***Введение***

Зерно является основным продуктом сельского хозяйства. Из зерна вырабатывают важные продукты питания: муку, крупу, хлебные и макаронные изделия. Зерно необходимо для успешного развития животноводства и птицеводства, что связано с увеличением

производства мяса, молока, масла и других продуктов. Зерновые культуры служат сырьем для получения крахмала, патоки, спирта и других продуктов.

Всемерное увеличение производства зерна - главная задача сельского хозяйства.

Наряду с увеличением производства зерна особое внимание обращается на улучшение качества зерна, и прежде всего на расширение производства твердых и сильных пшениц, а также важнейших крупяных и фуражных культур.

Для успешного решения этих задач необходимо улучшать использование агротехники, шире внедрять высокоурожайные сорта и гибриды, совершенствовать структуру посевных площадей. Большое значение придается также эффективному использованию удобрений, расширению посевов на мелиорированных землях и в зонах достаточного увлажнения.

Возделываемые зерновые культуры относят к трем ботаническим семействам - злаковых, гречишных и бобовых,

***Семейство злаковых***

Основные хлебные культуры - пшеницу, рожь, овес, кукурузу, рис, просо, сорго относят к семейству злаковых (Graminial), классу однодольных растений.

Различают две формы злаковых - - яровые и озимые. Яровые растения высевают весной, за летние месяцы они проходят полный цикл развития и осенью дают урожай. Озимые растения сеют осенью, до наступления зимы они прорастают, а весной продолжают свой жизненный цикл и созревают несколько раньше, чем яровые. Озимую и яровую формы имеют пшеница, рожь, ячмень и тритикале. Все остальные злаки бывают только яровыми. Озимые сорта, как правило, дают более высокий урожай, однако их можно выращивать в районах с высоким снежным покровом и достаточно мягкими зимами.

К биологическим признакам, характеризующим злаковые культуры, относят строение корня, стебля, листьев, цветков и др.

Корень злаков - мочковатый, хорошо развитый (длина корешков достигает 3 м и более, а кукурузы и сорго - 8 - 10 м), но у пшеницы, ржи, ячменя и овса основная часть корневой системы расположена на глубине до 20 - 30 см, поэтому эти злаки особенно чувствительны к засухе. Корневая система остальных злаковых культур уходит в землю глубже, поэтому они более засухоустойчивы.

Стебель злаков - соломинка, состоящая из трех - пяти междоузлий, соединенных стеблевыми узлами. У ячменя, ржи, овса и мягкой пшеницы соломина внутри пустая, что при неблагоприятных погодных условиях приводит к полеганию растений и большим потерям урожая, особенно у высокорослых растений. Поэтому при выведении новых сортов злаков стремятся к получению средне- и короткостебельных растений. Стебель твердой пшеницы и остальных злаков заполнен паренхимной тканью.

Листья злаков ланцетовидные, с параллельным жилкованием. У основания они свернуты в трубочки, прикрепленные к стеблевым узлам и охватывающие часть стебля. Листья являются основными фотосинтезирующими органами; поэтому их число, размеры и состояние оказывают существенное влияние на урожайность.

Цветок злаков (за исключением кукурузы) называется колоском, который состоит из стержня, завязи с двумя перистыми пестиками и тремя тычинками. Снаружи завязь прикрывают колосковые чешуи (пленки), выполняющие роль околоцветника. В зависимости от длины тычиночных нитей и строения пестика цветки могут быть самоопыляющимися и перекрестноопыляемыми (рожь, кукуруза).

Урожайность перекрестноопыляемых злаков менее устойчива и зависит от погоды в период цветения. Колоски большинства злаков одноцветковые, а у овса в одном колоске иногда могут быть собраны две-три завязи. Зерна, развивающиеся в многоцветковых колосках, более мелкие и неоднородные по крупности. Они снижают товарные качества, затрудняют переработку зерна.

Цветки злаков собраны в соцветия. У колосковых злаков (пшеницы, ржи, ячменя) соцветием является сложный колос. У пшеницы и ржи на каждом уступе стержня сложного колоса развивается по одному зерну, а всего их в колосе содержится от 30 до 60. У разных сортов ячменя на каждом уступе стержня может развиваться как по одному зерну (двурядный), так и по два-три (многорядный). Многорядный ячмень дает неоднородное по крупности зерно.

Метельчатые злаки - овес, просо, рис, сорго имеют соцветия в виде метелки, у которой колоски располагаются на удлиненных ветвящихся цветоносах. Количество зерен в метелке бывает от 50 - 60 (овес) до нескольких сотен (чумиза). Обычно верхушечные колоски зацветают несколько позже, чем нижние, поэтому в зерновой массе метельчатых злаков часто встречаются недозревшие зерновки.

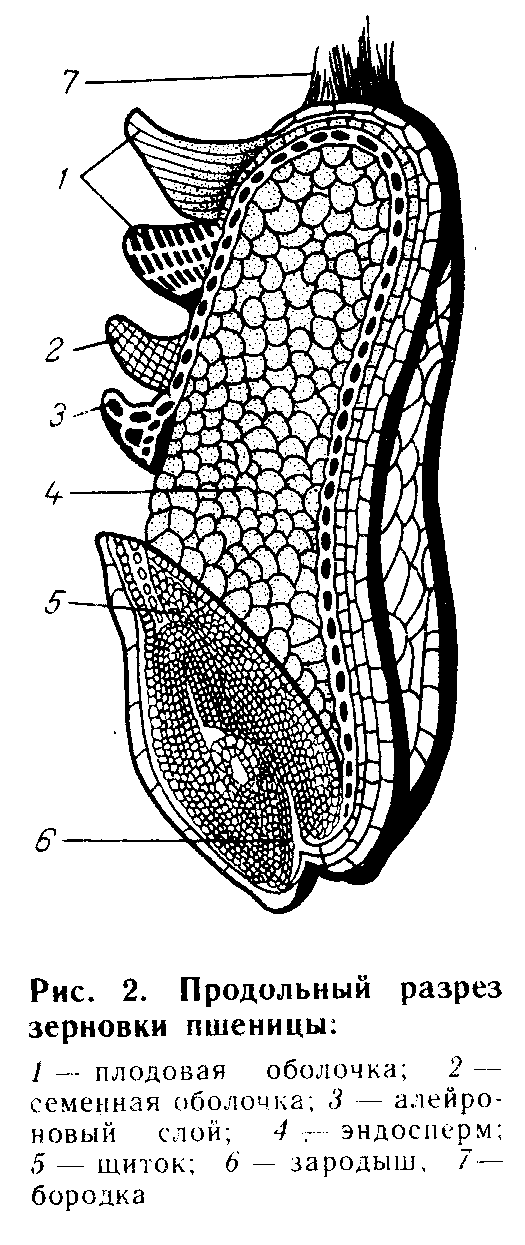
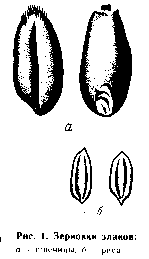
Особое место среди злаков занимает кукуруза - однодомное раздельнополое растение, женские цветки которого собраны в початки, расположенные в пазухах листьев по 3 - 5 на одном стебле, а мужские - в метелки, растущие по одной на верхушке стебля. Початок состоит из стержня, на котором вертикальными рядами располагаются от 300 до 1000 зерновок. Снаружи початок покрыт видоизмененными листьями-обертками. Зерна составляют около 60 % массы початка.

Плод злаков - зерновка - развивается из оплодотворенной завязи цветка. При обмолоте пшеницы, ржи и тритикале зерновки легко отделяются от цветковых пленок. Не имеет их кукуруза. Эти злаки называются голозерными. У остальных злаков цветковые пленки плотно облегают зерновку и при обмолоте не отделяются. Эти культуры называют пленчатыми (ячмень, овес, рис, просо, сорго).. Чем больше масса цветковых пленок на поверхности зерновки - ядра и чем труднее они удаляются, тем соответственно меньше выход крупы или муки при переработке такого зерна.

По внешнему виду (морфологическим признакам) зерновки злаковых культур подразделяют на настоящие ( пшеница, рожь, ячмень, овес) и просовидные (остальные культуры).

На рис. 1 показан внешний вид зерновки пшеницы и риса. Форма зерновки (рис.1а) продолговатая или продолговато-овальная, со стороны спинки четко различим зародыш, который выглядит небольшой овальной вмятинкой. С противоположного конца зерна видна бородка (хохолок), образованная выростами клеток наружного слоя оболочек. Длина волосков и густота бородки являются родовым и видовым признаками настоящих злаков. Со стороны брюшка вдоль всей зерновки проходит бороздка (желобок), углубляющаяся внутрь зерновки на 1/2-1/3 ее толщины и иногда образующая там петлю, осложняя отделение оболочек при выработке сортовой муки.

Просовидные злаки (рис. 1б) могут иметь форму продолговатую (рис), округлую (просо, сорго) или клиновидно-овальную (кукуруза). Характерной особенностью этих злаков является отсутствие у зерновок бороздки и бородки.



Зерновка любого злака состоит из трех основных частей зародыша, эндосперма и оболочек. На рис. 2 показано строение зерновки пшеницы.

**Зародыш**, состоит из корешка, стебелька и почечки, дающих жизнь новому растению. Зародыш плотно прилегает к эндосперму, от которого отделен видоизмененной семядолей - щитком. Через щиток, богатый ферментами, питательные вещества при прорастании из эндосперма поступают в зародыш.

**Эндосперм** - основная часть зерновки. Представляет собой мучнистое ядро, в котором сосредоточены запасные питательные вещества. В центре эндосперма клетки крупные, тонкостенные, часто неправильной формы. При удалении от центра размер клеток постепенно уменьшается, форма их становится близкой к прямоугольной призме. Внутри клеток белки образуют как бы сплошную матрицу, в которую вкраплены крахмальные гранулы разных размеров. В центральной части эндосперма наряду с мелкими и средними находится много крупных гранул крахмала. По мере удаления от центра к оболочкам количество и размеры крахмальных гранул уменьшаются, а доля белка увеличивается.

