

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Р.А. Фёдорова

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СВОЙСТВ ЗЕРНА**

Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2016

УДК 664.6

Фёдорова Р.А. Биохимические особенности свойств зерна:
Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 41 с.

Рассмотрены биохимические основы качества зернового сырья. Приведено описание методик анализа продуктов переработки зерна и вопросы самопроверки знаний.

Предназначено для бакалавров очной формы обучения направления 19.03.02. Продукты питания из растительного сырья при изучении дисциплины «Технология и организация производства продуктов переработки зерна, хлебобулочных и макаронных изделий».

Рецензент: ст. преподаватель кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции СПбГАУ Е.М. Кочергина

Рекомендовано к печати Советом факультета пищевой биотехнологии и инженерии, протокол № 6 от 25.02.2016 г.



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 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

© Фёдорова Р.А., 2016

ВВЕДЕНИЕ

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.

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.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

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.

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

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, а 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 юге Украины.

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 %, 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.

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 пшеницу, 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, урожаи 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, 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 в 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 пшеница 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 пшенице. Твердую пшеницу используют для макаронных изделий, манной крупы, из нее получают муку – крупчатку.

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

На зерно пшеницы имеются четыре стандарта. Первые два стандарта – наиболее полные, включающие в себя 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 красnozерная; II тип – яровая дурум, т. е. твердая; III тип – яровая белозерная; IV тип – озимая красnozерная; 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 красnozерная) примесь других типов допускается не более 10 %, из них пшеницы твердой и белозерной – 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-й подтип – яровая (или озимая) темно-красная стекловидная с общей стекловидностью не менее 75 %; 2-й подтип – яровая (озимая) красная, стекловидность не менее 60 %; 3-й подтип – яровая (озимая) светло-красная, стекловидность не менее 40 %; 4-й подтип – яровая (озимая) желто-красная, стекловидность не менее 40 %; 5-й подтип – яровая (озимая), стекловидность 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 по влажности на четыре состояния: зерно сухое – с влажностью до 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 примесей 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-го, 2-го и 3-го подтипов), а также 1-го 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 следующие показатели: проросшие зерна (в составе зерновой примеси) – не более 1,0 %; стекловидность (в процентах) должна быть 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 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 под-

вергается 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 проходу через сито с размером отверстий 1,70×20 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, а также разработке более совершенных методов оценки качества.

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 наблюдаются различия формы зерна вследствие неодинаковой степени их 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. Длинной считается расстояние между основанием и верхушкой зерна, шириной – наибольшее расстояние между боковыми сторонами и толщиной – расстояние 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 (мик-

рометра, 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 (большему

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 ограниченного крахмала, который то накапливается в очень большом количестве, то 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 трипс, 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 – 1,7×20 мм, ржи – 1,4×20 мм, ячменя – 2,2×20 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. Выравнивание 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 наименьшие. 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 каждого 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, механизующие эту несложную, но трудоемкую операцию. Наиболее перспективны три прибора: 1) счетчик-раскладчик, представляющий собой электрический пылесос, гибкий шланг от которого заканчивается снимающейся насадкой (с углублениями и отверстиями) – насадка отбирает (присасывает) 100 зерен; 2) 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; 3) 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 скола стекла и создает впечатление прозрачной поверхности монолитного плотного вещества; на его мучнистую часть может приходиться не свыше 1/4 плоскости поперечного разреза зерна. Частично стекловидные зерна между стекловидными и мучнистыми занимают промежуточное положение. 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 эндосперм раскалывается на границе между крахмальными зёрнами и промежуточным белком. В эндосперме стекловидной структуры зерна хондросомного крахмала округлые, большие промежутки между ними заполнены более мелкими зёрнами 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 зёрна. 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 крах-

мала влечет за собой снижение хлебопекарных свойств. Для высокого хлебопекарного качества зерна очень важно, чтобы количество крахмала округлой формы было больше количества крахмала ограненной формы.

Имеются особенности в распределении белковых веществ в стекловидном и мучнистом зернах пшеницы. В зерне с мучнистой структурой 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. Содержание белка в центральных слоях эндосперма зерна твердой пшеницы 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 содержания белков и стекловидности в зерне пшеницы. Одни исследователи утверждают, что между ними существует высокая корреляционная зависимость, позволяющая заменить простым и быстрым определением стекловидности длительное и недостаточно точное определение количества и качества клейковины для оценки хлебопекарного достоинства зерна при государственных закупках зерна пшеницы. Имеется в виду, что по стекловидности можно 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 получается, как правило, мягкая, мажущаяся при растирании между пальцами мука. 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 отрубьянистых 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 полустекловидные занимают промежуточное место.

