерно одинаковом качестве клейковины муки.

Цвет корки пшеничного хлеба также в значительной степени обусловлен количеством оставшихся в тесте несброженных сахаров. При прогреве поверхностного слоя выпекаемого теста-хлеба, образующего корку, несброженные сахара вступают во взаимодействие с продуктами распада белка и образуют коричневатокоричневые вещества – меланоидины, которые придают корке хлеба специфическую золотисто-буроватую окраску. Установлено, что для получения хлеба с нормально окрашенной коркой необходимо, чтобы количество несброженных к моменту выпечки сахаров в тесте было не менее 2–3 %. При более низком содержании остаточных сахаров в тесте хлеб из него получается с бледноокрашенной коркой даже в случае более длительной выпечки хлеба при более высокой температуре.

Следует помнить, что чем выше выход муки, тем выше в ней содержание собственных сахаров и ферментативная активность, а, следовательно, и газообразующая способность. Мука из нормального непроросшего зерна твердых частиц обычно обладает резко повышенной сахаро- и газообразующей способностью.

6.8. Углеводно-амилазный комплекс ржаной муки

Углеводно-амилазный комплекс ржаной муки имеет некоторые специфические отличия.

Ржаная мука содержит большее количество собственных сахаров, чем мука пшеничная.

Клейстеризация крахмала ржаной муки начинается при температуре 52–55 °С, т.е. при более низкой, чем у крахмала пшеничной муки (60 – 37 °С).

Амилазы в зерне ржи представлены как α – так и β – амилазой, причем β – амилаза присутствует в значимом количестве и достаточно активном состоянии.

Таким образом, сахарообразующая и газообразующая способность ржаной муки всегда более чем достаточна и практически не является фактором, лимитирующим ее хлебопекарные свойства. Кроме того, значительная часть крахмала в процессе брожения теста

и выпечки хлеба будет гидролизована и частично клейстеризована. Поэтому крахмал ржаного теста может оказаться неспособным связать всю влагу, что сделает мякиш хлеба влажным на ощупь. Наличие α – амилазы, особенно при недостаточной кислотности теста, приводит к накоплению значительного количества декстринов, придающих мякишу липкость.

К углеводному комплексу ржаной муки относятся также водорастворимые слизи, содержащиеся в большом количестве (2,8 % по сухому весу). Гидрофильность их очень велика. При гидратации их объем увеличивается на 800 %. Вязкость таких растворов очень значительна. Поэтому слизи уменьшают разжижение ржаного теста при брожении.

7. ГЛАВА ЛИПИДЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Жиры и вещества, обычно называемые липидами, объединяют в одну группу; их общее свойство – гидрофобность и нерастворимость в воде. В настоящее время жиры и жироподобные вещества (липоиды) объединяют общим термином – липиды. Вещества этой группы весьма различны по химической природе, но все растворяются в органических растворителях: эфире, бензине, бензоле, хлороформе. Характерная особенность таких растворителей, также как у липидов – высокое содержание в них гидрофобных радикалов и группировок.

В класс липидов входят соединения, различные по своим физико-химическим свойствам и биологическому значению: собственно липиды (жиры), то есть сложные эфиры глицерина и жирных кислот; фосфолипиды, содержащие фосфорную кислоту и остаток холина; гликолипиды, в молекуле которых моно – и диглицериды соединены с остатками сахаров. Кроме того, известны и комплексные соединения липидов с белками – липопротеиды.

Общее количество и состав липидов, извлекаемых из зерновки злаков, колеблются в незначительных пределах, в зависимости от вида растворителя.

Неполярные жидкости – диэтиловый эфир, ацетон, петролейный эфир, бензин, хлороформ – извлекают только около 50–70 % всех липидов. Эта фракция обозначается как свободные липиды и состоит, главным образом, из три-, ди- и моноглицеридов и

свободных жирных кислот. Оставшиеся после экстракции, так называемые связанные липиды можно извлечь, применяя такие растворители, как этанол, смесь этанола и метанола, насыщенный водой *n*-бутанол. Хорошим растворителем связанных липидов является реактив Фолча, то есть смесь хлороформа с метанолом в соотношении 2:1. Эту смесь часто применяют и для извлечения суммы липидов. Особое значение имеет тот факт, что метанол практически не влияет на свойства клейковины.

Однако перечисленные растворители удаляют липиды не полностью, часть их все же остается в муке и освобождается только после полного кислотного гидролиза всех ее компонентов. По предложенной Всесоюзным научно-исследовательским институтом жиров терминологии эта фракция называется фракцией прочно связанных липидов.

При изучении нескольких ведущих сортов пшеницы в нашей стране были получены следующие данные, характеризующие содержание свободных и связанных липидов. Свободные липиды составляют около 68 % от общего количества липидов, а связанные – около 32 %, в том числе количество прочно связанных приближалось к 7 %.

Классическим методом точной идентификации и количественного определения жирных кислот, входящих в состав липидов, является выделение их путем гидролиза, последующее метилирование и разделение полученных метиловых эфиров методом газожидкостной хроматографии.

7.1. Технологическое значение липидных фракций

Фракция собственно липидов, представленная моно-, ди-, триглицеридами и свободными жирными кислотами, является количественно преобладающей. Ее значение в технологии переработки зерна и муки выяснено наиболее полно.

Под действием фермента липазы триглицериды расщепляются на глицерин и жирные кислоты, что вызывает накопление последних в муке при хранении, повышая ее кислотность. Кроме того, свободные ненасыщенные жирные кислоты легко подвергаются окислительному воздействию. При участии фермента липоксигеназы ненасыщенные жирные кислоты образуют промежуточные перекисные соединения, обладающие высокой окислительной

способностью. Они являются ингибиторами протеолитических ферментов, подобных папаину, и нейтрализующим фактором для активаторов протеолиза, таких как цистеин и глутатион.

Фракция фосфолипидов представлена сложными липидами, в состав молекулы которых входят остатки фосфорной кислоты, жирных кислот, спиртов – глицерина, инозита, и азотистых оснований – холина, этаноламина, серина. Эти вещества принимают активное участие в жизнедеятельности живых клеток. Для технологии переработки зерна представляют интерес в нескольких аспектах. При хранении зерна или муки в неблагоприятных условиях происходит гидролитическое расщепление фосфолипидов под действием фермента фосфолипазы, обуславливающее накопление фосфорной кислоты и ее кислых солей. В результате этого повышается общая кислотность зерна или муки и ухудшаются их вкусовые качества.

Фосфолипиды пшеницы привлекают внимание исследователей еще и потому, что являются поверхностно–активными веществами амфотерного характера и в связи с этим могут иметь определенное значение в распределении липидов цуки и добавленных в тесто жиров в пограничных слоях клейковинного комплекса при гидратации клейковинных белков.

Фракция гликолипидов обладает способностью образовывать комплексные соединения с белками клейковины и тем самым влиять на хлебопекарные свойства пшеничной муки. Дело в том, что многие представители гликолипидов, обнаруживая хорошую растворимость в органических растворителях, способны растворяться также и в воде. В виду такого совмещения полярных и неполярных свойств возможно участие гликолипидов в образовании поверхностного слоя на границе липиды – вода. Неионогенные поверхностно–активные гликолипиды взаимодействуют с белками посредством гидрофобных связей, а вместе с другими сложными липидами они могут образовывать ионные связи между мицеллами липидов и белками. Эти процессы могут оказать существенное влияние на реологические свойства клейковинных белков и тем самым на хлебопекарные свойства пшеничной муки.

Стерины – это вещества, относящиеся к классу стероидов – производных циклопентанопергидрофенантрена. В пшеничном зерне их содержится от 0,03 до 0,07 %. Свыше 2 % стероидов содержится в

дрожжах. Стерины не растворяются в воде, но хорошо растворяются во всех жировых растворителях, поэтому они легко экстрагируются из размолотого зерна или муки вместе с жирами и фосфолипидами.

Особое внимание исследователей привлекает β – ситостерол. Дело в том, что при замещении входящей в его состав гидроксильной группы на остаток пальмитиновой кислоты, образуется ситостеропальмитат.

По данным исследования большого количества сортов мягкой и твердой пшеницы было установлено, что сорта твердой пшеницы содержат намного меньше ситостеропальмитата, чем сорта мягкой пшеницы. Этот факт позволил обосновать метод распознавания примеси муки из мягкой пшеницы к макаронной муке из твердой пшеницы.

8 ГЛАВА МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ВИТАМИНЫ МУКИ. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА

Вся сложная система драных и размольных процессов на современной вальцовой мельнице ставит перед собой задачу как можно лучше отделить от эндосперма зародыши и оболочки зерна и как можно полнее превратить эндосперм в муку.

Оболочки стремятся удалить для того, чтобы улучшить цвет муки и по возможности понизить в ней содержание балластных веществ, не перевариваемых желудочно-кишечным трактом человека – клетчатки и гемицеллюлоз. Зародыш стараются отделить, чтобы понизить в муке содержание жира, который делает муку нестойкой при хранении.

Однако, отделяя от эндосперма оболочки, алейроновый слой и зародыш зерна, мы вместе с тем отделяем от него почти все витамины, а также значительную часть белковых и минеральных веществ, снижая, таким образом, питательную ценность муки и хлеба. При этом не следует забывать, что питательность муки и хлеба зависит не только от их химического состава, но и от усвояемости.

За последние годы в связи с бурным развитием науки о питании человека, и в частности, науки о дополнительных факторах питания, усиленно пропагандируется мысль о необходимости вернуть муке, получаемой из чистого эндосперма, те ценные питательные вещества, которые отделяется от нее в процессе сортового помола. Это в первую очередь относится к муке пшеничной, поскольку ее высшие сорта особенно обедняются ценными веществами в процессе

помола. В таблице 3 приведены данные о содержании некоторых компонентов в пшеничной муке разного выхода.

Таблица 3

Химический состав пшеничной муки разного выхода

Выход муки, %	Зольность, %	Белок, %	Клетчатка, %	Витамины	
				Тиамин(В1), Мкг/г	Токоферол, мг/100 г
75	0,52	11,60	-	1,26	1,46
80	0,69	11,90	0,3-0,4	2,31	2,87
85	0,89	12,06	0,6	2,55	5,77
100 (зерно)	1,64	12,72	2,0	3,90	6,0

В зерне ржи содержатся более высокие количества витаминов (токоферола до 6,6 мг/100 г. тиамин – до 7,8 мкг/г) и незаменимых аминокислот (лизина на 40 % больше, чем в пшенице, треонина и метионина – на 15–20 %). Однако, при снижении выхода ржаной муки, потери витаминов могут достигать 85 % от исходного. Значительными будут и потери незаменимых аминокислот, т. к. большая и наиболее усвояемая их часть содержится в отрубистых частицах зерна.

Естественно, что вопрос о пищевой ценности злаков и хлеба не может не привлекать к себе внимания врачей, биохимиков, физиологов, технологов и руководителей пищевой промышленности. Особенно остро эта проблема встает в те периоды, когда по каким либо причинам значительно сокращается потребление продуктов животного происхождения: яиц, молока, мяса, сыра, животных жиров, и относительно возрастает в рационе доля зерновых продуктов, в первую очередь хлеба.

Выбор практических мероприятий, направленных на повышение пищевой ценности хлеба зависит от многих моментов, главным образом экономических. Тем не менее, можно наметить некоторые пути повышений пищевой ценности хлеба.

1. Повышение выходов муки с целью включения в нее по возможности всех частей алейронового слоя и зародыша, наиболее богатых минеральными веществами, витаминами и белками.

2. Добавление к муке высших сортов отрубей, предварительно прошедших инициальную обработку для повышения усвояемости содержащихся в них веществ.