Краевой слой эндосперма - алейроновый, прилегающий к оболочкам, по виду резко

отличается как от внутренней его части, так и от оболочек. Он образован толстостенными клетками и правильной, почти кубической формы. Алейроновый слой пшеницы, ржи, овса состоит из одного ряда клеток, ячменя - из трех - пяти рядов. Эта особенность строения зерновки ячменя может быть использована для обнаружения под микроскопом примеси ячменной муки к пшеничной или ржаной. Клетки алейронового слоя заполнены мелкими тельцами (у некоторых видов и сортов пшеницы в виде кристалликов) с вкрапленными между ними мельчайшими капельками жира.

**Оболочки** защищают семя от воздействия внешней среды. Голозерные злаки имеют две оболочки. Снаружи зерновка покрыта плодовой оболочкой (перикарпием), которая образуется из стенок завязи и состоит из трех слоев крупных толстостенных одревесневших клеток, пустых внутри. Расположение слоев клеток в перикарпии напоминает - кирпичную кладку, что придает оболочке большую прочность.

Семенная оболочка образуется из стенок семяпочки и также состоит из трех слоев клеток, но мелких и неправильной формы. В среднем - пигментном слое семенной оболочки содержатся красящие вещества, придающие окраску зерновке.

При современной технологии переработки зерна оболочки м алейроновый слой стремятся удалить. При этом толщина оболочек и алейронового слоя, образующих отруби, оказывает влияние на качество вырабатываемого продукта. Очень тонкие оболочки легко измельчаются и переходят в муку, а чрезмерно толстые затрудняют отделение эндосперма, уменьшая выход муки. У пшеницы толщина плодовой и семенной оболочек колеблется от 0,03 до 0,97 мм, а алейронового слоя - от 0,03 до 0,06 мм. Интересно отметить, что алейроновый слой пшеницы, состоящий всего из одного ряда клеток, по толщине приближается к оболочкам. Как правило, мелкое зерно имеет более толстые оболочки.

Соотношение анатомических частей зерновки злаков имеет важное технологическое значение. Чем больше оболочек, тем меньше питательных веществ содержит зерно и меньше соответственно выход продуктов при переработке. У голозерных злаков содержание колеблется (в %) : эндосперма - от 70 до 85, алейронового слоя - от 4 до 12, плодовой и семенной оболочки - от 5 до 9, зародыша - 1,5 - 7 (у кукурузы до 15) массы зерновки.

Цветковая оболочка пленчатых культур составляет (в %): у ячменя - 9 - 13, проса - 16 - 18, риса - 18 - 22, овса - 25 - 30 массы зерновки.

***Семейство гречишных***

Семейство гречишных (класс двудольных растений) в зерновом хозяйстве представлено единственной культурой - гречихой (Fagorpyrum Mill). Это яровое однолетнее растение, имеющее стержневой корень, травянистый ветвистый стебель, стреловидные листья. Цветки правильные, с пятилепестковым венчиком от бледно-розовой до красной окраски. Цветки собраны в соцветия - кисти. Гречиха является перекрестноопыляемым растением, хорошим медоносом. Однако цветки раскрываются лишь на один день и не одновременно на всей кисти, поэтому урожай сильно колеблется в зависимости от погодных условий в период цветения и количества насекомых-опылителей на полях. Созревание плодов также происходит не одновременно.

**Плод гречихи** - орешек, как и у злаков, состоит из трех частей - зародыша, эндосперма и оболочек. Зародыш очень крупный в виде ленты, похожей на латинскую букву S, пронизывает весь эндосперм, частично проходя у поверхности ядра. Эндосперм рыхлый, мучнистый, легко дробящийся при переработке. Ядро (эндосперм с зародышем) покрыто тонкой нежной семенной оболочкой розового или кремового цвета, у недозрелых ядер она может быть зеленоватой.

Снаружи орешек покрыт жесткой кожистой плодовой оболочкой, срастающейся с ядром лишь в одной точке - месте прикрепления к растению. Окраска плодовой оболочки от серебристосерой до темно-коричневой и зависит как от сорта, так и от степени зрелости плода.

Соотношение частей плода гречихи (в % ): эндосперма - 55 - 65, алейронового слоя - 4 - 5, зародыша - 10 - 15, семенной оболочки - 1,5 - 2,0, плодовой оболочки (пленчатость) - 17 - 25.

***Бобовые культуры***

Бобовые культуры принадлежат к семейству мотыльковых (Leguminosae), классу двудольных растений. В нашей стране пищевое использование имеют однолетние травянистые растения - горох, фасоль, соя, чечевица, чина, нут, бобы, вигна.

**Корни** бобовых культур стержневые, хорошо развитые, с характерной особенностью: на них поселяются два вида бактерий - азотобактер и клубеньковые, фиксирующие азот из воздуха и обогащающие почву азотистыми веществами. **Стебель** травянистый, вьющийся или прямостоящий, но легко полегающий, что затрудняет механизацию выращивания и уборки. **Цветки** с несимметричным, напоминающим летящего мотылька, околоцветником, яркой окраски - от белой до темно-фиолетовой. Они собраны в соцветия - кисти. Цветение и созревание довольно сильно растянуты во. времени, что снижает урожайность и делает зерно неоднородным по крупности и степени созревания.

**Плод** - боб различной формы, состоящий из двух створок - мощно развитых плодовых оболочек, между которыми находятся до десяти семян округлой почковидной, иногда сплюснутой формы. Семя бобовых является сильно разросшимся зародышем, состоящим из двух первых видоизмененных листиков-семядолей, в которых находится запас питательных веществ для будущего растения, и ростка - зародышевого корешка, стебелька и почерки. Окраска семядолей является видовым и сортовым признаками семян бобовых культур и может быть белой, зеленой, желтой разных оттенков и др. Снаружи семя покрыто плотной кожурой - семенной оболочкой. Место, которым семя прикреплялось к створке боба, имеет утолщение на оболочке - рубчик. Оболочка бобовых может быть полупрозрачной, и тогда цвет семени зависит от окраски семядолей (горох, чина, нут), непрозрачной - белой, однотонно или пестро окрашенной. Как правило, темноокрашенные семена (за исключением фасоли) имеют кормовое назначение.

Соотношение частей семени (в %): семядоли - 87 - 93, росток - 1 - 2,5, семенная оболочка - 6 - 11.

***Пищевая ценность зерна***

Пищевая ценность зерна и продуктов его переработки определяется химическим составом, усвояемостью веществ, образующих их, и колеблется в зависимости от многих факторов. Зерновые культуры, относящиеся к разным семействам, отличаются не только соотношением питательных веществ, но и их составом и свойствами.

Зерно злаков, как видно из табл. 1, не имеет резких различий по количеству содержащихся веществ, но характеризуется определенными особенностями. Ядро пленчатых культур после удаления цветковой пленки по содержанию основных веществ приближается к химическому составу голозерных злаков. Белки - важнейшие вещества, входящие в состав любой живой клетки. Их содержание в зерне, состав и свойства определяют технологические и пищевые достоинства продуктов переработки зерна.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание, % на сухое вещество | | | | | | | | | |
|  | белков | углеводов | | | |  | | | |  | |
| Культура |  | крахмала | сахаров | некрахмальных полисахаридов | | | липидов | | золы | | | |
|  |  |  |  | целлюлоз | гемицеллюлоз, пектинов и др. | | |  |  | | | | |
| Пшеница | 10-20 | 60-75 | 2-3 | 2-3 | 6-9 | | | 2-2,5 | 1,5-2,2 | | | | |
| Рожь | 8-14 | 58-66 | 1,9-3,5 | 1,8-3,2 | 8-15 | | | 1,7-3,5 | 1,7-2,3 | | | | |
| Тритикале | 11-23 | 49-57 | 2,5-3 | 2-3 | 7-11 | | | 3-5 | 1,8-2,2 | | | | |
| Кукуруза | 9-11 | 68-76 | 1,5-4 | 2,5-3 | 5-8 | | | 4-6 | 1,4-1,8 | | | | |
| Ячмень в пленках | 9,5-14,5 | 58-68 | 2-3 | 4,5-7,2 | 10-16 | | | 1,9-2,6 | 2,7-3,1 | | | | |
| Ячмень без пленок | 13-15,8 | 76-80 | 2,5-3,5 | 1,9-3,1 | 6-9 | | | 1,7-3,1 | 1,8-2,6 | | | | |
| Овес в пленках | 10-14 | 40-50 | 1,0-1,8 | 11,5-14 | 14-22 | | | 4,5-5,5 | 4,0-5,7 | | | | |
| Овес без пленок | 12-25 | 67-72 | 0,8-1,5 | 1,8-2,5 | 6-11 | | | 6,0-7,5 | 1,8-2,5 | | | | |
| Рис в пленках | 6-10 | 65-75 | 0,5-1,0 | 9,5-12,5 | 18-28 | | | 1,5-2,5 | 4,5-6,8 | | | | |
| Рис без пленок | 7,5-12 | 78-82 | 0,4-1,2 | 0,8-1,6 | 3-7 | | | 1,5-2,3 | 0,9-1,5 | | | | |
| Просо в пленках | 10-15 | 58-65 | 0,4-0,7 | 10-11 | 12-26 | | | 1,9-2,3 | 3,7-4,5 | | | | |
| Просо без пленок | 14,6-19,5 | 67-72 | 0,4-1,0 | 1,2-2,0 | 4-7 | | | 3,5-4,5 | 1,5-1,8 | | | | |
| Сорго в пленках | 9-14 | 51-61 | 1-3 | 5-6,5 | 10-20 | | | 2,7-3,7 | 1,8-3,0 | | | | |
| Сорго без пленок | 10-15 | 70-81 | 1,5-3,2 | 1,8-2,5 | 5-8 | | | 3-5,5 | 1,6-2,5 | | | | |

***Формирование пищевой ценности***

***зерна при выращивании***

Накопление питательных веществ начинается с момента опыления завязи зерна и заканчивается при его обмолоте. Весь период созревания зерна условно подразделяют на три фазы.