Стекловидные зерна длиннее мучнистых. Таким образом, сортируя их 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 его структуру – одно из свойств здорового зерна, – 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 более. 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 кг/м^3 . Единицу плотности применяют для характеристики однородного вещества. Зерно же, даже в пределах отдельно взятого семени, представляет собой по физическим и химическим свойствам резко разнородный материал. 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 лужжистость

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 лужжистость. 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 микроповрежденным относятся те 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 сушке, неблагоприятных условиях хранения. Трещины могут быть крупными, выходящими наружу, видимыми невооруженным глазом, и мелкими, внутренними, неразличимыми 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 его способность 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. Основным процессом при переработке зерна в муку является его измельчение, на что затрачивается от 50 до 70 % всей энергии, расходуемой на обмолот. Не вдаваясь в рассмотрение сложных взаимосвязей различных механических свойств зерна (твердость, упругость, пластичность и т. д.), наиболее важным

свойством, которое следует учитывать при измельчении зерна, является его 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 зерна определяется методом ситового анализа, который зависит от работы, затраченной на образование единицы новой поверхности зерна. 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 температуры увеличивает прочность зерна. При понижении температуры зерно становится более хрупким и с большей легкостью разрушается. Влияние влажности и температуры на механические свойства зерна связано с изменениями его коллоидных свойств (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 (17–20 %) 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. Дав-

ление 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, полову). 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 снижает товарную ценность зерна, создает очаги повышенной влажности, что повышает риск самосогревания и порчи зерна.

Определение примесей

В крупносеменных культурах (кукуруза и горох) крупную сорную примесь выделяют из средней пробы вручную, без просеивания. Крупными считают примеси, по своим размерам превышающие зерно основной культуры. Выделенная крупная сорная примесь взвешивается по фракциям и выражается в процентах по отношению к массе средней пробы. Используют также соответствующее сито, проводят определение содержания явно выраженной сорной и зерновой примесей в зерне и крупе. Остаток с каждого сита (сход) разбивают вручную на анализной доске. При помощи шпателя или пинцета выделяют отдельные фракции примесей. Если в пробках и навесках зерна обнаружена вредная примесь – спорынья, куколь, то ее определяют в дополнительной навеске 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 в нем как уксусной, так и молочной кислоты. В зерно и продукты могут попасть вредные вещества: остаточное количество пестицидов, применяемое при выращивании зерновых культур; остаточное количество ядохимикатов, используемое в хранилищах зерна; ядовитые вещества, образовавшиеся в зерне в результате развития микроорганизмов. Перезимовавшее в поле или морозобойное зерно может поражаться грибами рода *Fusarium*, рост которых приводит к накоплению токсичных веществ. Определение токсичных свойств зерна проводят 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. С увеличением влажности и засоренности легкими примесями сыпучесть зерна снижается. Скважистость – это наличие в зерновой массе межзерновых скважин, заполненных воздухом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ ЗЕРНА РЖИ

Под качеством зерна ржи 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 к анализу. Для этого из каждой партии зерна анализу подвергается, заранее подготовленная средняя проба. 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 одной 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 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 уда-

ляют, а из оставшихся двух ссыпают вместе и взвешивают на весах. После зерно перемешивают и снова делят квадрат на треугольники. Деление продолжают до тех пор, пока масса зерна в двух треугольниках не достигнет двух килограммов. 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.

Согласно базисным нормам, натура озимой яровой мягкой пшеницы должна быть в пределах 730–755 г/л, а массовая доля влаги соответственно 14–17 %, в зависимости от района выращивания; содержание зерновой примеси для яровой мягкой, яровой и озимой твердой пшеницы – 2 %, для озимой мягкой пшеницы – 3 %, 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 – до 1 %; зараженность вредителями не допускается.

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

Цель работы. Приобретение навыков определения в зерне пшеницы, ржи и ячменя массовой доли влаги и засоренности.

Приборы и посуда: термометр, весы технические с разновесами, лабораторная мельница, сушильный шкаф СЭШ-1, бюксы с металлическими крышками, эксикатор.

Материалы и реактивы: крупнодробленый ячмень, зерно ржи, зерно пшеницы.

1.1. Определение массовой доли влаги в зерне ржи

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.