3. Добавление химических препаратов, витаминов, минеральных веществ и аминокислот к муке высшего сорта, получаемой из чистого эндосперма, наиболее бедного всеми этими веществами.

4. Добавление к муке различных натуральных продуктов (дрожжи, соевая мука, жмыхи, молочные продукты), содержащих значительные количества витаминов, минеральных веществ и белков.

5. Добавление ферментных препаратов микробного происхождения.

6. Селекция новых сортов злаков с высоким содержанием в зерне витаминов, белков и минеральных веществ.

9 ГЛАВА ТЕХНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

АНАЛИЗ ЗЕРНА

Под качеством зерна понимают совокупность биологических, физико-химических, технологических и потребительских (товароведческих) свойств и признаков зерна, определяющих его пригодность к использованию по назначению – на семенные, продовольственные, фуражные и технические цели.

Необходимым условием для точной оценки качества зерна являются правильное взятие проб и подготовка анализу. Для этого из каждой партии зерна анализу подвергается средняя проба, заранее подготовленная. Зерно принимают партиями. Под *партией* понимают любое количество зерна, однородного по качеству, предназначенного для одновременной приемки, сдачи, отгрузки или одновременного хранения. Однородность партии устанавливается органолептически по внешнему осмотру партии зерна.

Отбор средней пробы начинают с точечной пробы, которая представляет собой небольшое количество зерна, выбранное из партии и из одного места за один прием. Количество выемок, место взятия, масса устанавливаются регламентом.

Для отбора проб используют щупы и пробоотборники. Сумма точечных проб называется *объединенной пробой*. Из объединенной пробы далее выделяют среднюю пробу. Масса средней пробы зерна

не должна превышать 2 кг. Если масса объединенной пробы меньше 2 кг, то ее считают средней пробой.

Выделение *средней пробы* из объединенной проводят ручным способом. Для этого зерно высыпают на стол, распределяют зерно в форме квадрата и три раза перемешивают. При этом зерно захватывают с края и сыпают в середину. Далее зерно разравнивают тонким слоем в виде квадрата и делят его по диагонали на четыре треугольника. Из двух противоположных треугольников зерно удаляют, а из оставшихся двух сыпают вместе и взвешивают на весах. После зерно перемешивают и снова делят квадрат на треугольники. Деление продолжают до тех пор, пока в двух треугольниках не будет зерна в количестве двух килограмм. Это зерно будет считаться средней пробой.

Для определения отдельных показателей качества зерна из средней пробы выделяют *навеску* зерна. Масса навески должна быть не менее 25 г. Качество зерна в навеске должно соответствовать качеству зерна средней пробы.

Зерно разных культур имеет свои ботанические особенности, химический состав и промышленное назначение. Кроме этого, зерно различных культур имеет схожие признаки. Особенности технического анализа различных культур отражены в нормативных документах и регламентах.

На пшеницу установлен ГОСТ 935385–85 «Пшеница. Технические условия», который распространяется на все сорта пшеницы, на фуражное зерно, идущее на кормовые цели и производство комбикормов.

Пшеница по регламенту делится на шесть типов:

- мягкая яровая краснозерная;
- яровая твердая;
- яровая белозерная;
- озимая краснозерная;
- озимая белозерная;
- озимая твердая.

Каждый тип пшеницы делится на подтипы по цвету и стекловидности.

На пшеницу предусмотрены базисные и ограничительные нормы качества. Базисные нормы – это показатели качества, которым должно удовлетворять созревшее, здоровое зерно. Ограничительные нормы – показатели качества, отражающие допустимые пониженные требования к качеству зерна.

В соответствии с базисными нормами натура озимой яровой мягкой пшеницы должна быть в пределах 730 – 755 г/л, а массовая доля влаги – 14 – 17 % в зависимости от района выращивания; содержание зерновой примеси для яровой мягкой, яровой и озимой твердой пшеницы – 2,0 %, для озимой мягкой пшеницы – 3,0 %, содержание сорной примеси – 1 %; зараженность вредителями не допускается.

Ограничительные нормы на качество пшеницы следующие: массовая доля влаги – не более 17–19 % в зависимости от района выращивания; содержание сорной примеси – 1 %; зараженность вредителями не допускается.

При анализе зерна пшеница должна соответствовать или базисным или ограничительным нормам качества.

Определение массовой доли влаги

Содержание влаги является важным показателем, влияющим на пищевую ценность, сохранность зерна, выход получаемой из него муки. Нормальным процессом жизнедеятельности зерна при хранении является дыхание, которое сопровождается потерей сухих веществ, выделением теплоты, диоксида углерода и воды.

С увеличением массовой доли влаги в зерновой массе возрастает интенсивность дыхания. В зерне при этом происходит увеличение показателя активности воды, появляется свободная влага. Все это создает предпосылки для развития нежелательных микроорганизмов, усиления гидролитических процессов и роста активности ферментов.

Зерно пшеницы по содержанию влаги делят на четыре состояния:

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

В сухом и средней сухости зерне нет свободной влаги, процессы дыхания протекают очень медленно, поэтому такое зерно件годно для длительного хранения.

Во влажном зерне процесс дыхания идет интенсивнее, что приводит к появлению такого порока зерна, как самосогревание.

В сыром зерне физиологические процессы приводят к порче зерна. Создаются благоприятные условия для развития микроскопических грибов, прежде всего плесеней и процессов

интенсивного самосогревания. При этом, такое зерно слеживается при хранении и может прорасти.

По содержанию влаги можно судить о наличии в зерне сухого вещества, о питательных веществах, определяющих его биологическую и энергетическую ценности.

Количество влаги в зерне влияет на его технологические свойства: повышение ее содержания в зерне затрудняет размол и просеивание продуктов размола, снижает производительность оборудования, увеличивает расход энергии.

Порядок выполнения работы

Зерно, предназначенное для определения массовой доли влаги, в количестве 30 г размалывают вместе с примесями на лабораторной мельнице.

Размол за один раз должен соответствовать по крупности следующим условиям: проход через проволочное сито с размером ячеек 0,8 мм должен быть не менее 60 %. Размолотое зерно помещают в банку с притертой крышкой, чтобы избежать потери влаги. Перед тем как взять навеску для анализа, размолотое зерно перемешивают. В две предварительно взвешенные металлические бюксы берут навески зерна по 5 г каждая. Бюксы с открытыми крышками ставят на высушивание в сушильный шкаф СЭШ-1, предварительно разогретый до температуры 130 °С. Высушивают в течение 50 минут. По истечении времени высушивания бюксы достают щипцами, закрывают крышками и помещают в эксикатор для охлаждения на 20 минут.

Массовую долю влаги рассчитывают по формуле:

$$W = (m_1 - m_2 / m) \times 100, \% \quad (1)$$

где: W – массовая доля влаги, %, %; m_1 – масса бюксы с зерном до высушивания, г; m_2 – масса бюксы с зерном после высушивания, г; m – масса навески зерна, г.

Из двух определений влажности выводят среднюю, которая является влажностью пробы.

Если влажность зерна превышает 18 %, его перед определением влажности стандартным методом предварительно подсушивают при температуре 105 °С. Длительность подсушивания зависит от вида зерновой культуры и влажности зерна.

Определение засоренности зерна

Зерно всегда содержит некоторое количество примесей, попавших при его уборке, перевозках и хранении. Примеси растительного происхождения (зеленые части растений, семена сорных растений и др.) снижают качество зерна. Они могут содержать значительно большее количество воды, чем зерно основной культуры, что увеличивает активность физиологических процессов при хранении. В засоренных партиях зерна значительно легче возникает и развивается процесс самосогревания. Наличие трудноотделимых примесей вызывает необходимость сложной очистки зерна перед его использованием. Присутствие морозобойного зерна или зерна пораженного клопом-черепашкой, снижает хлебопекарные свойства муки и ухудшает качество хлеба. Некоторые примеси оказывают вредное влияние на организм человека.

Зерновые примеси делятся на две основные фракции: зерновую и сорную.

К с о р н о й относят примеси, отличающиеся по составу от основного зерна, вредные в пищевом отношении и не представляющие никакой ценности.

Сорной примесью считается:

- весь проход, получаемый при просеивании зерна через сито с отверстиями диаметром 1 мм;
- семена дикорастущих растений;
- вредную примесь (головню, спорынью, куколь и т.д.);
- минеральную примесь (комочки земли, песок, частицы шлака и т.д.);
- органическую примесь (части стеблей, колоса, пленки, части листьев и т.д.);
- семена культурных растений, не относящихся к зерновой примеси;
- зерна ржи, пшеницы и ячменя, поврежденные микроскопическими грибами (плесневые) и бактериями (прогнившие);
- поджаренные зерна – с испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета.

К з е р н о в о й относятся примеси, не влияющие на качество зерна и имеющие некоторую кормовую и пищевую ценность.

Зерновой примесью считается:

- битые зерна в количестве 50 % от их массы;

- щуплые зерна, недоразвитые;
- проросшие;
- захваченные морозом;
- сморщенные, белесоватые, сильно потемневшие, давленные, раздутые при сушке, зеленые, плесневые, с измененным цветом оболочек, эндосперма от кремового до светло-коричневого.

Состав сорной и зерновой примесей для каждой культуры дается в стандартах.

К основному зерну относятся зерна целой пшеницы или ржи, а также зерна поврежденной пшеницы и ржи, по характеру повреждений не относящейся к сорной или зерновой примесям.

Порядок выполнения работы

Вначале определяют содержание крупной сорной примеси, для чего среднюю пробу зерна просеивают на сите с отверстиями 6 мм. Из схода с сита выбирают крупную сорную примесь (превышает размеры зерна): солому, семена растений, колосья, комочки земли и т.д.

Выделенную крупную сорную примесь взвешивают и выражают в процентах к массе средней пробы.

Далее из средней пробы, освобожденной от крупной сорной примеси, выделяют навеску массой 50 г с погрешностью $\pm 0,01$ г и просеивают ее на лабораторных ситах.

Комплект лабораторных сит устанавливают следующим образом. На поддон вначале насаживают сито для отделения прохода, относящегося к сорной примеси, затем сито для отделения мелких зерен $1,7 \times 20$, затем сита для облегчения разбора навески $2,5 \times 20$.

Навеску высыпают на верхнее сито, закрыв его крышкой, и просеивают. Сходы со всех сит отдельно высыпают на разборную доску. Выделяют из схода с каждого сита сорную и зерновую примесь.

Выделенные фракции сорной и зерновой примесей отдельно взвешивают и выражают в процентах к массе взятой навески исследуемого зерна (50 г).

В заключении устанавливают соответствие зерна пшеницы или ржи базисным или нормам качества, а также определяют состояние зерна по засоренности. Зерно может быть чистым, если количество сорной примеси составляет до 1,0 %, средней чистоты, при

содержании сорной примеси свыше 1,0 % до 3,0 % и сорным, если в зерне примесей более 3,0 % включительно.

Определение стекловидности зерна

Стекловидность зерна является признаком, характеризующим строение эндосперма и его консистенцию. В зависимости от степени стекловидности зерно делят на стекловидное, частично стекловидное и мучнистое. Стекловидные зерна имеют прозрачную консистенцию, а мучнистые непрозрачную консистенцию, рыхлые, белые в разрезе.

К стекловидным относят зерна стекловидные полностью или с легким помутнением: они не должны иметь мучнистой части больше $\frac{1}{4}$ своего размера.

К мучнистым относят зерна как полностью мучнистые, так и частично стекловидные при условии, если у частично стекловидных участки стекловидные составляют не более $\frac{1}{4}$ плоскости поперечного разреза зерна.

Стекловидное зерно содержит больше белковых веществ, чем мучнистое. Такое зерно крупнее и тяжелее мучнистых, и отличаются большой механической прочностью.