**Первая фаза формирования пищевой ценности зерна** характеризуется высокой влажностью (85 - 65 %), преобладанием в зерновке растворимых соединений, поступающих из основных фотосинтезирующих органов - листьев, где из неорганических соединений (углекислого газа, воды, минеральных солей) образуются сахара, аминокислоты, жирные кислоты, амиды и др. В этой фазе формируется длина зерновки, поэтому очень важно наличие в почве достаточного количества влаги и растворимых минеральных солей. Поступающие в зерно растворимые органические вещества под действием ферментов постепенно полимеризуются с образованием крахмала, белков, жиров, однако содержимое зерновки в этой фазе жидкое, похоже на «молочко», отсюда другое ее название - молочная стадия спелости.

Вторая фаза формирования пищевой ценности зерна - фаза налива. Завершает формирование размеров зерна - его ширины и толщины. В начале фазы в колос активно поступают питательные вещества, к концу этот процесс замедляется. Активность ферментов к середине этого периода достигает максимума, затем начинает постепенно снижаться, так же изменяется и скорость превращения растворимых веществ в нерастворимые; влажность снижается примерно до 35 %. Оболочки теряют хлорофилл и приобретают желтоватую окраску. Эндосперм из жидкого постепенно становится вязким, плотным, воскоподобным, поэтому вторую фазу часто называют восковой стадией спелости.

**Третья фаза формирования пищевой ценности зерна** - фаза созревания. Завершает формирование урожая. К ее началу поступление питательных веществ в зерно замедляется, а затем и прекращается. Однако синтез высокомолекулярных соединений

с затухающей скоростью продолжается и после уборки урожая. В этот период окончательно формируется типичная окраска зерна, его влажность снижается до 15 - 18% и зависит от погодных условий, консистенция становится твердой. Объем зерна может несколько уменьшаться, что приводит к его осыпанию и потере части урожая при перестое. Установлено, что наилучшее качество муки получается при скашивании растений в конце восковой стадии спелости, когда нижняя часть стеблей еще зеленая, и при обмолоте валков через 4 - 6 дней после скашивания. За эти дни часть питательных веществ из стеблей дополнительно переходит в зерно, благоприятно сказываясь на количестве и качестве урожая. Пищевая ценность продуктов, вырабатываемых из зерна, не остается постоянной, а находится в зависимости от исходного сырья.

Качество урожая определяется соотношением и совокупностью действия внутренних и внешних факторов. К внутренним факторам относят природные особенности растений, их биологическую сущность, наследственные признаки. Внешними факторами являются климатические условия, состав почвы и совокупность агротехнических мероприятий.

Селекция и ее теоретическая основа - генетика в настоящее время обеспечивают широкие возможности создания сортов интенсивного направления, урожайность которых в 2 - 3 раза превышает известные сорта. Например, озимые сорта пшеницы Аврора и Кавказ при надлежащем уходе дают до 70 - 80 ц/га при средней урожайности пшеницы в мире 22,5 ц/га. Американские ученые Нельсон и Мертц впервые указали на то, как можно управлять количеством и качеством белка в кукурузе, воздействуя на ее генный аппарат. Открытые ими мутации генов Опейк-2 и Флаури-2 позволили получить гибриды кукурузы, содержащие до 1,7 - 18 % белка, а лизина и триптофана в 2 -3 раза больше, чем обычно. К настоящему времени селекционеры разных стран вывели высококолизиновые сорта сорго, риса, ячменя. Ведется работа по выведению урожайных сортов высокобелковой и высококлейковинной пшеницы; создаются высокомасличные сорта кукурузы, из которых одновременно с крупой можно получать большое количество пищевого масла; есть положительные результаты по выведению высоковитаминных сортов зерна пшеницы.

На пищевую ценность зерна влияет внешняя среда. Впервые влияние географического фактора на химический состав пшеницы показал Лясковский в 1865 г. Он установил, что наиболее богата белком пшеница, выращенная в Среднем и Нижнем Поволжье, на Украине, Северном Казахстане, Западной Сибири. В дальнейшем было показано, что накопление большого количества белка в зерне зависит от состава почвы, наличия в ней необходимого, но не избыточного количества влаги, достаточной освещенности и тепла -оптимально 20 - 30'С). Накоплению питательных веществ мешают дожди в первый период налива зерна, когда поступающие в него питательные вещества находятся в низкомолекулярном, растворимом состоянии. Растворимые углеводы и белки как бы вымываются из зерна, «стекают», и оно остается щуплым, плохо налившимся. Поэтому районы, где часты дожди в это время, дают урожай с меньшим содержанием белка. Отмечено, что зерновые культуры характеризуются различной сопротивляемостью к неблагоприятным условиям выращивания. Наиболее устойчивой является озимая рожь, затем яровой ячмень, озимая и яровая пшеница.

Состав почв и применение минеральных удобрений являются наиболее существенными факторами, обеспечивающими получение высоких урожаев зерна. В настоящее время плодородия даже самых мощных черноземов недостаточно для обеспечения высоких урожаев по интенсивным технологиям выращивания зерновых культур, поэтому применение органических и минеральных удобрений необходимо. По данным института агрохимического обслуживания сельского хозяйства, прибавка урожая зерна в результате применения макроудобрений (солей азота, фосфора и калия) составила ( в ц/га): озимой ржи - 7,0; озимой пшеницы - 6,7; яровой пшеницы - 4,4; кукурузы - 11,6; ярового ячменя - 6,8; овса - 7,1; гречихи и проса - по 4. Дополнительное применение микроудобрений (марганца и бора) увеличивало, по данным академика П. А. Власюка, урожай озимой пшеницы еще на 3 ц/га.

Однако применение минеральных удобрений должно проводиться под строгим контролем химической службы агропромышленного комплекса. Растения должны получать необходимые элементы питания с учетом их наличия в почве и прогнозируемого урожая. Избыток удобрений, так же как и их недостаток, снижает урожай, ухудшает его технологические и пищевые достоинства и может привести к образованию вредных веществ, например нитрозаминов.

Защита растений от вредных факторов при выращивании позволяет повысить урожай на 10-30 % и более. Применяемые при этом пестициды (ядохимикаты): гербициды, уничтожающие сорняки; фунгициды, предохраняющие растения от болезней; инсектициды, уничтожающие вредителей; ретарданты, регулирующие рост и тем предохраняющие растения от полегания и потери урожая; десиканты, вызывающие подсыхание растений перед уборкой, при неумелом использовании могут накапливаться в зерне и оказывать неблагоприятное действие на его качество. Проникая в растения, пестициды могут изменять физикохимические свойства протоплазмы клеток, следствием чего являются нарушения физиолого-биохимических процессов, протекающих в растениях. В результате возможны перераспределение веществ между органами растений, стимуляция либо угнетение синтеза отдельных питательных веществ, разрушение особо пенных ингредиентов продукта. а также образование токсических соединений при взаимодействии химикалия с естественными веществами растительных тканей1.

Отмечено, что накопление некоторых пестицидов в зерне может быть причиной их попадания в продукты переработки, так как они накапливаются не только в оболочках, но и в эндосперме. Поэтому в большинстве стран мира установлены предельные нормы содержания пестицидов в пищевых продуктах - их количество не должно превышать 0,01 - 5,0 мг на 1 кг продукта в зависимости от токсичности и скорости распада пестицида.

***Зерновая масса и показатели ее качества***

Зерновая масса, образующаяся при уборке урожая, неоднородна. Кроме полноценного зерна, в ее составе находится определенное количество неполноценных и испорченных зерен основной культуры, семян других культурных и дикорастущих растений, минеральная и органическая примеси, микроорганизмы, а иногда и амбарные вредители. В то же время при любых операциях с зерном (заготовках, переработке, хранении) необходимо знать качество данного зерна, чтобы обеспечить объективный расчет с поставщиками и оптимальное использование. На хлебоприемные пункты зерно поступает партиями.

1 Казаков Е.Д. Кретович В.Л. Биохимия дефектного зерна и пути его использования. М.: Наука, 1979

Партия - любое количество однородного по качеству зерна (зерновой массы), удостоверенного одним документом и предназначенного к одновременной приемке, сдаче, отгрузке или хранящегося в одной емкости. Размер партии может быть различным - от одного или нескольких мешков до эшелона, однако однородность партии по органолептическим признакам зерна основной культуры (форме, окраске) обязательна.

При оценке определяют ряд показателей, характеризующих партию зерна в целом, - органолептические свойства, влажность, содержание примесей, натуру, отсутствие или наличие амбарных вредителей. Кроме того, обязательно исследуют качество зерна основной культуры: крупность и выравненность, у пленчатых культур - пленчатость, стекловидность и другие свойства зерна, учитываемые при переработке.

**Органолептическая оценка** имеет важное значение, поскольку окончательное суждение о достоинстве продукта питания можно иметь только при потреблении его в пищу. Нормальное зерно любой культуры имеет характерные для нее естественную окраску, блеск, запах и вкус. Эти показатели легко изменяются при неблагоприятных условиях созревания, уборки, перевозки, нарушении режимов сушки и хранения.

Цвет и характерный блеск, придаваемый хорошо созревшему зерну восковым налетом на поверхности, легко теряются, если влажное зерно долго не сушат, оно начинает самосогреваться и на его поверхности развиваются микроорганизмы. Зеленоватые оттенки имеет недозревшее и морозобойное зерно.