Порядок выполнения работы

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

Единоразовый размол по крупности должен соответствовать следующим условиям: через проволочное сито с размером ячеек 0,8 мм должно проходить не менее 60 % зерна. 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 массой 5 г каждая. Бюксы с открытыми крышками ставят на высушивание в сушильный шкаф СЭШ-1, предварительно разогретый до температуры 130 °С. Высушивают зерно в течение 50 мин. По истечении времени высушивания бюксы достают щипцами, закрывают крышками и помещают в эксикатор для охлаждения на 20 мин.

Массовую долю влаги (в %) рассчитывают по формуле

$$W = \frac{(m_2 - m_1) 100}{m}, \quad (1)$$

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

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

1.2. 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 – сорную и зерновую.

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 считаются:

- весь проход, получаемый при просеивании зерна через сито с отверстиями диаметром 1 мм;
- семена дикорастущих растений;
- вредная примесь (головня, спорынья, куколь и т. д.);
- минеральная примесь (комочки земли, песок, частицы шлака и т. д.);
- органическая примесь (части стеблей, колоса, пленки, части листьев и т. д.);
- семена культурных растений, не относящихся к зерновой примеси;
- зерна ржи, 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 считаются:

- битые зерна в количестве 50 % от их массы;
- щуплые зерна, недоразвитые;
- проросшие зерна;
- зерна, захваченные морозом;

- зерна сморщенные, белесоватые, сильно потемневшие, давленные, раздутые при сушке, зеленые, плесневые, с измененным цветом оболочек, эндосперм от кремового до светло-коричневого.

Состав сорной и зерновой примесей для каждой культуры определяется стандартом.

К основному зерну относятся зерна целой пшеницы или ржи, а также зерна поврежденной пшеницы и ржи, по характеру повреждений не относящиеся 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, превышающую 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 размером $1,7 \times 20$ мм и сита для облегчения разбора навески $2,5 \times 20$ мм.

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 заключение устанавливают соответствие зерна пшеницы или ржи базисным нормам качества, а также определяют состояние зерна по засоренности. Зерно может быть чистым, если количество сорной примеси составляет до 1 %, средней чистоты – при содержании сорной примеси свыше 1 до 3 % и сорным, если в зерне примесей более 3 % включительно.

1.3. 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, полностью стекловидные 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 в них стекловидные участки составляют не более $\frac{1}{4}$ плоскости поперечного разреза зерна.

В стекловидном зерне содержится больше белковых веществ, чем в мучнистом. Такое зерно крупнее и тяжелее мучнистого и отличается большой механической прочностью.

Консистенция зерна в очень большой степени зависит от климатических условий произрастания злака и количества осадков. Формированию стекловидной структуры эндосперма способствует недостаток влаги в период созревания зерна, большое 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. В пивоваренной промышленности больше ценятся 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. эндосперм лучше отделяется от отрубистых частиц, что 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 по уровню стекловидности (в зависимости от консистенции среза) относят к одной из трех групп. На поверхность сомнительных по стекловидности зерен наносят тонкий слой растительного масла. Через 10–15 с 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 прибавить $\frac{1}{2}$ количества (процента) частично стекловидных зерен.

Общую стекловидность (в %) рассчитать по формуле

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

где S – общая стекловидность; a – количество стекловидных зерен, шт.; b – количество частично стекловидных зерен.

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?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

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, крахмалопаточном 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, он также 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 от 13 до 18 °С в течение 30–32 ч до влажности 50–52 %. Замоченную рожь проращивают в течение 3–4 сут 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 также в барабанах при температуре 55–65 °С. Продолжительность ферментации 5 сут. 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 нем практически инактивируются, поэтому 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 нижеследующим 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 органолептически определяют вкус и запах.

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.

Физико-химические показатели качества солода

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 нем влажности до 10 % могут начаться бактериальные процессы со всеми отрицательными последствиями для качества продукта.

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

Метод высушивания в сушильном шкафу (арбитражный метод).

Навеску солода массой 5 г помещают в предварительно высушенную и взвешенную бюксу, после чего сушат ровно 3 ч в сушильном шкафу при температуре 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 № 1. Берут навеску солода (4 г), проводят обезвоживание в течение 10 мин при температуре 160 °С.

По ГОСТу влажность тонкоразмолотого солода не должна превышать 10 %, а солода 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 т. д.

Качество солода при всех прочих равных условиях считается тем лучше, чем выше в нем 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: приготовления водного солодового экстракта (фильтрата) и определения в нем содержания сухих (экстрактивных) веществ.