Консистенция зерна в очень большой степени зависит от климатических условий произрастания злака и количества осадкой. Формированию стекловидной структуры эндосперма способствует недостаток влаги в период созревания зерна, большее содержание азота в почве, а также жаркий континентальный климат.

Стекловидность – важный показатель качества зерна. Наблюдается в зерне пшеницы, ржи, ячменя, риса, кукурузы. Стекловидная пшеница особенно широко используется для производства макаронной муки.

Мука из пшеницы мучнистой используется для производства мучных кондитерских изделий.

Стекловидное зерно ячменя и риса используется для производства крупы. Такие крупы при варке не теряют свою форму и не развариваются. Пивоваренная промышленность больше ценит мучнистые сорта ячменя.

Стекловидность является основным показателем при делении пшеницы на подтипы. Темноокрашенное зерно обладает большей стекловидностью.

Мукомольная промышленность учитывает стекловидность при выборе режимов и схем помола. Стекловидные зерна легче вымалываются, чем мучнистые, т.е. лучше отделяется эндосперм от

отрубистых частиц, это позволяет получить большие выходы лучших сортов муки (экстра и высший сорт), состоящих практически из чистого эндосперма.

Порядок выполнения работы

Для анализа берут 100 очищенных зерен. Каждое зерно разрезают бритвенным лезвием поперек и в зависимости от консистенции среза относят к одной из трех групп по стекловидности. На поверхность сомнительных по стекловидности зерен наносят тонкий слой растительного масла. Через 10 – 15 секунд четко проявляются различия между стекловидной и мучнистой частями эндосперма.

Стекловидность зерна характеризуется *общей стекловидностью* и выражается в процентах. Для того чтобы подсчитать общую стекловидность, надо к количеству (проценту) полностью стекловидных зерен прибавить половина количества (процента) частично стекловидных.

Общую стекловидность рассчитать по формуле:

$$S = (a + v/2) , \% \quad (2)$$

где: S – общая стекловидность, %; a – количество стекловидных зерен, шт; v – количество частично стекловидных зерен, шт.

Вопросы для самопроверки

1. Как производится отбор средней пробы зерна?
2. Значение показателя влажности.
3. Классификация примесей зерна.
4. Стекловидность зерна, значение этого показателя, способы его определения.
5. Что понимают под общей стекловидностью зерна?

АНАЛИЗ МУКИ ТВЕРДЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ

Основным сырьем макаронного производства является мука и вода. Дополнительное сырье – это различные обогатительные добавки растительного происхождения (томаты, водоросли, морковь) и животного происхождения (яйца и яйцапродукты). В производстве макаронных изделий ко всему сырью предъявляются требования,

регламентируемые нормативными документами. Особые требования предъявляются к муке.

Мука макаронная является продукцией переработки злаковых культур, в основном пшеницы твердых сортов и пшеницы мягкой стекловидной. Макаронная пшеничная мука отличается от хлебопекарной тем, что содержит много белка и имеет крупитчатую структуру, благодаря которой она, несмотря на высокое содержание белка, обладает пониженной водопоглощительной способностью.

Муку подразделяют на виды, типы и сорта. В пределах вида мука бывает разных сортов. Сорт муки – это качественная группа, к которой относят муку в зависимости от ее химического состава, внешнего вида, цвета и пр.

Для производства макаронных изделий используют муку высшего и первого сорта (крупка и полукрупка) из твердых сортов пшеницы специального помола. Сортные различия муки обусловлены способом производства. Пшеничная мука сорта крупчатка вырабатывается в случае необходимости за счет выхода высшего сорта.

Мука различных сортов отличается химическим составом, что обусловлено ее выходом при помоле зерна. *Выход муки* – это количество муки, полученной из 100 кг зерна, выраженное в процентах к массе зерна.

По органолептическим показателям определяют цвет, запах, вкус муки, наличие хруста, содержание металлопримесей, зараженность амбарными вредителями. Стандартность муки по органолептическим показателям определяется дегустацией выпеченного из нее хлеба.

По физико-химическим показателям определяют массовую долю влаги, зольность, кислотность муки, а также крупность помола, содержание сырой клейковины.

Определение органолептических показателей

Определение цвета. Цвет муки зависит от количества темноокрашенных оболочечных частиц, от каротина, который растворен в жире муки, а также от крупноты помола. Кроме того, на цвет муки влияют оттенок цвета эндосперма, некоторое влияние оказывает влажность муки и длительность ее хранения.

Цвет муки можно определить органолептически, сопоставляя его с эталоном цвета муки данного сорта.

Определение цветности в сухой пробе. На сухую стеклянную пластинку размером 50×150 мм или деревянную лопатку кладут 3 г испытуемой муки и рядом – столько же муки, служащей образцом для сравнения цвета. Испытуемая мука должна соприкоснуться с мукой эталона. Поверхность муки осторожно сглаживают и, накрыв стеклянной пластинкой, спрессовывают. Сняв верхнее стекло, ребром лопаточки или стекла срезают края муки в виде прямоугольника, затем определяют цвет, сравнивая с эталоном. При этом обращают внимание не только на общий тон окраски, но и на наличие частиц оболочек или примесей, нарушающих однородность окраски.

Определение цветности в мокрой пробе. Стекло со спрессованной мукой в наклонном положении погружают в сосуд с водой. По прекращении выделения пузырьков воздуха стекло вынимают и определяют цвет. На увлажненной навеске яснее видны частицы оболочек.

Определение запаха. Запах муки обуславливается в основном наличием в муке летучих веществ: эфирных масел, альдегидов, спиртов и эфиров. Свежая мука после размола почти не имеет запаха. При хранении в неблагоприятных условиях в муке образуются продукты распада ее основных частей: углеводов, белков, жиров. Эти вещества могут придавать муке неприятный кислый или затхлый запах. Посторонний запах может быть вызван присутствием головни или полыни.

Для определения запаха около 20 г муки высыпают на чистую бумагу, согревают дыханием и исследуют на запах. Затем для усиления запаха переносят пробу муки в стакан и обливают водой, нагретой до 60 °С, после чего воду сливают и определяют запах. Запах характеризуют как нормальный, затхлый, запах плесени, кислот, керосина, полыни, посторонний запах и т.д.

Определение вкуса и наличия хруста. Вкус и хруст определяют путем разжевывания 1–2 навесок муки около 1 г каждая. Слабокислый вкус свидетельствует о том, что мука несвежая, а если вкус кислый или горький – о ее порче, о прогоркании жира муки или о наличии в ней полыни, вязеля. Мука из проросшего зерна имеет сладкий вкус. Мука нормального качества обладает пресным вкусом и ощущением приятной сладковатости при длительном разжевывании.

Ощущение хруста при разжевывании является следствием наличия в муке минеральных примесей (глины, песка и др.).

Определение содержания металлопримесей в муке. Содержание металломагнитных примесей в муке определяют извлечением их магнитом. Муку в количестве 1 кг рассыпают на гладкой поверхности слоем около 1 см, проводят подковообразным магнитом несколько раз по муке вдоль и поперек. Далее муку перемешивают. Выделение металлических частиц повторяется 3 раза. Перед каждым определением продукт смешивают и снова разравнивают тонким слоем. Частицы взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г. В муке допускается не более 3 мг металлопримесей в 1 кг продукта с размерами частичек не более 0,3 мм.

Определение зараженности амбарными вредителями. Жучки, бабочки, клещи, грызуны могут загрязнить своими выделениями, личинками, паутиной муку. При этом мука слеживается в комки.

Для определения зараженности муки амбарными вредителями 1 кг муки просеивают при температуре 18–20 °С через проволочное сито № 056. Остатки на ситах рассматривают для установления наличия вредителей; проход через сито № 056 проверяют на наличие клещей, для чего из разных мест берут пять навесок по 20 г. Каждую навеску разравнивают и слегка прессуют до толщины слоя 1–2 мм, после чего рассматривают поверхность. Появление вздутий и бороздок свидетельствует о заражении муки клещами.

Для обнаружения мелких вредителей муку рассыпают тонким слоем и рассматривают ее с шестикратным увеличением. Обнаружить вредителей можно в кучке муки: мука будет осыпаться.

Определение физико-химических показателей

Определение массовой доли влаги в муке.

Влажность муки имеет большое технологическое и экономическое значение. От нее зависят стойкость муки при хранении, транспортабельность и пригодность к дальнейшей обработке. Сухая мука лучше сохраняется, чем влажная. Тесто из влажной муки чаще получается липким, а мякиш хлеба более грубым. Снижение или повышение влажности муки на 1 % изменяет выход

хлеба на 1,5 % в большую или меньшую сторону. Ценным в муке является лишь сухое вещество.

Для определения влажности муки используют ускоренный и экспрессный методы высушивания.

Определение массовой доли влаги ускоренным методом высушивания

Порядок выполнения работы

В две заранее высушенные и взвешенные на технических весах бюксы, поставленные на снятые с них крышки, отвешивают по 5 г муки с точностью до 0,01 г и помещают в сушильный шкаф, предварительно разогретый до температуры 130 °С. Крышки у бюксов должны быть открыты и подложены под дно. Навески высушивают в течение 40 мин. Общая продолжительность высушивания составляет 50 мин, так как температура 130 °С с момента загрузки бюкс в сушильный шкаф должна быть достигнута в течение 10 мин.

После высушивания бюксы вынимают, тотчас закрывают крышками и переносят в эксикатор для охлаждения. Время охлаждения не должно быть менее 20 мин и более 2 ч.

После охлаждения бюксы взвешивают. Расхождения между параллельными определениями допускается не более 0,2 %, а при контрольных и арбитражных анализах – не более 0,5 %.

Массовую долю влаги W (в процентах) рассчитывают по формуле:

$$W = (m_1 - m_2 / m) \times 100, \% \quad (3)$$

где: m_1 – масса муки с бюксой до высушивания, г, m_2 – масса муки с бюксой после высушивания, г, m – масса навески муки, г.

Влажность вычисляют с точностью до 0,5 %, причем доли до 0,25 включительно отбрасывают; доли свыше 0,25 и до 0,75 включительно приравнивают к 0,5; доли свыше 0,75 приравнивают к единице.

Определение массовой доли влаги экспрессным методом высушивания

Порядок выполнения работы

При экспрессном методе высушивания используют влагомер ПИВИ-1, в основу конструкции которого положен принцип прогревания обезвоживаемого материала тепловыми лучами, исходящими от темного нагретого тела. Быстрое обезвоживание

осуществляется выпариванием влаги из тонкого слоя анализируемого вещества, прогреваемого непосредственно прилегающими к нему с обеих сторон массивными плитами из материала с высокой теплопроводностью и теплоемкостью. Плиты в свою очередь нагреваются электрическими элементами.

При температуре 160 °С в течение 3 минуты пакетики из бумаги размером 17×17 см предварительно высушивают, а затем охлаждают и взвешивают. Далее берут навеску около 4 – 5 г муки, распределяют ее по возможности по всей площади пакетика и ведут высушивание при температуре пластин 160 °С в течение 3 мин. После высушивания пакеты с мукой охлаждают 1 – 2 мин и взвешивают. Массовую долю влаги W (в процентах) рассчитывают по формуле (3).

Определение кислотности муки. Кислотность – это показатель, позволяющий судить о свежести муки или условиях ее хранения. Изменение кислотности может парализовать жизнедеятельность одних бактерий и вызвать развитие других, подавить активность одних ферментов и активировать другие и т. п. Мука с повышенной кислотностью может оказаться прогорклой. Повышенная кислотность муки приводит к увеличению кислотности готовых изделий, например макаронных.

Кислотность муки обусловлена кислыми солями фосфорной кислоты, жирными кислотами, образующимися при ферментативном распаде жиров муки, в небольшом количестве органическими кислотами (молочной, уксусной, пропионовой и др.), образующимися под действием бактерий за счет сбраживания углеводов аминокислотами, возникающими при ферментативном распаде белков.