Запах и вкус здорового зерна специфический у каждой культуры и слабо выраженный, почти пресный. Однако зерно является хорошим сорбентом и легко поглощает любые посторонние запахи. В процессе уборки в зерновую массу могут попасть семена или вегетативные части пахучих сорняков - полыни, дикого чеснока, донника и др. Особенно неприятными являются запахи полыни и головни, которые не удаляются при всех видах переработки. Солодовый привкус и запах имеет зерно самосогреваюшееся; если при этом на нем развивались плесени, то появляется плесневый запах. Глубоко зашедшие процессы плесневения приводят к образованию затхлого и гнилостного запаха. Нарушение режимов сундуки вызывает образование подгоревшего или дымного запаха.

Развитие в хранящемся зерне амбарных вредителей, особенно клещей, влияет на вкус и запах зерна. При небольшом их количестве зерновая масса приобретает приятный медовый запах, дальнейшее размножение и жизнедеятельность клещей приводят к образованию запах тухлых яиц (сероводорода).

При чрезмерно длительном хранении зерна постепенно могут появляться привкусы и запахи, свойственные прогоркающему жиру.

Зерно, имеющее посторонние привкусы и запахи, не удаляющиеся при проветривании, переработке и пищевому использованию не подлежит.

**Влажность** зерновой массы является одним из главных факторов, определяющих его сохранность. В счетом зерне влага находится в связанном состоянии, имеет низкую активность и не может участвовать в биологических и физико-химических процессах.

Повышение влажности приводит к появлению определенного количества свободной воды, характеризующейся невысокой энергией ее связи с тканями зерна. Она может принимать активное участие в протекающих в зерне физико-химических ферментативных процессах.

Стандарты предусматривают четыре состояния по влажности (в %): сухое - 13 - 14, средне - сухое - 14,1 - 15,5; влажное - 15,6 - 17 и сырое - свыше 17. На длительное хранение пригодно только сухое зерно.

**Засоренность зерна** отрицательно влияет на качество продуктов переработки. Однако степень снижения их качества для разных фракций примесей различна, поэтому их принято подразделять на две группы - зерновую и сорную. К зерновой примеси относят такие компоненты зерновой массы, которые позволяют получить из них некоторое количество продуктов, хотя при меньшем выходе и более низкого качества. К сорной примеси относят включения, оказывающие резко отрицательное влияние на качество продуктов переработки основной культуры.

Зерновая примесь включает неполноценное зерно основной культуры: сильно недоразвитое -щуплое, морозобойное, проросшее, битое (вдоль и поперек, если осталось более половины зерна), поврежденное вредителями (с незатронутым эндоспермом), потемневшее при самосогревании или сушке; у пшеницы сюда же относят зерна, поврежденные клопом-черепашкой. У пленчатых культур к зерновой примеси относят обрушенные (освобожденные от цветковой пленки) зерна, так как они сильно дробятся при переработке основного зерна.

Зерна других культурных растений при оценке могут попадать как в зерновую примесь, так и в сорную. Руководствуются при этом двумя критериями. Во-первых, размерами зерен примеси. Если примесь резко отличается от основной культуры по крупности и форме, то она будет удалена при очистке зерна, поэтому такую культуру относят к сорной примеси. Например, просо или горох в пшенице. Во-вторых, возможностью использования примеси по назначению основной культуры. Если примесь дает продукт, хотя и несколько худший по качеству, чем основная культура, то ее следует отнести к фракции зерновых примесей. Если же она резко снижает качество продукта переработки, то ее относят к сорной примеси. Например, содержащиеся в зерновой массе пшеницы рожь и ячмень будут отнесены к зерновой примеси, все остальные культуры - к сорной; у проса - зерна всех культурных растений будут отнесены к сорной примеси.

Особо следует обратить внимание на оценку ржи. Присутствие во ржи зерен пшеницы и ячменя не ухудшает качество ржаной муки, поэтому эти культуры будут отнесены к основному зерну. Сорную примесь подразделяют на несколько фракций, различных по составу. Минеральная примесь - пыль, песок, галька, кусочки шлака и т. п. крайне нежелательны, так как они придают хруст муке, делая ее непригодной к потреблению; органическая примесь - кусочки стеблей, листьев, колосовые чешуи и т. п.; испорченное зерно основной культуры и других культурных растений с полностью выеденным вредителями или потемневшим эндоспермом; семена культурных растений, не вошедшие в состав зерновой примеси; семена сорных трав, выросших на полях с культурными растениями.

При оценке зерна семена сорных трав подразделяют на несколько групп: легко отделимые. трудно отделимые, с неприятным запахом и ядовитые. Легко отделяются от большинства культур семена василька полевого, костра ржаного, пырея, гречишки развесистой и вьюнковой и др.; трудно отделяются (близкие по размеру и форме к определенным культурным растениям) семена овсюга полевого от овса, пшеницы и ржи, дикой редьки и татарской гречихи от гречихи и пшеницы, щетинника сизого от проса, дикого проса и курмака от риса; к сорнякам с неприятным запахом относят полынь, донник, дикие лук и чеснок, кориандр и др.

Ядовитые семена сорняков особенно нежелательны в -жерновой массе. К этой группе относятся куколь, распространенный почти по всей территории страны. В его семенах содержится - ликозид агроспермин, обладающий - горьким вкусом и наркотическим действием. Горчак (софора лисохвостная) имеет не только ядовитые и горькие семена, ядовито все растение. Ядовитыми являются семена вязеля, дурмана, триходесмы седой, гелиотропа опущенного, плевела опьяняющего и некоторых других сорных растений. Все ядовитые сорняки выделяют в особую группу сорной примеси - вредную. К ней относят также ядовитые грибковые заболевания культурных растений - головню и спорынью, а также животного паразита угрицу. Г о л о в н я поражает большинство злаков. В зерновой массе она встречается в виде «мешочков» обычно несколько больших размеров и более округлых, чем нормальные зерна пшеницы. Содержимое головневых мешочков - споры гриба - черная масса с неприятным селедочным запахом, а их оболочка - плодовые и семенные оболочки зерна. Эндосперма и зародыша в этих зернах нет, так как они полностью поглощены грибом. Содержание в зерне головни строго ограничивается, если она обнаружена, то зерно хранится и перерабатывается отдельно.

Спорынья чаще всего поражает рожь, значительно реже другие злаки. В зерновой массе спорынья встречается в виде склероций (грибницы) -- рожков черно-фиолетового цвета, длиной 5 - 20 мм. Токсичность спорыньи обусловлена содержанием лизергиновой кислоты и ее производных - эргозина, эрготамина и других, обладающих сильным сосудосуживающим действием. Это свойство спорыньи используют в медицине для получения препаратов, останавливающих кровотечение.

Угрица - животный паразит, относящийся к классу червей, группе нематод. В зерновой массе встречается в виде галл, имеющих неправильную форму, короче и шире зерна, бороздки нет, оболочка толстая, поверхность бугорчатая, цвет коричневый. Галла в 4 - 5 раз легче зерна пшеницы. Внутри галлы находятся до 15 тыс. личинок угрицы, способных сохранять жизнеспособность до 10 лет. Значительная примесь галл ухудшает хлебопекарные качества зерна, придает хлебу неприятные вкус и запах.

**Натура** - масса единицы объема зерна. В нашей стране единицей объема зерна является литр. Натура зависит от формы, крупности и плотности зерна, состояния его поверхности, выравненности и степени налива зерновок, их влажности и содержания примесей. Зерно округлое укладывается в мерку плотнее, чем удлиненное. У крупного, хорошо налившегося зерна натура бывает более высокой, чем у мелкого; зерно, имеющее большую плотность, имеет и более высокую натуру. При гладкой поверхности в мерку укладывается больше зерен, чем при шероховатой. При повышении влажности зерна натура, как правило, снижается. Примеси, содержащиеся в зерновой массе, искажают ее натуру. Тяжелые (минеральные) примеси и мелкие семена сорняков увеличивают, а легкие (цветковые пленки и др.) уменьшают ее. Температура, при которой измеряется натура, также оказывает определенное влияние на натуру - у холодного зерна она несколько выше, чем у теплого. Зерно с большей натурой, как правило, хорошо развито, выполнено, содержит больше эндосперма и меньше оболочек, поэтому дает больший выход муки и крупы.

У разных культур показатель натуры имеет разное значение. Так, он колеблется в среднем ( в г/л): у пшеницы - от 740 до 790, ржи - от 670 до 715, ячменя - от 540 до 610, овса - от 460 до 510.

**Зараженность зерна амбарными вредителями** наблюдается при неблагоприятных условиях хранения, в неподготовленных и необеззараженных хранилищах. В зерновой насыпи развиваются насекомые и клеши. Они не только поедают зерно, но и сильно загрязняют его своими трупами, линочными шкурками и экскрементами, снижают пищевые достоинства, способствуют повышению влажности, что может вызвать самосогревание, развитие микроорганизмов. Амбарные вредители охотно питаются не только зерном, но и продуктами его переработки - мукой, крупой, пищевыми концентратами, сухарями, некоторые из них могут питаться макаронными изделиями, сушеными овощами, фруктами и др. Беспозвоночных амбарных вредителей относят к классу насекомых (жуки и бабочки) и паукообразных (клещи).