При определении экстрактивности ферментированного солода рекомендуется *получать солодовую вытяжку* методом холодного экстрагирования.

Порядок выполнения работы

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

Настаивают солод в течение 15 мин, взбалтывая в продолжение одной минуты через каждые 5 мин. 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.

Пикнометр тщательно моют, высушивают и взвешивают на аналитических весах. Далее в него наливают дистиллированную воду и помещают в водяную баню с температурой воды 20 °С так, чтобы вода доходила до шейки пикнометра. Через 30 мин, не вынимая пикнометр из бани, точно до метки доводят в нём уровень воды. Затем пикнометр вынимают, тщательно вытирают, ставят около весов и через 15 мин 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 30 мин в водяную баню при температуре 20 °С. Далее действуют так же, как при калибровке пикнометра с водой.

Разделив массу исследуемого фильтрата на массу воды в объеме пикнометра при температуре 20 °С, находят относительную плотность раствора

$$D^{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = M_{\text{ф}} / M_{\text{в}}.$$

На основании полученной плотности по таблице находят количество сухих веществ (экстракта вытяжки) в фильтрате e в % к массе. Содержание экстракта E_1 (в % к массе солода) рассчитывают по формуле

$$E_1 = e (W + 1000) / 100 - e, \quad (3)$$

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

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

$$E_2 = e (W + 1000) / 100 - e. \quad (4)$$

Допустимое расхождение между двумя параллельными определениями ± 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, руководясь инструкцией, приложенной к рефрактометру, производят на нём 2–3 отсчёта. По средней арифметической величине этих замеров, выраженных в единицах прибора, находят (по таблице) рефрактометрический показатель содержания сухих веществ в процентах в исследуемом фильтрате. Умножив полученную величину на 10 (разведение), находят по рефрактометрическому показателю количественное содержание водорастворимых веществ в 100 г солода. Затем эту величину пересчитывают на 100 г сухих веществ солода (Y). Далее вносят поправку за счёт содержания в солоде декстринов и других веществ, влияющих на показания рефрактометра, и рассчитывают содержание экстрактивных веществ в солоде по формуле

$$E = 0,901 \times Y - 0,11. \quad (5)$$

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 кислото-реагирующих 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 кислотореагирующих 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 – титриметрическим (арбитражный метод) или потенциометрическим на рН-метре.

Титриметрическое определение кислотности

Порядок выполнения работы

В коническую колбу емкостью 100 мл вносят 2 мл испытуемого фильтрата, 50 мл дистиллированной воды, 2 капли 1 %-го 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

$$K = 5_n E_1 \times 100 / d e (100 - W), \quad (6)$$

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 в конечном результате не должно превышать 2 мл.

По стандартным нормам кислотность ржаного ферментированного солода (при определении методом холодного экстрагирования) не должна превышать 5 градусов.

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, а также 90 мл воды и перемешивают с помощью мешалки.

В другой сосуд вносят 100 мл воды и доливают из микробюретки 0,1 н. раствор йода (25 г йодистого калия и 12,7 г йода в колбе объемом 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 Ц выражают в мл 1 н. раствора йода на 100 г сухого вещества солода и рассчитывают по следующей формуле:

$$Ц = n E_1 \times 100 / d e (100 - W). \quad (7)$$

По нормам ГОСТа показатель цвета ржаного ферментированного солода должен быть в пределах 10–20 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 и 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?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий: Учеб. пособие для вузов / С.Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, Н.А. Березина и др. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 496 с.
2. Материалы III Международного конгресса «Зерно и хлеб в России». 13–15 ноября 2007 г.
3. **Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В.** Технология хлеба: Учеб. для вузов. В 3 ч. Ч. III. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
4. **Фёдорова Р.А.** Технология и организация продуктов переработки зерна хлебобулочных и макаронных изделий: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 78 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	3
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА.....	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 АНАЛИЗ ЗЕРНА РЖИ	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 АНАЛИЗ РЖАНОГО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО СОЛОДА.....	31
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	39

Фёдорова Рита Александровна

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ЗЕРНА

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор

Т.Г. Смирнова

Редактор

Р.А. Сафарова

Компьютерная верстка

Н.В. Гуральник

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Подписано в печать 08.04.2016. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 2,56. Печ. л. 2,75. Уч.-изд. л. 2,56

Тираж 30 экз. Заказ № С 14

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