Различают титруемую и активную кислотность. Титруемая кислотность муки обуславливается содержанием в ней свободных кислот и кислых солей; она называется также общей.

Выражают титруемую кислотность в градусах, под которыми понимают количество миллилитров 1 нормального раствора щелочи, расходуемой на нейтрализацию кислот и кислотореагирующих соединений, содержащихся в 100 г муки.

Активная кислотность обуславливается наличием ионов водорода и гидроксила в растворе. Активную кислотность принято выражать через водородный показатель рН. От концентрации водородных ионов зависит изменение свойств белковых веществ – их эластичность, набухание, растяжимость,

Для определения титруемой кислотности муки используют методы по водно-мучной суспензии (по питательной смеси) и по водному экстракту (по водной натяжке).

Определение активной кислотности муки

Иногда возникает необходимость знать активную кислотность, которую принято выражать через водородный показатель рН.

Для определения рН применяются потенциометры с использованием пары электродов каломельного или хлорсеребряного (электроды сравнения) и стеклянного (измерительного). При погружении электродов в испытуемый раствор между ними возникает электродвижущая сила, которая измеряется потенциометром и выражается показателем рН.

Порядок выполнения работы

Навеску 5 г муки смешивают с 50 мл дистиллированной воды, взбалтывают в течение 5 мин, а затем настаивают в течение 10 мин. Питательную смесь переносят в стакан прибора, опускают туда электроды и определяют рН по потенциометру.

Определение титруемой кислотности по водному экстракту (по вытяжке)

Порядок выполнения работы

Навеску муки 25 г помещают в коническую колбу вместимостью 500 мл, приливают мерной колбой 250 мл дистиллированной воды, тщательно размешивают и оставляют на 2 ч для возможно более полной диффузии экстрактивных веществ. Затем фильтруют в сухую колбу с возвратом первых мутных порций фильтрата на фильтр. Пипеткой отбирают в коническую колбу 25 мл фильтрата, добавляют 3–4 капли фенолфталеина и титруют 0.1 н. раствором щелочи до розовой окраски. Из двух параллельных определений берут средний результат.

Определение титруемой кислотности по «болтушке» (водно-мучной суспензии)

Порядок выполнения работы

Навеску 5 г, взвешенную с точностью до 0,01 г, помещают в коническую колбу вместимостью 150–200 мл, приливают цилиндром 50 мл дистиллированной воды, добавляют 5 капель фенолфталеина и титруют до розового окрашивания, не исчезающего в течении 1 мин.,

в противном случае титрование продолжают. Количество миллилитров 0,1 н раствора щелочи, пошедшее на титрование умножают на 2.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,2 градуса.

«СИЛА» МУКИ

Мукой называют порошкообразный продукт размола зерна. Муку хлебопекарную подразделяют на виды, типы и сорта. Вид муки определяет зерно, из которого она получена. Основные виды муки - пшеничная, ржаная и пшенично-ржаная. Также вырабатывается мука гречневая, соевая, овсяная, ячменная, кукурузная, гороховая, обогащенная и др.

В зависимости от назначения различают муку по типам, например, мука пшеничная хлебопекарная, мука пшеничная общего назначения. Мука пшеничная хлебопекарная бывает следующих сортов: экстра, крупчатка, высшего, первого, второго и обойная. Мука ржаная бывает сеяная, обдирная и обойная

Для производства мучных кондитерских изделий рекомендуется применять пшеничную муку с неодинаковым содержанием клейковины, различной по «силе».

Под «силой» муки понимают способность муки образовать тесто, обладающее после замеса, в ходе брожения и расстойки определенными структурно-механическими свойствами. «Сила» муки в основном обусловлена протеиновым комплексом, на неё оказывают влияние также содержание, состояние и свойства крахмала, амилаз, пентозанов, липидов и т.д.

«Сильной» считается такая мука, которая способна при замесе теста нормальной консистенции поглощать относительно большое количество воды. Тесто из такой муки очень устойчиво сохраняет свои физические свойства (нормальную консистенцию, эластичность и сухость на ощупь) в процессе замеса и последующего брожения. Сильная мука обладает высокой газообразующей способностью. Тестовые заготовки при операции расстойки и выпечке хорошо сохраняют свою форму и мало расплываются, поэтому подовый хлеб из сильной муки при достаточной её газообразующей способности хорошо разрыхлен, имеет большой объем и мало расплывается.

Средняя по «силе» мука занимает промежуточное положение между сильной и слабой мукой.

«Слабая» мука – та, которая при замесе теста нормальной консистенции поглощает мало воды. Тесто в процессе замеса и брожения быстро ухудшает свои физические свойства, становится липким и мажущимся и к концу брожения жидким по консистенции. При расстойке подовых изделий куски теста быстро и сильно расплываются. Газоудерживающая способность их при этом понижена. Хлеб из «слабой» муки получается пониженного объема.

«Силу» муки характеризуют по количеству и качеству клейковины. Под клейковиной понимают белковую упругую и эластичную массу, получаемую при отмывании водой пшеничного теста.

Состав клейковины колеблется и зависит от сортовых и природных свойств пшеницы, из которой получена мука, и от самой техники получения клейковины – от интенсивности и длительности отмывания клейковины, состава и температуры воды и т.д. Химический состав клейковины представлен белковыми веществами на 80 – 85 %; жир от 2 до 4 %; клетчатка от 0,9 до 2 %. Основную часть клейковины составляют белки – *гладин* и *глютенин*. В состав клейковины входят ферменты и нерастворимые витамины.

Клейковина бывает *сырая* – отмытая клейковина вместе с поглощенной при замесе теста водой и *сухая* клейковина, полученная после высушивания на приборе ПИВИ-1.

Содержание сырой клейковины в муке различных сортов регламентируется стандартом и должно составлять не менее 28 % – для крупчатки, муки высшего сорта и сорта экстра, 30 % - для муки 1 сорта, 25 % – для муки 2 сорта, 20 % – для обойной муки.

Определение содержания «сырой» клейковины

Навеску муки 25 г, взятую на технических весах с точностью до 0.1 г, помещают в фарфоровую ступку, добавляют 13 мл водопроводной воды температурой 18 ± 2 °С и шпателем замешивают тесто до его однородности. Полученное тесто хорошо проминают руками и, скатанное в виде шара, кладут в чашку, прикрывают стеклом и оставляют его на 20 минут в покое (релаксации) при температуре 18 ± 2 °С.

Отмывание клейковины вручную. Тесто опускают в глубокую емкость с 3 – 5 литрами водопроводной воды температурой 18 ± 2 °С и, разминая его пальцами, отмывают крахмал и оболочки.

Промывную воду меняют 3 – 4 раза по мере накопления в ней крахмала и оболочек, процеживая её через шелковое сито для улавливания частичек клейковины, которые присоединяются к общей массе клейковины. Когда большая часть крахмала будет отмыта и клейковина сначала мягкая и рвущаяся станет более связанной и упругой. Разминание и промывание можно вести энергичнее до тех пор, пока промывная вода не перестанет быть мутной.

Для устранения полноты отмывания клейковины применяют следующие способы:

- к капле воды, выжатой клейковины, добавляют каплю раствора йода: отсутствие синего окрашивания указывает на полное удаление крахмала;
- в стакан с водой выжимают из клейковины несколько капель промывной воды: отсутствие помутнения указывает на полноту удаления крахмала.

Отмытую клейковину хорошо отжимают от воды руками, пока она не начнет прилипать к ним, и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем её повторно промывают в течение 5 мин под струей воды, отжимают и вновь взвешивают. Промывание заканчивают, когда разница между двумя взвешиваниями будет менее 0,1 г. Полученное количество клейковины выражают в процентах к муке.

Норма допустимого отклонения при контрольных и арбитражных определениях количества клейковины ± 2 %.

Определение качества сырой клейковины проводится органолептически по цвету. Цвет клейковины хорошей в хлебопекарном отношении муки должен быть светлым или светло-желтым. Тёмная клейковина обычно отмывается из муки, неудовлетворительной по хлебопекарным свойствам.

О физических свойствах судят по растяжимости и эластичности клейковины, которые определяют после установления её цвета. Для этого из отжатой клейковины на технических весах берут навеску соли 4 г. Отвешенный кусочек клейковины обнимают пальцами 3 – 4 раза и формируют в шарик, который помещают на 15 минут в чашку с водой температурой 18 – 20 °С, после чего устанавливают растяжимость и эластичность.

Под растяжимостью клейковины понимают свойство её растягиваться в длину. Для определения растяжимости клейковину берут тремя пальцами обеих рук и над линейкой с миллиметровыми

делениями равномерно растягивают до разрыва так, чтобы все растягивание продолжалось 10 с.

При растягивании не допускается подкручивание клейковины. В момент разрыва клейковины отмечают длину, на которую она растянулась. По растяжимости клейковина характеризуется следующим образом: короткая (при растяжимости до 10 см), средняя (от 10 до 20 см) и длинная (свыше 20 см).

Эластичностью клейковины называется свойство её восстанавливать первоначальную форму после снятия растягивающего усилия. Об эластичности клейковины можно судить по её поведению при определении растяжимости. Кроме того, устанавливают эластичность отдельных кусочков клейковины, оставшихся после определения растяжимости. Кусочек клейковины тремя пальцами обеих рук растягивают над линейкой с миллиметровыми делениями примерно на 2 см и отпускают. По степени и скорости восстановления первоначальной длины или формы кусочка клейковины судят об её эластичности.

Эластичные свойства клейковины из муки нормального качества находятся в обратной зависимости от её растяжимости: чем более растяжима клейковина, тем она менее эластична. Поэтому производственные лаборатории хлебозаводов дают качественную оценку клейковины не по эластичности, а по растяжимости.

Свойства слабой и сильной клейковины после того, как её отмыли из муки и положили в воду, неодинаковы: так, слабая клейковина или тотчас же после её отмывания или даже при отмывании образует сплошной липкий комочек с большой растяжимостью. После нескольких часов отлежки такой клейковины под водой (30°C) она сильно расплывается, почти полностью теряет эластичность и способность сопротивляться растяжению. Очень слабая клейковина при этом превращается в липкую тянущую клееобразную массу. Сильная (крепкая) клейковина тотчас после отмывания обычно образует плохо слипающиеся отдельные дольки или сплошной упругий комочек губчатого строения. По мере отлежки под водой комочек клейковины приобретает однородное строение, растяжимость клейковины несколько увеличивается.

В зависимости от эластичности и растяжимости клейковину подразделяют по стандарту *на три группы*:

1-я: хорошей эластичности, по растяжимости – длинная и средняя;

2-я: хорошей эластичности, по растяжимости – короткая; удовлетворительной эластичности, по растяжимости – короткая, средняя или длинная;

3-я: малоэластичная, крошащаяся, разрывающаяся под тяжестью собственного веса, сильно тянущаяся, провисающая при растягивании, а также неэластичная.

Упругие свойства клейковины измеряют на приборе ИДК-1М (индикатор деформации клейковины). Этот прибор предназначен для определения способности клейковины оказывать сопротивление деформирующей нагрузке сжатия.

Результаты измерения упругости образца клейковины выражают в условных единицах шкалы прибора. Чем выше указанная способность образца, тем меньше он сожмется и тем меньшая величина $N_{сж}$ будет зафиксирована на шкале прибора.

Порядок выполнения работы

Шарик сырой клейковины массой 4 г после 15-минутной его отлежки в воде температурой 18 ± 1 °С помещают в центр опорного столика, нажимают кнопку «Пуск». Пуансон опускается и сжимает клейковину в течение 30 с. По истечении указанного времени загорается лампочка «Отсчет» и производят снятие показаний на шкале прибора. После автоматического возвращения пуансона в верхнее положение загорается индикатор «Готов», клейковину снимают со столика и вытирают диски пуансона и опорного столика.