***Показатели, характеризующие количество зерна***

***основной культуры***

Длина Ширина Толщина

Пшеница 4,2- -8,6 1,6 -4,0 1,5- -3,8

Рожь 5,0 - 10,0 1,4 - 3,6 1,2 - 3,5

Кукуруза 5,5 - 13,5 5,0 - 11,5 2,5 - 8,0

Ячмень . 7,0 - 14,б 2,0-5,0 1,4 - 4,5

Овес . 8,0 - 16,6 1,4 - 4,0 1,2 - 3,6

Рис 5,0 - 12,0 2,5 - 4,3 1,2 - 2,8

Просо 1,8- - 3,2 1,2 - 3,0 1,0 - 2,2

На практике о крупности судят по результатам просеивания навески зерна на ситах с установленными стандартами размерами продолговатых отверстий. Обычно длина отверстий делается значительно больше длины зерна и сортировка при просеивании проводится по ширине (толщине). Установлено, что у пшеницы, например, между толщиной зерна и содержанием в нем эндосперма существует высокая корреляционная зависимость (V =0,99+0,61). Для других культур с толщиной также связано более высокое содержание эндосперма.

Выравненность (однородность) зерна по крупности связана с его технологическими свойствами. Выравненное зерно крупное или средней крупности легче перерабатывать (особенно в крупу), при этом получается более высокий выход и лучшее качество продукции. Выравненность определяют одновременно с крупностью просеиванием на ситах и выражают в процентах по наибольшему остатку на одном или на двух смежных ситах. Одновременно определяют содержание мелких зерен, снижающих выход крупы и муки. Их доля в зерновой массе большинства культур не должна превышать 5%. При переработке мелкие зерна отделяют и используют на корм скоту.

Масса 1000 зерен, рассчитанная на сухое вещество, характеризует крупность зерна. У разных культур масса 1000 зерен колеблется в широких пределах.

Масса 1000 зерен, в г на сухое вещество:

Пределы Крупное Среднее Мелкое

колебаний

Пшеница..... 12--75 Более 35 25 - 35 Менее 25

Рожь . 10 - 45 Более 25 20 - 25 Менее 20

Ячмень...... 20 - 55 Более 40 30 - 40 Менее 30

Гречиха . 15 - 40 Более 23 20 - 23 Менее 20

Просо . 3 - 8 Более 6 4,5 - 6,0 Менее 4,5

Стекловидность зерна характеризует консистенцию, структуру эндосперма, взаиморасположение его тканей. Стекловидное зерно в поперечном разрезе напоминает поверхность скола стекла, отсюда и его название. При просвечивании оно кажется прозрачным. Мучнистое зерно имеет рыхло-мучнистую структуру, в разрезе белый цвет и вид мела. В частично стекловидном (полустекловидном) зерне в поперечном срезе видны как стекловидные, так и мучнистые участки, просвечивает оно не полностью.

Структура эндосперма, его стекловидность или мучнистость, зависит от количества, состава, свойств, размеров, формы и расположения крахмальных гранул; от количества, свойств и распределения белковых веществ; характера и прочности связи между. белками и крахмалом. В стекловидном зерне питательные вещества уложены очень плотно, между ними не остается микропромежутков. В мучнистом эти промежутки есть, они рассеивают свет, обусловливая непрозрачность, рыхлость эндосперма.

Белки, образующие в клетках эндосперма сплошную среду, в которую вкраплены крахмальные гранулы, образуют с ними связь различной прочности. Часть белка очень прочно связана с крахмалом и при дроблении клеток от него не отделяется, образуя вокруг гранул своеобразную белковую оболочку. Этот белок носит название прикрепленный. Остальной белок как бы заполняет промежутки между крахмальными гранулами, при дроблении клеток освобождается, его называют промежуточным белком. По данным Н. П. Козьминой, в стекловидном зерне прикрепленного белка содержится несколько больше, а промежуточного меньше, поэтому такое зерно при дроблении раскалывается на более крупные частицы - крупку и почти не дает муки.

Стекловидность обычно связана с характером обмена, веществ , при наливе и созревании зерна. Высокая температура, недостаток влаги, сжатый период налива и созревания зерна увеличивают стекловидность. Аналогично влияет избыток азота, а повышенное содержание фосфора уменьшает стекловидность. Стекловидное зерно пшеницы, ржи, ячменя обычно содержит больше белка, чем мучнистое. У риса эта связь отсутствует.

Стандарты на зерно предусматривают определение стекловидности у пшеницы и риса. При производстве крупы и муки из ячменя и кукурузы желательно иметь стекловидное зерно, дающее продукты лучшего товарного вида. В пивоварении целесообразно использовать мучнистый ячмень, в котором несколько меньше белка, поэтому пиво более устойчиво к помутнению. У ржи этот показатель не определяют; стекловидность у зерна ржи, как правило, бывает ниже, чем у зерна пшеницы. Однако известно, что стекловидное и полустекловидное зерно ржи лает более высокий выход сортовой муки. При определении общей стекловидности к числу стекловидных зерен прибавляют половину полустекловидных и сумму выражают в процентах к общему количеству исследованных зерен.

**Плотность зерна** в целом и его анатомических частей имеет важное технологическое значение. Как правило, хорошо налившееся зерно имеет более высокую плотность, чем недозревшее. Плотность зерна и его частей зависит от их химического состава. Наибольшую плотность имеют крахмал и минеральные вещества, поэтому с увеличением их доли растет плотность зерновки, и, наоборот, увеличение количества белка (1,34 - 1,37) и липидов (0,89 - 0,99) снижают плотность зерна. Существенные различия химического состава обусловливают большие колебания плотности зерна (г/см3): пшеницы - 1,33 - 1,53; ржи - 1,26 - 1,42; кукурузы - 1,23 - 1,27; ячменя - 1,23 - 1,28; овса - 1,11 - 1,15. Анатомические части зерновок сильно различаются не только по химическому составу и структуре, но и по плотности. Так, плотность целого зерна яровой мягкой пшеницы составляет в среднем 1,336, ее эндосперма - 1,471, зародыша - 1,290, оболочек - 1,066. На этих различиях основана в настоящее время вся технология переработки. зерна.

**Пленчатость** - содержание цветковых пленок у пленчатых злаков и плодовых оболочек у гречихи, выраженное в процентах к массе зерна. Пленчатость сильно колеблется в зависимости от культуры, ее сорта, района и года выращивания. Крупное зерно, как правило, имеет меньше пленок и дает больший выход продуктов. Пленчатость колеблется (в %): у овса - 18 - 46, ячменя - 7,5 - 15, риса - 16 - 24, проса - 12 - 25, гречихи - 18 - 28.

**Дефектные партии зерна** иногда поступают в заготовительную сеть и могут попасть в переработку. Если на почве наблюдаются ранние заморозки и зерно в это время находилось в молочной или начале восковой фазы спелости, то в нем нарушается синтез высокомолекулярных соединений и изменяются технологические свойства. Клейковина морозобойного зерна пшеницы отмывается в небольшом количестве, становится темной, малоэластичной, крошащейся. Хлеб получается неэластичным, с липким заминающимся мякишем, с малой пористостью, солодовым или травянистым вкусом. Проросшее на корню или в валках зерно образуется при дождливой погоде во время уборки; чаще прорастает рожь. В нем повышена активность ферментов, особенно амилаз. Хлеб получается малого объема с неэластичным, глинистой консистенции, плохо разрыхленным мякишем, со сладковатым, солодовым привкусом.

Зерно, поврежденное клопом-черепашкой, полевым вредителем, нападающим чаще всего на озимую пшеницу, но питающимся и другими злаками. На месте прокола остается темная точка, окруженная резко очерченным пятном сморщившейся беловатой оболочки, эндосперм в месте укуса при надавливании крошится. Клоп-черепашка оставляет в зерне очень активные протеолитические ферменты. Сильная пшеница при содержании 3 - 4 % поврежденных зерен переходит в группу слабой. Клейковина из зерна, поврежденного клопом-черепашкой, под действием этих ферментов быстро разжижается. Выпеченный хлеб получается малых объема и пористости, плотным, с поверхностью, покрытой мелкими трещинами, невкусным.

Микотоксикозы - поражение различными грибными заболеваниями при выращивании, уборке, нарушении режимов хранения зерна. Уже упоминавшиеся ранее спорынья и головня являются примерами таких заболеваний.

Грибы рода фузариум повреждают зерно всех культур, чаще настоящих злаков. Заражение происходит в поле, но развитие грибов в хранилище прекращается только при снижении влажности зерна до 14 %. В зерне, перезимовавшем в поле, часто накапливается много токсинов этого гриба. Грибы этого рода продуцируют ряд токсинов, в том числе трихотецены и зеараленон, вызывающие тяжелые отравления человека и животных. У человека потребление хлеба, полученного из муки, содержащей мицелий фузариума, вызывает отравление; похожее на опьянение: появляются дурнота, головокружение, рвота, сонливость и т. д. При этом ослабляется функция костного мозга, поэтому резко падает доля лейкоцитов в крови. Затем развивается никротическая ангина. Зерно, пораженное фузариумом, хранят отдельно от продовольственного и фуражного и используют для технических целей.

Микотоксины образуют и другие плесневые грибы, которые могут развиваться на поверхности зерна и продуктов его переработки при неблагоприятных условиях хранения.

Афлатоксины, поражающие печень и обладающие выраженным канцерогенным действием, продуцируются грибами рода аспергиллов (Asp.flavus и Asp. parasiticus). Охратоксины вырабатывают грибы рода пенициллов. Охратоксины также поражают печень и обладают коканцерогенным действием. Многие другие плесневые грибы также могут продуцировать токсины. К настоящему времени выделено и изучено свыше 100 микотоксинов; они устойчивы к применяемым при переработке зерна температурам, кислотам или восстановителям. Поэтому наиболее надежным способом предохранения от них пищевых продуктов является исключение плесневения зерна.

Дефектным считается также зерно, поврежденное самосогреванием и нарушениями режимов сушки.

***Стандартизация и оценка качества зерна***

Качество зерна - важный и обязательный объект государственного планирования и контроля. В основе государственной системы управления качеством зерна лежит его стандартизация. Она позволяет систематизировать зерно по определенным качественным группам, создать крупные партии одного качества, выявить недоброкачественное зерно. Качество зерна и продуктов. его переработки регулируется ГОСТами.

На пути движения от поля до потребителя оценка качества зерна проводится по нескольким стандартам. Государственные закупки проводятся по стандартам на зерно заготовляемое; хлебохранилища передают его на переработку по стандартам на зерно поставляемое целевое (распределяемое, мукомольное, крупяное, пивоваренное и др.); при использовании на посев оценка производится по стандарту на зерно семенное; при продаже другим странам пользуются стандартом на зерно, направляемое на экспорт; оценка зерна производится по стандарту на правила отбора проб и методы испытаний.

В стандартах на зерно заготовляемое для всех культур установлена классификация - деление на типы, подтипы по ботаническим признакам, окраске, районам выращивания и т. п. Кроме того, установлены базисные (расчетные) и ограничительные кондиции. Указано также, что у данной культуры считают основным зерном, сорной и зерновой примесями.

Базисные кондиции - нормы качества, которым должно отвечать созревшее зерно. Они установлены по основным показателям качества зерновой массы и для большинства культур находятся в следующих пределах (в %): влажность - 14 - 15, зерновая и сорная примеси - 1 - 3, натура - в зависимости от культуры и района выращивания. Закупочные цены устанавливаются на зерно базисных кондиций.

Ограничительные кондиции отражают предельно допустимые пониженные (по сравнению с базисными) требования, при которых зерно еще может быть принято с соответствующей корректировкой цены. При отклонении качества зерна в сторону ухудшения от базисных кондиций применяют натуральные и денежные скидки (рефакции), а в сторону улучшения - надбавки (бонификации); за зерно твердой пшеницы и лучших сортов других культур установлены сортовые надбавки, размер которых колеблется от 10 до 100 % закупочной цены.

Стандарты на зерно распределяемое (отпускаемое) и целевые устанавливают нормы, которым должно соответствовать качество зерна, передаваемого элеватором на переработку. Поскольку каждое зернохранилище перед закладкой на хранение обязано очистить зерно от большей части содержащихся в нем примесей

и подсушить его до сухого состояния, то эти требования бывают более строгими, чем при заготовках. Кроме того, в целевых стандартах предусмотрены дополнительные показатели, учитывающие требования соответствующей отрасли переработки. Так, у крупяного зерна нормируются содержание мелких зерен до 5 % и чистого ядра, которое должно быть не менее (в %): у гречихи - 71, проса - 74, овса - 63. Для ячменя, направляемого на пивоварение, нормируются всхожесть и энергия прорастания и т. д.

***Изменения качества зерна при хранении***

Зерновые хлеба относятся к устойчивому в хранении при надлежащих условиях сырью. Основное количество зерна хранят на элеваторах - крупных полностью механизированных зернохранилищах. Емкости для хранения зерна представляют собой вертикально поставленные цилиндры-силосы из железобетона диаметром 6 - 10 м и высотой 15 - 30 м. Верхняя часть оборудована отверстием для загрузки зерна, нижняя заканчивается конусом с отверстием для его выгрузки. Внутри силосов на расстоянии 1 м друг от друга по высоте смонтированы термопары для определения температуры хранящейся насыпи зерна. Провода термопар выведены на единый пульт, и оператор, наблюдающий за сохранностью продукта, в любой момент может узнать температуру зерновой массы практически в любой точке силоса. Кроме того, каждый силос оборудован установкой для проведения активного вентилирования - устройством для продувания воздуха через толщу хранящегося зерна.

Элеватор снабжен лабораторией, которой проводится оценка качества зерна; рабочей башней, где сосредоточено зерноочистительное и сушильное оборудование, а также установкой для приема и отпуска зерна.

Поступающее на элеватор зерно после лабораторного анализа объединяют по массе в крупные партии, соответствующие емкости силоса (от 300 т до 15 тыс. т). При этом не допускается смешивания зерна, относящегося к разным типам и подтипам, так как они обладают разными хлебопекарными свойствами. Нельзя смешивать зерно, имеющее разную влажность и засоренность. Отдельно от здорового хранят и обрабатывают зерно, зараженное амбарными вредителями, и дефектное - морозобойное, проросшее, головневое, полынное и др.

Очистка зерновой массы от посторонних примесей производится сразу после поступления его в зернохранилища. Семена сорняков, вегетативные органы растений имеют более высокую влажность, запах пахучих сорняков частично адсорбируется зерном, и чем дольше они будут находиться в соприкосновении, тем больше зерна может испортиться. Кроме того, экономически нецелесообразно расходовать дополнительную энергию на сушку примесей и занимать объемы хранилищ их хранением.

Однако полной очистки зерновой массы от примесей на элеваторах не производят, это осуществляют перерабатывающие предприятия.

Сушка зерна - ответственная технологическая операция перед закладкой на хранение. Оптимальные результаты дает сушка зерна теплым сухим воздухом. Однако более экономичной является сушка воздухом в смеси с топочными газами. В этом случае качество зерна во многом будет зависеть от вида топлива. Не рекомендуется использовать дрова, придающие зерну запах дыма. Каменный уголь, особенно содержащий много серы, при сгорании образует сернистый ангидрид, который частично может поглощаться зерном и ухудшать качество клейковины. Кроме того, в топочных газах, образующихся при сжигании каменного угля, содержится повышенное количество полициклических ароматических углеводородов, в частности бензпирена, обладающего канцерогенными свойствами. Оптимальными видами топлива, не загрязняющими зерно бензпиреном, являются нефтепродукты и газ.

Температура зерна при сушке не должна превышать 45 'С. Перегрев зерна приводит к ухудшению качества клейковины вплоть до полной ее денатурации. Снижается также активность ферментов.

За один прием сушки из очень влажного зерна нельзя удалять более чем 3 - 3,5% влаги, поэтому зерно с влажностью более 17,5 - 18 % сушат в несколько приемов. Перерывы между этапами сушки необходимы для перераспределения влаги из внутренних частей зерновки к поверхности, в противном случае поверхностные слои зерна растрескиваются, что приводит к ухудшению сохраняемости, снижаются выход и качество готовой продукции. После сушки влажность зерна не должна превышать 14 %.

***Физические свойства зерновой массы***

**Сыпучесть и самосортирование** относят к физическим свойствам зерна. Зерновая масса состоит из множества отдельных твердых частиц, различных по размеру и плотности, поэтому обладает большой подвижностью - сыпучестью. Наибольшей сыпучестью обладают округлые зерна с гладкой поверхностью (просо, горох), у зерна продолговатого с шероховатой поверхностью сыпучесть снижается.

С сыпучестью связана способность зерновой массы к самосортированию. При любом перемещении или встряхивании зерновая масса «расслаивается». Тяжелые компоненты - минеральная примесь, крупные зерна как бы «тонут», опускаются вниз, а легкие - органический сор, семена сорняков и щуплые зерна «всплывают». Это может оказать отрицательное влияние на сохранность, так как обычно семена сорных трав и щуплое зерно имеют повышенную энергию дыхания, что может привести к порче зерна при хранении. Способность зерновой массы к самосортированию учитывается при отборе проб для анализов.

**Скважистость** - заполненные воздухом промежутки между зернами в насыпи. Обычно скважистость выражают в процентах к общему объему данной насыпи. Плотность укладки зерновой массы в объеме хранилища и, следовательно, ее скважистость зависят от формы, размеров и состояния поверхности зерен, от количества и характера примесей, от массы и влажности зерновой насыпи, формы и размеров хранилища. Однородное по крупности зерно, а также зерно с шероховатой поверхностью имеют скважистость большую, чем зерна разной крупности и округлой формы. Так, скважистость составляет (в %): ржи и пшеницы - 35 - 45, гречихи и риса (зерна) - 50 - 65, овса - 50 - 70.

Запас воздуха в межзерновых пространствах имеет большое значение для сохранения жизнеспособности семян. Большая газопроницаемость зерновых масс позволяет проводить активное вентилирование, регулировать состав газовой среды в межзерновых пространствах, вводить пары ядохимикатов для борьбы с амбарными вредителями. Однако наличие межзерновых пространств и кислорода в них благоприятствует развитию амбарных вредителей.

**Сорбционные свойства зерна** также относят к физическим. Зерно всех культур и зерновые массы в целом обладают сорбционной емкостью, т. е. способностью поглощать газы и пары различных веществ. Эта способность зерна обусловлена его капиллярно-пористой структурой, что делает активную поверхность зерновки в 200 - 220 раз больше истинной. Кроме того, для биополимеров (белков, слизей, крахмала) характерно отсутствие прочной кристаллической решетки, поэтому молекулы воды и других веществ могут легко внедряться в них, взаимодействуя с активными центрами. В белках этими центрами являются такие функциональные группы, как - NН -, Н2N -, - СООН, - СОNН2, - ОН; в углеводах - ОН и - 0 -. При изменении условий окружающей среды зерно может частично отдавать поглощенные им вещества - десорбировать их. Однако полностью десорбция не происходит.

Явления сорбции принято подразделять на две группы: сорбция и десорбция различных газов и паров, кроме воды; гигроскопичность - сорбция и десорбция паров воды.

Способность зерна и продуктов его переработки активно сорбировать газы и пары различных веществ обязывает руководителей заботиться о чистоте транспорта и хранилищ, иначе продукты по вкусу и запаху могут стать непригодными для пищевых целей. При борьбе с амбарными вредителями можно применять лишь такие пестициды, которые менее вредны для теплокровных и более полно десорбируются.