За показатель качества клейковины принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

При контрольных и арбитражных анализах допускается отклонение ± 5 ед. шкалы прибора. В зависимости от показаний прибора, выраженных в условных единицах шкалы прибора, клейковину относят к соответствующей группе качества (табл.4).

Отнести клейковину к соответствующей группе качества.

Для определения *массы сухой клейковины* отмытую и отжатую клейковину высушивают на приборе ПИВИ-1. Для этого в два предварительно просушенных и взвешенных бумажных пакета берут навеску 5 г, закрывают и помещают в нагретый прибор, до 160 °С, и выдерживают при этой температуре 10 мин. Затем охлаждают в эксикаторе в течение 1 – 2 минуты, пакеты с клейковиной взвешивают.

Характеристика качества клейковины

Характеристика (группа)	Показания прибора ИДК
Очень сильная (неудовлетворительно крепкая)	0-15
Сильная (удовлетворительно крепкая)	20-60
Средняя (хорошая)	60-75
Удовлетворительно слабая	80-100

В процессе определения количества сухой клейковины вычисляют влажность клейковины и ее гидратационную способность.

Под влажностью клейковины понимают количество влаги в клейковине по отношению к массе сырой клейковины (в среднем она колеблется от 60 до 70 %).

Под гидратационной способностью понимают способность клейковины поглощать то или иное количество воды по отношению к массе сухой клейковины. Гидратационная способность клейковины обычно колеблется в пределах 150 – 250 %.

Определение газообразующей способности муки

Газообразующая способность муки характеризуется количеством углекислого газа, выделяющегося за определенный промежуток времени при брожении теста, замешанного из этой муки, воды и дрожжей.

Газообразующая способность муки характеризует хлебопекарные достоинства муки, т.е. является показателем, от которого зависит качество готового изделия: состояние пористости мякиша, окраска корки, его объем.

Газообразующая способность муки обуславливается содержанием в ней собственных сахаров и ее сахарообразующей способностью. Содержание собственных сахаров зависит от сорта муки, физиологического состояния зерна, из которого эта мука получена. Общее содержание в пшеничной муке сбраживаемых дрожжами сахаров колеблется от 0,7 до 1,8 % на сухое вещество. Они не могут обеспечить весь цикл брожения теста. Кроме того, часть сахара должна к моменту выпечки хлеба остаться несброженной – для образования ароматических веществ и окрашивания корки. Поэтому

основным сахаром теста является мальтоза, образовавшаяся при осахаривании крахмала в процессе брожения теста.

Способность теста образовывать при установленной температуре за определенный период времени то или иное количество мальтозы характеризует сахарообразующую способность муки.

Существуют прямой и косвенный методы определения газообразующей способности муки.

По прямому методу на приборе АГ-1М определяют количество углекислого газа, выделяющегося при брожении теста.

Косвенный метод сводится к определению сахарообразующей способности муки при определенных условиях. Сахарообразующую способность выражают числом миллиграммов мальтозы, образовавшейся из 10 г муки за 1 ч настаивания с водой при температуре 27 °С.

*Определение газообразующей способности муки
по методу Рамзея.*

Определение сахарообразующей способности сводится в основном к трем этапам:

1. Ферментативное образование сахара из крахмала муки при определенных условиях в течение 1 часа;
2. Инактивация ферментов;
3. Количественное определение сахара в водной вытяжке.

Порядок выполнения работы

Ферментативное образование сахара из крахмала муки. 10 г муки, взятые с точностью до 0,05 г, количественно переносят в мерную колбу на 100 мл. Колбу с мукой помещают на водяную баню при $t = 27$ °С на 10–15 минут для прогревания муки. Затем приливают пипеткой 50 мл воды температурой 27 °С, хорошо размешивают и выдерживают в водяной бане 1 час при температуре 27 °С, взбалтывая содержимое колбы через каждые 15 мин.

Инактивацию ферментов проводят соответствующими реактивами, выбор которых обусловлен методом определения сахара. Так, при определении сахаров йодометрическим полумикрометодом инактивацию ферментов проводят следующим образом. После часового выдерживания в бане колбу вынимают, добавляют цилиндром 15 мл 15 %-го $ZnSO_4$ и 15 мл 1н. раствора $NaOH$, доводят водой до метки, хорошо взбалтывают в течение 3 минут, отстаивают 3–5 минут и фильтруют.

Количественное определение сахара в водной вытяжке. В колбу вместимостью 50 мл отмеривают микробюреткой или микропипеткой 3 мл фильтрата, 1 мл 6,925 %-ого раствора $CuSO_4$, 1 мл щелочного раствора сегнетовой соли (346 г сегнетовой соли + 100 г NaOH в 1 л раствора).

Колбу ставят на плитку, доводят в течение 3 минут до кипения, кипятят 2 минуты и охлаждают. В колбу вносят 1 мл 30 %-ого раствора йодистого калия и 1 мл 25 %-ого раствора H_2SO_4 и сразу же титруют выделившийся йод 0,1 н. раствором тиосульфата натрия до светло-желтого окрашивания. Затем прибавляют 3 – 4 капли раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски. Одновременно проводят контрольный опыт, беря вытяжки 3 мл дистиллированной воды. Разность в результатах титрования, полученных при контрольном опыте и при определении сахара, умноженная на поправку к титру тиосульфата, показывает количество восстановленной меди, выраженное в миллилитрах 0,1 н. раствора тиосульфата натрия.

Желательно, чтобы разность S в количестве миллилитров 0,1 н. раствора тиосульфата натрия была в пределах 0,7 – 1,2. Если эта разница больше указанной величины, то для анализа берут не три мл фильтрата, а 1 или 2 мл, доводя их дистиллированной водой до 3 мл.

Количество сахара во взятой вытяжке вычисляют путем умножения S на фактор пересчета для данного вида сахара, который равен для:

- глюкозы 3,3;
- фруктозы 3,7;
- сахарозы 3,4;
- мальтозы 5,4

Затем делают пересчет на 10 г муки.

В количество сахара, определенное этим методом, входят не только сахара, образующиеся при ферментативном расщеплении крахмала, но и собственные редуцирующие сахара муки, на которые вводят поправку. Для этого 10 г муки для инактивации ферментов нагревают в колбе на 100 мл с 20 мл 96 %-ого спирта на водяной бане при 78 °С в течение 10 мин, затем повышают температуру до 100 °С, выпаривают спирт и определяют сахар. Введение такой поправки целесообразно делать только для муки из проросшего зерна.

Сахарообразующая способность нормальной муки 1 и 2 сорта около 210 – 280 ед. При более высоких её значениях мука в

большинстве случаев при обычном тестоведении дает хлеб с липким мякишем.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите, на какие виды, типы и сорта подразделяют муку?
2. Чем отличается макаронная мука от хлебопекарной?
3. Что такое выход муки?
4. Какие нормы выхода установлены для пшеничной и ржаной муки?
5. Перечислите органолептические и физико-химические показатели качества муки.
6. От чего зависит цвет муки?
7. Как можно определить цвет муки?
8. Как определить запах, вкус и наличие хруста муки?
9. Как определяют зараженность муки амбарными вредителями?
10. Какие методы используют для определения влажности муки?
11. Чем обусловлена кислая реакция муки?
12. Что характеризует показатель кислотности?
13. Способы определения кислотности.
14. Понятие «сила» муки.
15. Характеристика сильной и слабой муки.
16. Состав клейковины.
17. Как определить количество клейковины?
18. Какими физическими свойствами обладает клейковина?
19. Под действием каких факторов могут изменяться физические свойства клейковины?
20. Принцип метода определения качества клейковины на приборе ИДК.
21. Газообразующая способность муки и какое влияние оказывает этот показатель на качество хлеба?
22. Сахарообразующая способность муки. Факторы, определяющие её.
23. Способы определения газообразующей способности муки.
24. Перечислите показатели, влияющие на температуру воды, расходуемую на замес теста.
25. Какие улучшители могут быть использованы для муки с низкой газообразующей способностью?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КЛЕТЧАТКИ В ОТРУБЯХ

Клетчатка является полисахаридом второго порядка, состоящим из глюкозы. Она является составной частью клеточных стенок растений. В древесине ее содержится до 50 % в пересчете на сухое вещество.

По своему распространению в растениях клетчатка занимает первое место среди всех органических веществ. Она представляет собой высокомолекулярный полисахарид, состоящий из остатков β -d-глюкозы, связанной глюкозидной связью по первому и четвертому углеродным атомам. Молекулы клетчатки, имеющие нитевидный характер, соединяются в пучки, называемые мицеллами. Каждая мицелла состоит приблизительно из 60 молекул клетчатки, соединенных водородными связями, которые осуществляются как за счет водородных атомов гидроксильных групп клетчатки, так и за счет адсорбированных клетчаткой молекул воды. Клетчатка в воде не растворяется, но набухает. При кипячении с крепкой серной кислотой она полностью расщепляется на глюкозу. При более слабом гидролизе клетчатка распадается на дисахарид целлобиозу.

Клетчатка гидролизуеться до целлобиозы также ферментом целлюлазой, которая содержится в проросшем зерне, в некоторых бактериях и плесневых грибах. Активная целлюлаза содержится и в бактериях желудка жвачных животных, что создает для них возможность усваивать клетчатку.

Клетчатка (целлюлоза) является соединением весьма прочным, трудно поддающимся воздействию даже концентрированных растворов кислот и оснований. На этом свойстве и основаны все методы ее определения.

В пищевом рационе клетчатка как источник энергии имеет незначительную величину, т.к. усваивается лишь на 25 %. Но клетчатка как балластное вещество имеет большое значение для нормальной жизнедеятельности живого организма. Поэтому хлеб из муки грубого помола, зерновые сорта и ржаной хлеб, а также овощи, в которых содержится большое количество клетчатки, надо чаще включать в рацион питания.

Кроме клетчатки основу растительных клеточных стенок составляет гемицеллюлозы. Они содержатся в большом количестве в отрубях. Нерастворимые в воде, растворимы в растворах щелочей.

При гидролизе гемицеллюлоз образуются пентозы (арабиноза и ксилоза) и гексозы (манноза и галактоза).

Определения содержания клетчатки по Кюршнеру и Ганеку

Метод основан на окислении, разрушении и растворении различных химических соединений, входящих в состав анализируемого продукта, смесью уксусной и азотной кислот. При этом клетчатка практически не растворяется, отфильтровывается и взвешивается.

Порядок выполнения работы

1 г измельченного продукта, взвешенного с погрешностью до 0,0002 г, переносят в колбу вместимостью 120 см³, приливают 40 см³ смеси кислот (3,6 см³ азотной кислоты плотностью 1,4 и 36,4 см³ 80 %-ного раствора уксусной кислоты) и закрыв колбу обратным холодильником, нагревают на песчаной бане 1 ч. Содержимое колбы в горячем состоянии фильтруют через стеклянный фильтр № 2, предварительно высушенный до постоянной массы при 105–108 °С и взвешенный, или тигель Гуча. Осадок после отсасывания экстракта промывают 1 – 2 раза горячим 0,2 н спиртовым раствором гидроксида натрия, затем несколько раз небольшими порциями дистиллированной воды и затем – 10 см³ смеси спирта с эфиром. Тигли с чисто-белым осадком сушат до постоянной массы при 100–105°С, охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ЖИРА В ПРОДУКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Жиры и жироподобные вещества объединяются общим названием липиды. Эти вещества играют весьма важную роль в клетках растений, участвуя в регуляции проницаемости клеточной мембраны, через которую осуществляется обмен веществ в клетках.