Гигроскопичность зерновой массы оказывает наибольшее влияние на стойкость зерна при хранении. Хорошо сохраняет свои исходные свойства только то зерно, в котором вся влага находится в связанном коллоидами состоянии. Между относительной влажностью (~) воздуха в хранилище и влажностью зерна через определенное время устанавливается динамическое равновесие. Каждому значению относительной влажности воздуха и его температуры соответствует определенная равновесная влажность продукта. Например, при температуре около 20 С и ~= 15 - 20 % равновесная влажность зерна устанавливается около 7 %, а при ~= 100 % достигает 33 - 36 %. Оптимальный интервал влажности воздуха при положительной температуре (10 - 20'С) находится в пределах от 60 до 70 %. В этих условиях равновесная влажность продуктов равна 13 - 14 %.

Влажность продукта, при которой в нем появляется свободная вода, носит название критической. Для большинства культур критическая влажность лежит в интервале 14,5 - 16 %. Зерно, достигшее ее, может заплесневеть.

Гигроскопичность зерна и продуктов его переработки зависит от содержания в них белков и высококомолекулярных пентозанов, способных поглощать влаги больше, чем другие вещества.

**Теплопроводность и температуропроводность зерна** также относят к физическим свойствам. Тепло в зерновой массе распространяется двумя способами: от зерна к зерну при их соприкосновении - теплопроводность зерна и перемещением воздуха в межзерновых пространствах - конвекция. Зерно имеет теплопроводность, близкую к древесине, т. е. обладает низкой теплопроводностью. Воздух также характеризуется небольшой теплопроводностью. Поэтому суммарный показатель теплопроводности зерновой массы в целом невелик и колеблется в пределах от 0,12 до 0,2 ккал

Скорость нагревания зерновой массы - температуропроводность зависит от теплопроводности и также невелика. Таким об-, разом, зерновая масса характеризуется большой тепловой инерцией, изменение температуры зерна в средних слоях насыпи происходит очень медленно. Поэтому зерно в зимние месяцы можно охладить, проведя активное вентилирование насыпи холодным сухим воздухом. Низкая температура его сохраняется в течение большей части лета, в результате чего замедляются биохимические процессы, протекающие в нем, и прекращается размножение амбарных вредителей. Если же на хранение засыпано теплое зерно, то в нем долго сохраняются благоприятные условия для: активной жизнедеятельности самого зерна, амбарных вредителей и микроорганизмов. В весенне-летний период, а также в осенне-зимний наблюдается большая амплитуда колебаний температуры между отдельными слоями зерновой массы, что может привести к конденсации влаги на отдельных ее участках, увлажнению зерна.

***Биохимические процессы, происходящие в зерновой массе***

Зерно - живой организм, находящийся в покое и, следовательно, как и в любом живом организме, в нем совершается постоянный, хотя и медленный, обмен веществ, поддерживающий жизнь зародышевой клетки. Характер и интенсивность физиологических процессов, протекающих в зерновой массе при хранении, зависят не только от активности ферментативного комплекса зерна, но и от условий окружающей среды. Основным, важнейшим физиологическим процессом, протекающим в зерне, является дыхание.

Дыхание обеспечивает энергией клетки семян за счет окисления органических веществ, главным образом сахаров, под действием окислительно-восстановительных ферментов. При достаточном доступе кислорода в зерне преобладает аэробное дыхание, которое можно выразить суммарным уравнением С6Н12О6+6О2 6СО2+6Н2О+674 ккал (2821,9 кДж) на 1 грамм-молекулу (180 г) израсходованной глюкозы.

2Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки М.: Колос,1980.

При недостатке кислорода полного окисления органических веществ не происходит, в зерне идет процесс анаэробного (интрамолекулярного) дыхания (спиртового брожения), выражаемого суммарным уравнением: С6Н12О6 2С2H5OH+2СО2+ 28,2 ккал (118 кДж) на 1 грамм-молекулу израсходованной глюкозы. При анаэробном дыхании параллельно со спиртовым брожением частично может идти и молочно-кислое, при котором из глюкозы образуется молочная кислота2: С6Н12О6 2СН3СН (ОН) СООН+ 22,5 ккал (83,5 кДж), что приводит к медленному нарастанию титруемой кислотности продукта. Анаэробное дыхание зерновой массы нежелательно, так как накопление этилового спирта и других промежуточных продуктов дыхания может привести к гибели зародыша, т. е. потере всхожести семян.

Вид дыхания зерна можно определить по его дыхательному коэффициенту - отношению объема выделенного диоксида углерода к объему поглощенного кислорода. При отношении, равном единице, идет аэробное дыхание, если это отношение меньше единицы, то часть кислорода расходуется на другие процессы в зерновой массе; дыхательный коэффициент больше единицы бывает в том случае, когда наряду с аэробным идет и анаэробное дыхание, и чем больше выделяется углекислого газа и меньше поглощается кислорода, тем больше его доля. Интенсивность дыхания зависит от влажности, температуры и качества зерна.

Сухое зерно имеет невысокую интенсивность дыхания. За год хранения при температуре 10 - 20 'С 1 т сухого зерна (с влажностью до 14 %) теряет за счет дыхания 100 г (0,01 %) массы. У зерна средней сухости (от 14,1 до 15,5 %) интенсивность дыхания примерно в 1,5 - 2 раза выше, чем у сухого. Влажное зерно ' (влажность 15,5 - 17%) разных культур резко увеличивает интенсивность дыхания (кратное): пшеница - в 4 - 8, овес - в 2 - 5, кукуруза - в 8,5 - 17 по сравнению с зерном средней сухости. На рис. 3 показана зависимость интенсивности дыхания от влажности зерна проса.

Температура хранения оказывает существенное влияние на интенсивность дыхания. Зерно, хранящееся при температуре, близкой к 0 'С, дышит с исчезающе малой интенсивностью, как это видно на рис. 3. По мере повышения температуры интенсивность дыхания возрастает, достигая максимума при 50 - 55'С, после чего начинает резко падать. Падение совпадает с началом тепловой денатурации белков, инактивации ферментов, т. е. началом гибели зерна. На рис. 4 видно, что при температуре около 0 'С можно хранить определенное время даже, зерно с повышенной влажностью.

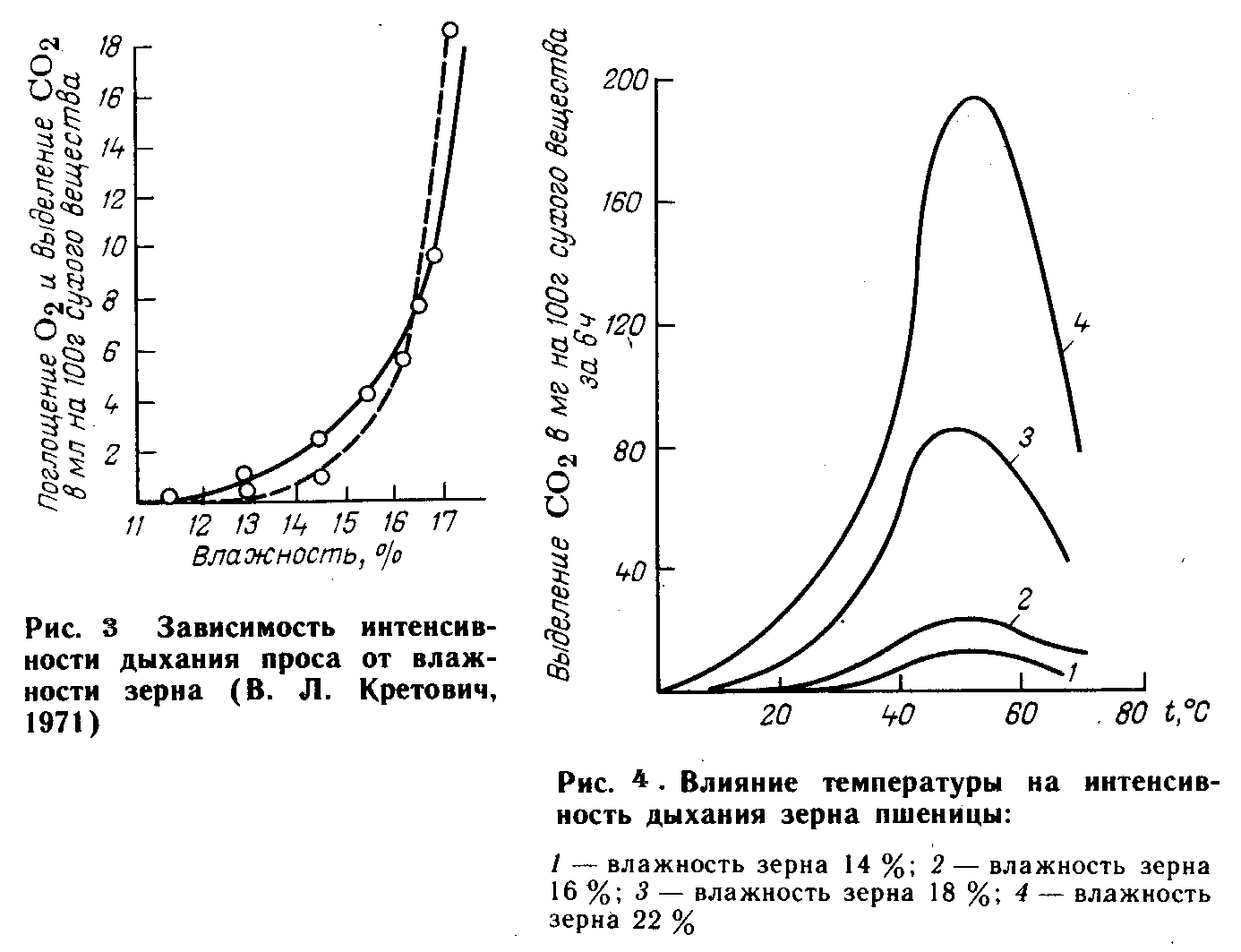
Качество зерна оказывает существенное влияние на энергию его дыхания. Чем хуже качество зерна, тем труднее его хранить.

Следствия дыхания зерна при хранении. Каким бы способом ни дышало зерно, этот процесс вызывает:

потерю сухого вещества (убыль массы) зерна. Расходуемая, при дыхании глюкоза постоянно пополняется за счет ферментативного гидролиза крахмала;

изменение состава воздуха межзерновых пространств за счет выделения диоксида углерода и расходования кислорода, что в конечном итоге может вызвать анаэробное дыхание;

увеличение количества гигроскопической влаги в зерне и повышение относительной влажности воздуха в межзерновых пространствах. Образующаяся при аэробном дыхании вода остается в зерновой массе и при высокой интенсивности дыхания может существенно увлажнить ее, приводя тем самым к еще большему увеличению интенсивности дыхания;



образование тепла в зерновой массе особенно при высокой интенсивности аэробного дыхания мотает быть весьма существенным. Известно, что зерновая масса обладает низкой теплопроводностью, поэтому образующееся тепло вызывает повышение температуры и, следовательно, интенсивности дыхания. Два последних названных следствия дыхания являются причинами возникновения самосогревания зерновой массы, приводящего ее к порче, а иногда и к полной гибели.

**Самосогревание** - результат высокой интенсивности дыхания зерновой массы, развития в ней плесеней, а иногда и амбарных вредителей. В начальной стадии самосогревания (повышение температуры до 30 'С) зерно приобретает солодовый запах и сладковатый вкус, свойственные прорастающему зерну. Поверхность зерна сначала обесцвечивается, затем приобретает красноватый оттенок, а эндосперм - сероватый. В нем повышаются доля моносахаридов, титруемая кислотность и кислотное число жира. Активность ферментов существенно возрастает. Объемный выход хлеба снижается, мякиш получается более темным, чем из нормального зерна. При переработке пшеницы с солодовым запахом ее смешивают с нормальным зерном.

При развитии самосогревания и повышении температуры до 40 - 50 'С и выше поверхность зерна темнеет вплоть до полного почернения, иногда полностью покрывается мицелием плесеней. Темнеет, а затем чернеет эндосперм. Запах становится плесневым, а потом гнилостно-затхлым, изменяется соответственно и вкус, увеличиваются титруемая кислотность (в болтушке), кислотное число жира, растет содержание аммиака. Интенсивность дыхания достигает максимума и начинает падать, снижается всхожесть зерна вплоть до полной ее утраты. Содержание клейковины в пшенице резко снижается, а ее качество ухудшается. Эти изменения говорят о распаде в греющемся зерне углеводов, белков и липидов под действием собственных и плесневых ферментов, а также длительным воздействием повышенных температур. Если самосогревание возникает в поверхностном слое насыпи (до 0,7 м от поверхности), то главной причиной порчи зерна является его плесневение.

При возникновении самосогревания в глубинных слоях бурное развитие плесеней задерживается недостатком там кислорода, поэтому основной причиной порчи являются деятельность собственных ферментов и высокая температура. Мука из зерна поверхностных очагов самосогревания дает хлеб плоский, почти без пор, с очень темным заминающимся мякишем, а из глубинных очагов самосогревания - высоким, с рваными корками. Зерно, подвергшееся самосогреванию больше, чем в первой стадии, на пищевые (иногда и кормовые) цели не используется.

В период хранения постоянно проводят наблюдения за зерном. Температура хранящейся зерновой массы должна находиться под повседневным контролем. При небольшом повышении температуры (на 1 - 3 С) проводят активное вентилирование сухим холодным воздухом. Если зерно после этого продолжает греться, то его приходится перемещать в резервный силос, пропуская при этом через зерносушилку и зерноочистительную машину (для охлаждения).

Поверхностный слой зерна не реже одного раза в неделю осматривается для определения присутствия (или отсутствия) признаков появления амбарных вредителей. При их обнаружении принимаются срочные меры по обеззараживанию зерновой массы и предупреждению их перехода в другие силосы.

**Изменение пищевой ценности зерна** при хранении связано с постепенным, хотя и очень медленно протекающим, старением коллоидов. Начало процесса старения коллоидов практически совпадает с завершением послеуборочного дозревания зерна. Известно, что уборка зерна производится в стадии технической спелости, когда влажность его может достигать 18 - 25 % и синтез питательных веществ еще не завершен. Оно обычно имеет пониженные всхожесть и технологические достоинства. Полная физиологическая зрелость зерна, при которой наиболее полно выявляются технологические и семенные качества, наступает для ржи и овса через 15 - 20 дней, пшеницы - 1 - 1,5 мес., ячменя - 6 - 8 мес. после уборки.

Послеуборочное дозревание - комплекс биохимических процессов синтеза высокомолекулярных органических соединений из низкомолекулярных, накопленных в зерне в ходе фотосинтеза растения и налива зерна. При дозревании заканчиваются процессы образования полисахаридов, белков и жиров. Уменьшается доля растворимых углеводов и небелкового азота. Белки клейковины уплотняются, качество ее улучшается. Снижается доля свободных жирных кислот и несколько возрастает содержание триглицеридов и других липидов. Всхожесть зерна достигает максимума. Активность ферментов снижается до уровня, характерного для хорошо созревшего зерна.

Послеуборочное дозревание наиболее быстро завершается в сухом зерне (до 14 %) при положительной температуре в хранилище (15 - 20 'С), достаточном доступе кислорода. Более низкая температура или недостаток кислорода растягивают время дозревания, а повышенная влажность зерна может привести к его плесневению. Необходимо подчеркнуть, что процессы синтеза протекают с выделением влаги, связанной низкомолекулярными соединениями. Поэтому наблюдение за изменением влажности зерна в первый период хранения имеет особенно большое значение.

Завершение послеуборочного дозревания и вступление зерна в состояние покоя фактически являются началом процесса старения. По данным В. Л. Кретовича, покой представляет собой важное приспособительное свойство растений, предохраняющее семена от преждевременного прорастания и позволяющее им длительное время сохранять жизнеспособность и пищевую ценность.

Старение также идет под действием ферментативного комплекса зерна и при участии кислорода воздуха. Однако основная направленность его противоположна дозреванию. Все процессы старения коллоидов в зерне протекают значительно медленнее, чем в продуктах его переработки. Поэтому резервное хранение хлебных продуктов во всех странах производится именно в виде сырья, а не муки и крупы. Следует отметить, что даже при самых благоприятных условиях хранения жизненные процессы в зерне продолжаются (хотя и с малой интенсивностью) и коллоиды, образующие зерно, постепенно изменяются, стареют, снижают свою пищевую ценность.

**Изменение белков** наблюдается при хранении зерна. Общее содержание азотистых веществ остается постоянным или незначительно возрастает за счет уменьшения доли углеводов, расходуемых на дыхание. Однако снижаются растворимость белков и атакуемость их пищеварительными ферментами. Одновременно наблюдаются повышение доли аминного азота и уменьшение содержания белков. Так, за два года хранения при температуре 24 'С пшеницы с влажностью 11 % атакуемость белков снизилась на 8 %, а кукурузы - на 3,6 %. Постепенно изменяется аминокислотный состав белков, снижается доля доступного лизина. Особенно существенны эти изменения в первые месяцы хранения и при сушке, даже очень осторожной. Изменяется также доля гистидина и аргинина.

**Изменение углеводов** в сторону уменьшения идет за счет расходования их на дыхание, но соотношение растворимых углеводов и крахмала длительное время остается достаточно постоянным в результате деятельности амилаз. В дальнейшем наблюдается постепенный рост содержания растворимых углеводов за счет ослабления дыхания.

**Изменение липидов** также происходит при хранении зерна. Протекают ферментативные процессы в липидном комплексе - расщепляются фосфо- и гликолипиды, глицериды; при этом накапливаются свободные жирные кислоты. Ненасыщенные жирные кислоты, особенно свободные, под действием кислорода воздуха и фермента липоксигеназы окисляются. Накапливаются перекиси, гидроперекиси и другие продукты окисления, которые могут образовывать комплексы с белками и, углеводами.

**Изменение витаминов** происходит крайне медленно. Так, убыль тиамина в сухой пшенице составила за 5 мес. хранения около 12 % его исходного количества. Высокая температура и влажность ускоряют распад тиамина. Другие витамины группы В также устойчивы при хранении. Наиболее быстро окисляются каротиноиды, потери которых за год хранения достигают 50 - 70 % исходного количества в зерне. Снижение доли токоферолов тесно коррелирует с уменьшением содержания ненасыщенных жирных кислот в липидах зерновых культур.

Биохимические изменения веществ, входящих в состав зерна, постепенно приводят к снижению активности ферментов, всхожести, потере присущего живому организму активного иммунитета и существенному снижению технологических свойств и пищевых достоинств. Зерно становится более хрупким, легко дробится при - переработке с образованием повышенного количества отходов, снижаются выход продукции и ее качество. Полученные продукты значительно легче обсеменяются микроорганизмами и быстрее портятся.

Долговечность зерна зависит от его исходного качества и условий хранения. По данным Л. А. Трисвятского, хлебные злаки сохраняют жизнеспособность (всхожесть) от 5 до 15 лет. Наиболее долговечными являются овес, пшеница и ячмень, быстрее всех теряет всхожесть просо. Мукомольно-крупяные и пищевые достоинства сохраняются 10 - 12 лет, а кормовые - еще дольше. Однако столь длительное хранение запасов нецелесообразно, их следует обновлять через 3 - 5 лет.

Список литературы

1. Казаков Е.Д. Кретович В.Л. Биохимия дефектного зерна и пути его использования. М.: Наука, 1979.

1. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки М.: Колос,1980.
2. Справочник товароведа продовольственных товаров, М., Экономика, 1988.
3. Гришко Е.С., Парфентьева Т.Р. "Товароведение продовольственных товаров", М., Экономика 1978.
4. Семин О.А. “Стандартизация и управление качеством продовольственных товаров”, М., Экономика, 1979.