Липиды широко распространены в природе. Они участвуют в построении клеточных структур растительных тканей, в биохимических процессах, протекающих на клеточном уровне. Липиды образуют многочисленные комплексы с углеводами, белками и органическими соединениями, которые выполняют важные окислительно-восстановительные процессы в клетках, участвуют в биосинтезе белков, обеспечивают одностороннюю проницаемость и перенос веществ через клеточные мембраны, принимают участие в высшей нервной деятельности.

Жиры – самые распространенные соединения среди липидов. По химическому строению это триглицериды – сложные эфиры высших жирных кислот и глицерина. В состав природных триглицеридов входят десятки органических кислот. В больших количествах в состав жиров входят олеиновая и пальмитиновая кислоты.

Жиры могут быть растительного и животного происхождения. Они существенно отличаются.

В состав растительных жиров преобладают ненасыщенные жирные кислоты – линолевая, линоленовая, олеиновая.

Животные жиры богаты по набору высших жирных кислот. В их состав входят кислоты с числом углеродных атомов от 20 до 24, причем преобладают насыщенные жирные кислоты.

Высшие жирные кислоты, входящие в состав жира и определяют его основные физические свойства. Если в составе триглицерида преобладают ненасыщенные жирные кислоты с высокой температурой плавления, то и жир считается твердым (какао-масло, пальмовое масло, говяжий, бараний жир), если же в его составе ненасыщенные жирные кислоты – при обычных условиях это жир жидкий (подсолнечное, кукурузное, горчичное масла).

В организме человека жиры окисляются и обеспечивают его энергией: при распаде 1 г жира до диоксида углерода и воды выделяется $40,0 \times 10^3$ Дж.

К липидам относятся и жироподобные вещества – воски, фосфолипиды, стероиды и др.

За счет энергетической ценности жиров, входящих в состав пищевого рациона, организм человека покрывает 30% расходуемой энергии.

Пищевая ценность жиров определяется их составом, усвояемостью и наличием в них жирорастворимых витаминов, фосфатидов и др.

Общим свойством липидов является их нерастворимость в воде, но хорошая растворимость в органических растворителях. На этом свойстве основаны количественные методы определения жира. В качестве растворителя используют петролейный или этиловый эфир. При экстрагировании одновременно с жиром из навески исследуемого объекта извлекаются воски, свободные жирные кислоты, стерины.

Вещества, извлекаемые из навески с помощью растворителя называют *сырой жир*.

Арбитражный метод с предварительным гидролизом навески

Арбитражным методом определения массовой доли жира является метод, основанный на извлечении жира растворителем из предварительно гидролизованной навески сырья и определении массовой доли жира взвешиванием после удаления растворителя из определенного количества полученного раствора.

Порядок выполнения работы

Навеску продукта 10 г (при содержании жира в изделии более 10 % навеска может быть уменьшена до 5 г), взвешенную с погрешностью до 0,01 г, помещают в плоскодонную колбу вместимостью 300 см³, доливают 100 см³ 1,5 % -го раствора соляной кислоты (или 100 см³ 5 % -го раствора серной кислоты), кипятят в колбе с обратным холодильником на слабом огне 30 мин.

Затем колбу охлаждают водой до комнатной температуры, приливают 50 см³ хлороформа, плотно закрывают хорошо пригнанной пробкой, энергично взбалтывают в течение 15 мин, далее ее содержимое выливают в центрифужные пробирки и центрифугируют 2–3 мин.

В пробирке образуется три слоя. Верхний (водный) слой удаляют пипеткой, снабженной резиновой грушей, отбирают хлороформенный раствор жира и фильтруют его в сухую колбу через небольшой ватный тампон, вложенный в узкую часть воронки, причем кончик пипетки при этом должен касаться ваты.

20 см³ фильтрата переливают в предварительно доведенную до постоянной массы и взвешенную с погрешностью до 0,0002 г бюксы.

Оставшийся жир сушат в бюксах при температуре 130 °С, в течение 40 минут охлаждают в эксикаторе 20 мин и взвешивают. Массовую долю жира в продукте рассчитывают по формуле:

$$X = 100 \times 100 \times 50(m_1 - m_2) / 20m(100 - W), \% \quad (4)$$

где: X – массовая доля жира в пересчете на сухие вещества, %;
50 – количество растворителя, взятое для извлечения жира, см³; m – масса пусто бюкса, г; m_1 – масса бюкса с навеской до высушивания, г; m_2 – масса бюкса с навеской после высушивания, г.

АНАЛИЗ РЖАНОГО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО СОЛОДА

Солодом называется зерно, подвергнутое специальной обработке.

В хлебопекарной промышленности применяются два вида солода – красный ферментированный ржаной солод и светлый неферментированный солод. Последний называют еще неактивным, в связи с тем, что он содержит очень активные амилолитические протеолитические ферменты. Светлый солод вырабатывают главным образом из ячменя и в небольших количествах из ржи. Он используется, в основном, в пивоварении, а также в спиртовом, крахмало-паточном и хлебопекарном производствах как источник амилолитических ферментов при осахаривании крахмала.

В хлебопекарной промышленности активный солод применяется в качестве улучшителя муки с низкой сахарообразующей способностью и для осахаривания мучных заторов при производстве жидких дрожжей, так же входит в рецептуру некоторых сортов хлеба.

Ржаной ферментированный солод используется в хлебопечении и при производстве хлебного кваса как вкусовая и ароматическая добавка. В качестве ценного улучшителя красный солод входит в рецептуру следующих национальных сортов изделий (в %): хлеб ржаной заварной – 3, хлеб Московский, Бородинский и Карельский – по 5, хлеб Чайный – 2,5, хлеб Любительский в целлофане – 9,5.

Для получения ржаного ферментированного солода рожь после очистки замачивают при температуре 13 – 18 °С в течение 30–32 ч до влажности 50 – 52 %. Замоченную рожь проращивают в течении 3 - 4 суток при температуре 13 – 19 °С на току, в ящиках или барабанах. Проросшую рожь укладывают для ферментации в кучи (грузы), имеющие форму призмы высотой около 1 м, шириной 1 – 1,5 м. В течение первых двух суток зерно подвергается самосогреванию, причем температура в средних слоях повышается до 55–60 °С.

Через двое суток солод тщательно перемешивают и увлажняют до 60 %. Ферментацию солода производят так же в барабанах при 55 – 60 °С. Продолжительность ферментации 5 суток. В барабанах процесс происходит при более постоянной температуре и при лучшем перемешивании, что обеспечивает повышенное качество солода.

В отличие от светлого солода ферментированный солод сушат при повышенной температуре (до 100 °С в самом зерне). В процессе ферментации и сушки почти все ферменты в нём практически

инактивируются, почему красный солод называют еще неактивным. Вещества, обуславливающие специфический цвет, приятный вкус и аромат красного солода, образуются в стадиях его ферментации (томления) и в первый период процесса сушки. Во время томления и сушки происходят реакции взаимодействия между аминсоединениями (аминокислоты, пептиды) и углеводами (ксилоза, мальтоза, глюкоза, фруктоза), в результате которых образуются ароматические темноокрашенные вещества (меланоидины) и ароматическая фракция (фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изовалерьяновый альдегид, метилглиоксоль и др.). Из них особенно оксиметилфурфурол обладает приятным медовым запахом.

Качество ржаного ферментированного солода оценивается по следующим органолептическим и физико-химическим показателям.

Органолептическая оценка качества солода

Вкус и запах солода определяют в вытяжке, приготовленной в стакане настаиванием солода в дистиллированной воде в соотношении 1:5 при температуре 60 °С . После перемешивания содержимое стакана закрывают часовым стеклом и после двухминутного настаивания определяют вкус и запах органолептически.

Согласно требованиям стандарта, ферментированный ржаной солод должен обладать кисло-сладким вкусом, приближающимся к вкусу ржаного хлеба, без горького и пригорелого привкуса. Запах должен быть соответственным данному виду солода (без запаха плесени и гнили); цвет – от коричневого до темно-бурого с красноватым оттенком.

Оценка качества солода по физико-химическим показателям

По физико-химическим показателям в ржаном ферментированном солоде определяют влажность, экстрактивность, кислотность, цвет и др.

Определение влажности солода

Солод богат растворимыми в воде веществами, которые являются хорошей питательной средой для микроорганизмов. Поэтому при повышении в нём влажности до 10 % могут начаться

бактериальные процессы со всеми отрицательными последствиями для качества продукта.

ТУ рекомендуют два способа определения влажности солода: высушивание в сушильном шкафу при 105 °С; высушивание во влагомере ПИВИ -1 при 160 °С.

Метод высушивания в сушильном шкафу (арбитражный метод).

Навеску солода 5 г помещают в предварительно высушенную и взвешенную бюксу, после чего сушат ровно 3 ч в сушильном шкафу при 105 °С. После высушивания бюксу с солодом охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Допустимые расхождения между двумя параллельными определениями влажности $\pm 0,5\%$.

Определение влажности высушиванием в приборе ПИВИ-1.

Техника определения проводится по методике, изложенной в работе 2. Берут навеску солода 4 г, проводят обезвоживание в течение 10 мин при 160 °С.

По ГОСТу влажность тонкоразмолотого солода не должна превышать 10 %, а солод в зернах – 8 %.

Определение экстрактивности солода

Растворимые в воде вещества солода в основном представлены углеводами и в меньшей степени другими соединениями (продуктами расщепления белков, минеральными солями и др.). Из углеводов в водный раствор из солода переходят декстрины, мальтоза, глюкоза, фруктоза, сахароза и др.

Солод при всех прочих равных условиях считается лучшим, когда в нем выше содержание водорастворимых веществ. Низкое содержание экстрактивных веществ свидетельствует о неправильной технологии приготовления солода и отрицательно сказывается на его качестве (вкусе, аромате). Помимо влияния на вкус они несколько задерживают процесс черствения хлеба.

Процесс определения содержания водорастворимых веществ в ферментированном солоде складывается из двух основных операций: приготовление водного солодового экстракта (фильтрата) и определения в нём содержания сухих (экстрактивных) веществ.

При определении экстрактивности ферментированного солода, предназначенного для хлебопекарной промышленности, рекомендуют получать солодовую вытяжку методом холодного экстрагирования.

Порядок выполнения работы

10 г солода взвешивают с точностью до 0,01 г и помещают в коническую колбу на 200 – 250 мл с хорошо пригнанной пробкой. Затем вносят пипеткой 100 мл дистиллированной воды при 18 – 20 °С.

Настаивают солод в течение 15 мин, взбалтывая через каждые 5 мин в продолжение одной минуты. Затем всё содержимое колбы, за исключением осадка, фильтруют через складчатый фильтр в сухую колбу. Первые порции фильтрата возвращают на фильтр, фильтрацию прекращают, когда набирается 60 – 70 мл фильтрата (солодового экстракта).

Полученный указанным выше способом солодовый экстракт используется как для определения показателя экстрактивности, так и для определения кислотности солода и его цвета.

Показатель экстрактивности солода находят по плотности полученного фильтрата, определяемой пикнометрическим способом.

Порядок выполнения работы

Пикнометр тщательно моют, высушивают и взвешивают на аналитических весах. Наливают в него дистиллированной воды и помещают на водяную баню с температурой воды 20 °С так, чтобы вода доходила до шейки пикнометра. Через 30 мин, не вынимая пикнометр из бани, точно доводят в нём уровень воды до метки. Затем пикнометр вынимают, тщательно вытирают, ставят около весов и через 15 минут взвешивают.

Для определения плотности фильтрата в освобожденный от воды пикнометр наливают небольшое количество солодового экстракта и несколько раз споласкивают пикнометр, после чего заполняют этим же раствором, избегая образования воздушных пузырьков.

Наполненный пикнометр помещают на водяную баню при 20 °С на 30 мин. Далее опускают так же, как при калибровке пикнометра с водой.

Разделив массу исследуемого фильтрата (M_{ϕ}) на массу воды (M_e) в объеме того же пикнометра при 20 °С, находят относительную плотность раствора (D^{20}).

На основании полученной плотности по таблице находят количество сухих веществ (экстракта вытяжки) в фильтрате e (в % к массе). Содержание экстракта E_I (в % к массе солода) рассчитывают по формуле

$$E_I = e (W + 1000) / 100 - e, \quad \% \quad (5)$$

где e – экстракт вытяжки, найденный по плотности, %; W – влажность солода, %.

Содержание экстрактивных веществ в солоде в пересчете на сухое вещество E_2 (в %) рассчитывают по формуле:

$$E_2 = e (W + 1000) / 100 - e \quad (6)$$

Допустимое расхождение между двумя параллельными определениями $\pm 1\%$.

Рефрактометрическое определение экстрактивности солода

При контроле качества сырья в хлебопекарном производстве используется менее трудоемкий и более быстрый рефрактометрический метод определения сухих веществ в солодовой вытяжке.

Порядок выполнения работы

Исследуемый фильтрат помещают между призмами прецизионного рефрактометра марок РПЛ или РПЛ-2 и, руководствуясь инструкцией, приложенной к рефрактометру, производят на нём 2 – 3 отчёта. По средней арифметической величине этих замеров, выраженных в единицах прибора, находят рефрактометрический показатель содержания сухих веществ в процентах в исследуемом фильтрате. Умножив полученную величину на 10 (разведение), находят величину рефрактометрического показателя содержания водорастворимых веществ в 100 г солода. Затем эту величину пересчитывают на 100 г сухих веществ солода (Y). После этого вносят поправку за счёт содержания в солоде декстринов и других веществ, влияющих на показания рефрактометра, и рассчитывают содержание экстрактивных веществ в солоде по формуле

$$E = 0,901 \times Y - 0,1, \% \quad (8)$$

Ржаной ферментированный солод при определении методом холодного экстрагирования должен иметь показатель экстрактивности не менее 48 %.

Определение кислотности солода

В процессе проращивания и томления (ферментации) солода происходит заметное нарастание в нём содержания кислот и кислореагирующих веществ. Ряд наблюдений показывает, что высокая кислотность положительно влияет на образование окраски солода во время сушки. На показателе кислотности хлеба кислотность солода сказывается незначительно.

Кислотность солода выражается в мл 1 н. раствора щёлочи, пошедшей на титрование кислот и кислореагирующих веществ в 100 г сухих веществ солода.

По ГОСТу кислотность солода рассчитывают по кислотности солодового фильтрата, полученного при определении экстрактивных веществ, и определяют двумя методами: титриметрически (арбитражный метод) или потенциометрический на рН-метре.

Титриметрическое определение кислотности

Порядок выполнения работы

В коническую колбу на 100 мл вносят 2 мл испытуемого фильтрата, 50 мл дистиллированной воды, 2 капли 1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором едкого натрия до появления розового окрашивания.

Кислотность K (в мл 1 н. раствора щелочи на 100 г абсолютно сухого солода) рассчитывают по формуле

$$K = 5_n E_1 \times 100 / d e (100 - W) \quad (7)$$

где: n – количество 0,1 н. раствора щелочи, пошедшей на титрование фильтрата, полученного методом холодного экстрагирования, мл;
 d – относительная плотность вытяжки (фильтрата); e – содержание экстракта (сухих веществ) в фильтрате, найденное по таблице, мас. %;
 E_1 – содержание экстракта (водорастворимых веществ), мас. % солода; W – влажность солода, %.

Расхождение между двумя параллельными определениями кислотности не должно превышать 2 мл по конечному результату.

По стандартным нормам кислотность ржаного ферментированного солода при определении методом холодного экстрагирования не должна превышать 50,0.

Определение цвета солода

От цвета солода зависит окраска мякиша готовых изделий. Кроме того, высокий показатель цвета при правильной технологии

приготовления солода обычно соответствует высокому содержанию в нём ароматических веществ. Выражают цвет солода в мл 1 н раствора йода, отнесенного к 100 г сухих веществ солода. Определение цвета производится колориметрическим методом уравнивания.

Порядок выполнения работы

В один из сосудов колориметра вносят пипеткой 10 мл фильтрата, полученного при определении экстрактивности солода, 90 мл воды и перемешивают с помощью мешалки.

В другой сосуд вносят 100 мл воды и приливают из микробюретки 0,1 н. раствора йода (25 г йодистого калия и 12,7 г йода в колбе на 1000 мл), наблюдая за изменением цвета через прорези в чехле компаратора до совпадения окраски раствора йода с цветом разбавленного водой фильтрата в первом сосуде. Цвет солода C выражают в мл 1 н. раствора йода на 100 г сухого вещества солода и рассчитывают по следующей формуле:

$$C = n E_1 \times 100 / d e (100 - W) \quad (8)$$

Показатель цвета ржаного ферментированного солода должен быть в пределах от 10 до 20 мл 1 н. раствора йода на 100 г сухого вещества солода.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются основные отличия ржаного ферментированного солода от светлого неферментированного?
2. Как получают красный ферментированный солод, для каких целей его используют?
3. Какие вещества образуются в процессе ферментации красного ржаного солода?
4. Какие изделия получают с добавлением ферментированного ржаного солода?
5. Какими методами производится определение влажности, экстрактивности, кислотности и других показателей качества ржаного ферментированного солода?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ХЛЕБЕ

Запах является важным органолептическим показателем качества хлеба. Аромат в значительной мере характеризует для потребителя его качество и в первую очередь свежесть. В

формировании аромата участвуют спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, кислоты, лактоны, серосодержащие соединения, эфиры, амины.

Сложным является выявление основных ароматобразующих веществ в мякише хлеба. В этом случае устанавливают минимальную сенсорно определяемую концентрацию вещества – так называемую пороговую, выражаемую в миллиграммах на килограмм продукта. Затем вычисляют коэффициент ароматичности как частное от деления содержания ароматобразующего вещества в 100 продукта в мг/кг на его пороговую концентрацию. При величине коэффициента ароматичности определяемого вещества менее единицы оно не воспринимается органами чувств человека.

Формирование комплекса ароматических веществ хлеба происходит на всех стадиях тестоприготовления. В процессе приготовления теста, его брожения, расстойки тестовых заготовок увеличивается содержание спиртов, органических кислот, эфиров, карбонильных соединений. Важным является наличие в тесте перед выпечкой восстанавливающих сахаров и продуктов гидролиза белков – пептидов и аминокислот. Окончательное формирование аромата хлеба происходит именно в процессе выпечки, когда в результате реакции меланоидинообразования образуются темноокрашенные продукты – меланоидины, имеющие специфический запах, а также целый ряд других ароматических соединений.

Определение аромата хлеба предусмотрено стандартами в совокупности показателей органолептической оценки качества изделий.

При проведении исследовательских работ в ряде случаев возникает необходимость количественного выражения содержания ароматобразующих веществ.

Определение летучих веществ

Метод основан на вакуумной дистилляции летучих альдегидов, связывании их в гидразоны и спектрофотометрическом определении количества альдегидов.

Порядок проведения анализа.

Подготовку пробы проводят следующим образом. Навеску хлеба массой 25 г, взятую с погрешностью не более 0,01 г растирают,

в ступке со 100 см³ дистиллированной воды температурой 5 °С. Полученную суспензию количественно переносят в перегонную колбу, нейтрализуют 1 н. раствором гидроксида натрия с индикатором фенолфталеином, добавляют 20 см³ фосфатного буферного раствора с рН 9,0. Для уменьшения пенообразования в перегонную колбу добавляют несколько капель олеиновой кислоты. Проводят вакуумную дистилляцию суспензии, приемную колбу помещают в сосуд со льдом, в нее наливают 5–10 см³ холодной дистиллированной воды, конец трубки холодильника должен быть погружен в воду. Отгонку ведут до получения 70 см³ дистиллята, его количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводят объем до метки дистиллированной водой.

Определение суммы летучих альдегидов проводят спектрофотометрически по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином. В пробирку вносят пипеткой 0,5 см³ 1%-го раствора 2,4-динитрофенилгидразина в 1,5 н. растворе соляной кислоты и 0,5 см³ дистиллята. Закрывают пробирку и оставляют на 1 ч. Затем добавляют 0,5 см³ 4 н. раствора гидроксида натрия и 3 см³ ректификованного этанола. Через 2 мин после добавления раствора гидроксида натрия определяют оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны 430 нм и толщине слоя раствора 5 мм. Суммарное количество альдегидов в анализируемой навеске хлеба определяют по калибровочной кривой, построенной по ацетальдегиду.

Построение калибровочной кривой состоит в следующем: 3 см³ ацетальдегида помещают в ампулу, которую затем запаивают и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г. Ампулу вносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ с водой, разбивают и при 20 °С доводят до метки водой. Рассчитывают концентрацию стандартного раствора. Из стандартного раствора готовят растворы различных концентраций для построения калибровочного графика. Стандартный раствор в количестве 25, 15, 10, 5, 2 см³ вносят в мерные колбы вместимостью 50 см³, опуская конец пипетки в предварительно налитую воду, доводят до метки водой.

Определение количества ацетальдегида в серии стандартных растворов проводят после реакции с 2,4-динитрофенилгидразином. Для определения поправки на реактивы проводят слепой опыт без добавления раствора ацетальдегида, вместо него вносят 0,5 см³ дистиллированной воды. Оптическую плотность данного раствора вычитают из оптической плотности стандартных растворов. Строят

калибровочную кривую, откладывая на оси ординат величину оптической плотности раствора, на оси абсцисс — количество ацетальдегида в растворе.

Суммарное количество летучих альдегидов в хлебе выражают в мг ацетальдегида на 100 г сухих веществ хлеба.

Суммарное количество летучих альдегидов в хлебе из пшеничной муки I сорта составляет 2,0 мг ацетальдегида на 100 г сухих веществ, содержание ацетальдегида - 0,7 мг на 100 г сухих веществ хлеба.

Определение содержания бисульфитсвязывающих веществ

Метод основан на взаимодействии карбонильных соединений, содержащихся в продукте, с бисульфитом натрия.

Процесс определения состоит из следующих этапов: проведение реакций образования бисульфиткарбонильных соединений, удаление избытка бисульфита натрия, разрушение бисульфиткарбонильных соединений, количественное определение выделившегося бисульфита натрия, эквивалентного содержанию карбонильных соединений.

Содержание бисульфитсвязывающих карбонильных соединений выражают в см³ 0,1 н. раствора йода, пошедшего на титрование бисульфита натрия, связанного с карбонильными соединениями, содержащимися в 100 г сухих веществ хлеба.

Порядок проведения анализа

Навеску массой 10 г, взятую с погрешностью не более 0,01 г, тщательно растирают в ступке с 0,15 % раствором бисульфита натрия. Затем суспензию количественно переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³, доводят до метки раствором бисульфита натрия, взбалтывают в течение 10 мин, дают отстояться 10 мин и фильтруют в сухую колбу.

В коническую колбу вместимостью 150 см³ вносят пипеткой 10 см³ фильтрата, при анализе сильноокрашенных растворов берут 10 см³ фильтрата и 10 см³ дистиллированной воды. Оттитровывают избыток бисульфита натрия 0,1 н. раствором йода, в качестве индикатора добавляют 1 см³ 1 % раствора крахмала и продолжают титрование до появления слабой фиолетово-голубой окраски. Если йода прибавлено больше, чем необходимо, его оттитровывают 0,01 н. раствором тиосульфата натрия.

Для разрушения бисульфиткарбонильных соединений используют буферный раствор, который позволяет довести РН смеси до 8,3.

При величине рН смеси менее 8 недостаточно четко определяется конец титрования, в растворах с рН более 9 йод взаимодействует с гидроксидом натрия, что делает невозможным количественное определение с использованием в качестве индикатора крахмала.

Для предотвращения окисления бисульфита натрия, выделяющегося при расщеплении бисульфиткарбонильных соединений, кислородом воздуха добавление буферного раствора проводят после прибавления около 90 % объема 0,01 н. раствора йода, пошедшего на ориентировочное титрование, затем продолжают титрование до появления фиолетово-синей окраски, не исчезающей в течение 15 с.

При проведении ориентировочного титрования в реакционную колбу после удаления избытка бисульфита натрия добавляют 15 см³ буферного раствора и сразу же титруют из микробюретки выделившийся бисульфит натрия 0,01 н. раствором йода до появления фиолетово-синей окраски. Отмечают объем титранта.

При проведении основного определения в реакционную колбу после удаления избытка бисульфита натрия вносят около 90 % объема 0,01 н. раствора йода, пошедшего на ориентировочное титрование, затем прибавляют 15 см³ буферного раствора и завершают титрование 0,01 н. раствором йода.

Рассчитывают содержание бисульфитсвязывающих веществ по формуле

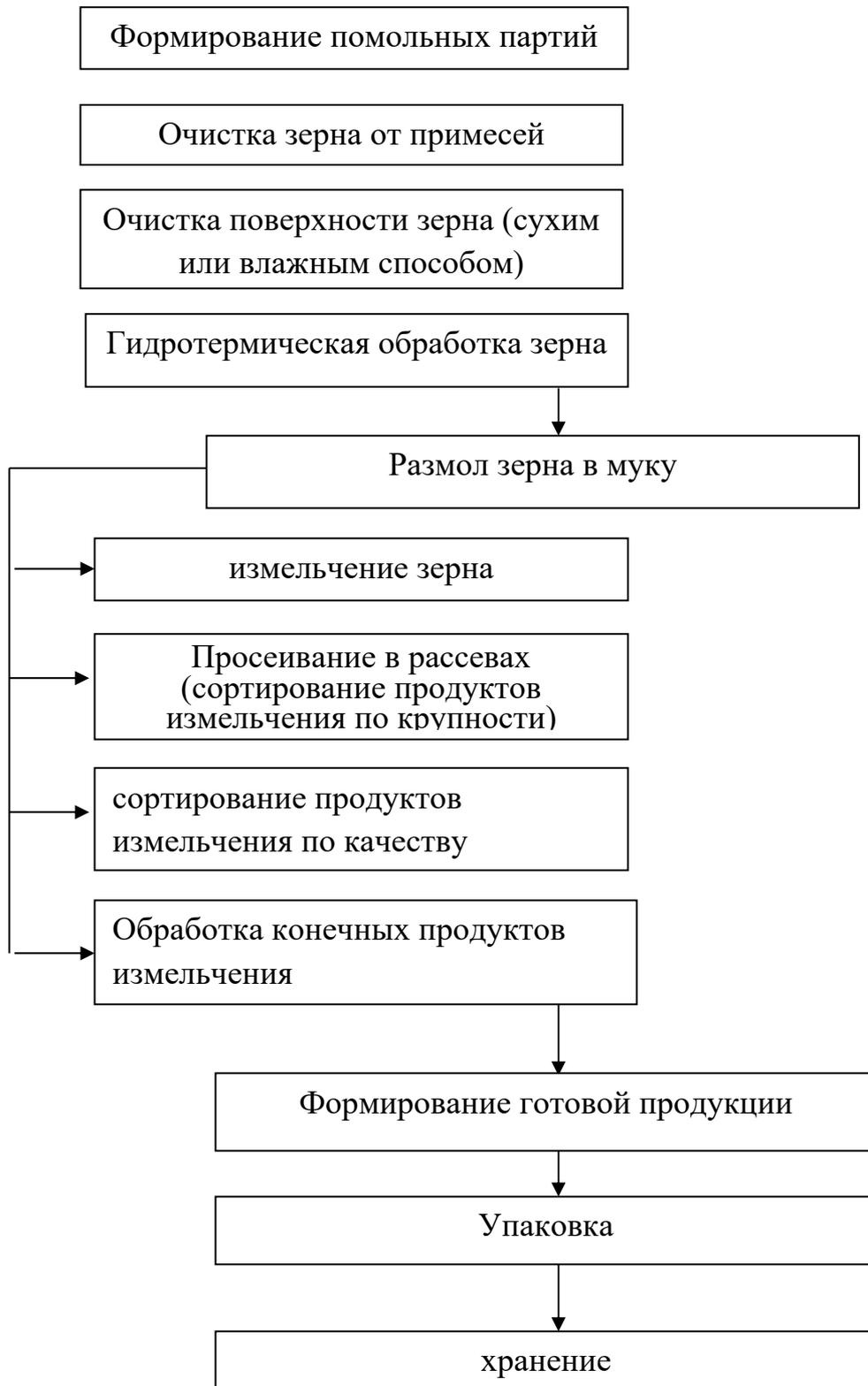
$$X = KV - 100 - 100 / 10(100 - W), \text{ см}^3 \quad (9)$$

где X – содержание бисульфитсвязывающих веществ, см³ 0,1 н. раствора йода на 100 г сухих веществ хлеба; K – поправочный коэффициент, раствора йода; V – объем 0,01 н. раствора йода, пошедший на основное титрование 10 см³ фильтрата, см³; 10 – коэффициент пересчета на 0,1 н. раствор йода; W – массовая доля влаги в продукте, %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корячкина С.Я., Лабутина Н.В., Березина Н. А.,** Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий: Учебное пособие для вузов. М.: ДеЛи плюс. 2012.- 496 с.
2. **Ковальская Л.П.** Общая технология пищевых производств. – М.: Колос. 1993. – 383 с.
3. **Матвеева Т.В., Корячкина С. Я.** Технология мучных кондитерских изделий: Учебник. – СПб.: Троицкий мост, 2011. - 224 с.
4. **Медведев Г.М.** Технология макаронного производства: Учебник. – СПб.: ГИОРД, 2006. –312с.
5. **Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В.** Технология хлеба: ил. (Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий: Учебник для вузов: В 3 ч.; Ч III) – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
6. **Федорова Р.А.** Технология и организация продуктов переработки зерна хлебобулочных и макаронных изделий. Учеб.-метод. пособие СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 78 с.
7. **Федорова Р.А.** Санитария и гигиена при производстве хлебобулочных изделий.- Учеб.-метод. пособие СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 40 с.
8. **Цыганова Т.Б.** Технология хлебопекарного производства: Учеб. для нач. проф. образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 432 с.

Принципиальная технологическая схема производства муки



СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
ГЛАВА 1. ЗЕРНО, КАК ОБЪЕКТ ПЕРЕРАБОТКИ.....	3
Характеристика основных зерновых культур.....	4
1.1. Морфологическое строение зерна.....	9
1.2. Физические свойства зерна.....	10
2. ГЛАВА. ПОНЯТИЕ ПОМОЛА ЗЕРНА. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОМОЛА.....	25
2.1. Классификация помолов.....	27
3. ГЛАВА. БЕЛКОВЫЕ ВЕЩЕСТВА МУКИ.....	30
3.1. Состав и строение белковых веществ.....	30
3.2. Основные свойства белков.....	33
3.3. Классификация белковых веществ.....	33
3.4. Белки клейковины.....	34
3.5. Методы исследования клейковины пшеничной муки... ..	36
3.6. Влияние химических и физических факторов на свойства клейковины.....	37
3.7. Глиадин и глютенин в процессе формирование клейковины.....	37
3.8. Клейковина ржи.....	38
4. ГЛАВА. ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ МУКИ И ИХ ИНГИБИТОРЫ.....	39
4.1. Протеиназы злаковых культур.....	39
4.2. Активаторы и ингибиторы протеолиза.....	40
5. ГЛАВА. БЕЛКОВО-ПРОТЕИНАЗНЫЙ КОМПЛЕКС. МУКИ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ХЛЕБА.....	41
5.1. Изменения белково-протеиназного комплекса пшеничной муки в процессе брожения теста.....	42
5.2. Белково-протеиназный комплекс ржаной муки	43
6. ГЛАВА. УГЛЕВОДЫ МУКИ.....	44
6.1. Строение и основные свойства крахмала.....	44
6.2. Собственные сахара муки.....	47
6.3. Гемицеллюлозы и слизи.....	48
6.4. Амилолитические ферменты	48
6.5. Углеводно-амилазный комплекс пшеничной муки и его изменения в процессе приготовления теста.....	50
6.6. Сахарообразующая способность муки.....	51

6.7. Технологическое значение газообразующей способности муки.....	51
7. ГЛАВА. ЛИПИДЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	53
7.1. Технологическое значение липидных фракций.....	54
8. ГЛАВА. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ВИТАМИНЫ МУКИ. ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ХЛЕБА...	56
9 ГЛАВА. ТЕХНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ.....	58
АНАЛИЗ ЗЕРНА.....	58
АНАЛИЗ МУКИ ТВЕРДЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ.....	65
«СИЛА» МУКИ.....	71
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КЛЕТЧАТКИ В ОТРУБЯХ.....	80
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ЖИРА В ПРОДУКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА.....	82
АНАЛИЗ РЖАНОГО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО СОЛОДА.....	84
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ХЛЕБЕ.....	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	95
Приложение.....	96

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.

Кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья готовит бакалавров и магистров по направлению 260100 «Продукты питания из растительного сырья».

Практически с самого образования кафедры обучение студентов ведется по очной и заочной формам. На современном этапе обучение проходит по двум ступеням — бакалавры, магистры. Первый выпуск магистров состоялся в 2004 году.

На кафедре читаются курсы по таким дисциплинам, как «Введение в технологии продуктов питания», «Биохимические особенности свойств сырья и продуктов питания», «Методы исследования свойств сырья и продуктов питания», «Основы санитарии и гигиены», «Стандартизация и сертификация пищевых продуктов», «Пищевая химия», «Технология отрасли», «Химия отрасли», «Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания», «Биологически активные пищевые добавки», «Проектирование предприятий отрасли», «Основы биотехнологии дрожжей», «Научные основы производства хлеба, кондитерских и макаронных изделий», «Научные основы производства пива, крепких алкогольных и безалкогольных напитков» и другие.

Обучение заинтересованных и способных к научным исследованиям студентов IV–V курсов, а также всех бакалавров и магистров проводится на основе исследовательского метода, с использованием современных компьютерных программ. Результаты своих исследований учащиеся демонстрируют на научных конференциях и публикуют свои работы, как в университетских сборниках, так и отраслевых журналах.

При освоении разделов, имеющих практическое значение, используется метод разбор конкретных ситуаций, а метод имитации производственных ситуаций (деловые игры): вопрос рассматривается с точки зрения оператора, технолога и работника лаборатории.

Оценка деятельности студентов проводится с помощью модульно-рейтинговых подходов, что позволяет дополнительно обеспечить мотивацию студентов к качеству обучения, систематическому контролю приобретаемых знаний и ритмичности самостоятельной работы в течение семестра. Важно, что на протяжении всех курсов дисциплин уделяется особое внимание установлению межпредметных связей, демонстрации возможностей применения полученных знаний в практической деятельности.

При проведении учебно-исследовательских работ студентов активно обсуждаются проблемы, связанные с теорией и практикой хлебопечения и пивоварения.

В процессе обучения проводятся совместные с работниками отрасли семинары, которые проходят как на базе нашего университета, так и в других вузах и фирмах. Для проведения практических и лабораторных работ привлекаются ведущие специалисты отрасли с предприятий и зарубежных фирм (мастер-классы).

Фёдорова Рита Александровна

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА.**

МУКА

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел

Университета ИТМО

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49