



Рецензенты: научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки Е. Е. Разоренова, кандидат технических наук доцент Московского технологического института пищевой промышленности Н. Н. Зотова.

Горелова Е. И.

Рассказ о зерне . М., «Колос», 1976. 96 с. с ил.

В книге в популярной форме, но на научной основе рассказано о зерне как о живом организме, который дышит, изменяет свои свойства в процессе хранения, оставаясь жизнеспособным лишь определенный период времени и в определенных условиях. Приведена краткая история хранения зерна. Рассмотрено дыхание, послеуборочное дозревание, прорастание и долговечность зерна и факторы, влияющие на эти процессы. Книга популяризирует основы правильного хранения зерна.

**ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ**  
**ЗЕРНО, КАК ОНО ЕСТЬ**  
**ПРОРАСТАНИЕ ЗЕРНА**  
**ДЫХАНИЕ ЗЕРНА**  
**ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗРЕВАНИЕ ЗЕРНА**  
**ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗЕРНА**  
**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**



## Вместо предисловия

К наиболее ранним археологическим находкам относятся ямы для хранения зерна в странах Средиземноморья. Ямы устраивали на склонах холмов на участках с сухой почвой. Перед засыпкой зерна в яме сжигали солому, чтобы ее стенки подсохли и затвердели. Дно ямы выстилало сухой соломой, а после заполнения зерном ее герметически закрывали землей или спрессованной соломой. Сверху укладывали дерн, влажную известь или тесаные каменные плиты. В Африке и Испании зерно часто закладывали на хранение в колосьях, и, по свидетельству Варрона, оно хорошо сохранялось в течение 50 лет. В Индии зерно хранили в круглых ямах, выложенных внутри соломой и герметично закрытых сверху. Герметичный способ хранения зерна был, пожалуй, одним из первых способов, применяемых человеком. С развитием общества постепенно совершенствовались способы хранения зерна. В Древнем Египте стены зернохранилищ строили из гранита. Римляне, по словам Дойера, для строительства подземных зернохранилищ использовали камень.

Недалеко от Иерусалима, в местечке «Селум», до наших дней сохранились остатки подземных зернохранилищ, представляющих собой большие ямы, выложенные камнем. В этом местечке находился один из самых крупных мировых рынков зерна, и некоторые ученые считают, что термин «силос» произошел от греческого «сіros» или латинского «сіrus» и связан с названием этого торгового местечка. Основой совершенствования зернохранилищ в течение многих тысячелетий был лишь опыт, накопленный практикой. Люди замечали, что неплотная кладка стен хранилища и проникание воды приводят к порче зерна, и старались делать сооружения более герметичными. В странах с влажным и сырым климатом были распространены и наземные хранилища для зерна.

С развитием земледелия человек сознательно и бессознательно начинает изменять природу нужных ему растений - отбирает те виды, которые представляют для него интерес, и влияет на условия их существования (выбор почвы, полив, рыхление и т. д.). И, наконец, отбором и скрещиванием человек выводит новые сорта. Результаты деятельности оказались потрясающими.

Советский ученый В. Л. Комаров писал, что дикорастущие растения мало удовлетворяют человека, зерна дикорастущих злаков очень мелки, плоды на лесных деревьях мелки и кислы. Как правило, можно сказать, что у культурных растений те их органы, которые служат человеку, гипертрофированы. Зерновая пшеница имеет излишне крупный запасной магазин с крахмалом, корни свекловицы и репы также разрастаются в размерах, совершенно не вызываемых потребностями самого растения, и, наконец, рекорд побивают лишённые семян плоды банана, многих сортов мандарина и груш. Плод - обычно хранилище семян, а плод, лишённый семян, совершенно бесполезен для несущего растения. Однако он нужен человеку, и он существует.

А если вспомнить кукурузу? Ведь до настоящего времени неизвестна дикая кукуруза, и спор о том, как вывел человек это растение, еще не решен.

Но если существующий сегодня разнообразный мир культурных растений говорит об огромной целенаправленной деятельности человека, если археологические раскопки рассказывают о постоянном совершенствовании хранилищ, то изменения, происходящие в зерне при хранении, начинали изучать лишь в начале нашего века. Французский исследователь Шрибо в 1912 г. писал: «Наши ученые исследуют растение на протяжении всего времени, начиная от прорастания и кончая сбором урожая, но оставляют их перед порогом складов и амбаров»\*. А ведь хранение, как завершающий этап производства зерна, имеет важное значение в получении зерновых продуктов высокого качества.

Сохранить зерно без потерь и снижения качества нелегко, так как оно одновременно является живым организмом и благоприятной средой для развития различных представителей микробиологического мира и вредителей - насекомых и клещей, грызунов и птиц.

По данным международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству ФАО, потери зерна, связанные только с развитием вредителей, составляют до 10% общего мирового сбора зерна. Этого зерна было бы достаточно для обеспечения питанием всего населения Африканского континента в течение года.

Но потери зерна связаны не только с развитием вредителей. Зерно дышит, поэтому теряет массу, может прорасти или начать греться. Почти все виды потерь связаны не только с уменьшением массы сухого вещества зерна, но и с ухудшением его качества.

В нашей стране, по данным Л. А. Трисвятского, потеря только 0,1 % зерна составляет 130-150 тыс. т. Это наглядно свидетельствует о том, что борьба с потерями - основная проблема его хранения. Но Мы сказали, что зерно - живой организм, и в этом одна из сложностей его хранения. Изучать жизнь зерна после уборки урожая необходимо не только для того, чтобы сохранить его в состоянии, отвечающем требованиям переработки и использования, но и высоким требованиям гигиенического состояния.

## ЗЕРНО, КАК ОНО ЕСТЬ

Наука о зерне - это наука о его жизни, жизнеспособности и жизнедеятельности, проявление которых в одном случае приводит к рождению жизни нового растения, в другом - будет способствовать необратимой порче зерна. Жизнеспособность зерна характеризует его способность к прорастанию, такое зерно мы будем дальше называть живым.

Жизнедеятельность зерна характеризует интенсивность происходящих в нем биохимических процессов. Вот почему так важно знать основы жизни зерна, понимать, в чем она проявляется, что влияет на интенсивность жизненного процесса и какое это имеет значение для сохранения жизненного процесса и для сохранения семенных и технологических достоинств зерна.

Вспомним, как устроено зерно? Что входит в его состав?

Зерновка злаковых культур состоит из трех основных частей: зародыша, эндосперма и оболочек.

Зародыш злаковых культур составляет всего 2-3% массы зерна. Если зародыш разрезать, то при увеличении можно увидеть



почечку или зачаточный стебелек, зачаточный корешок и щиток. Щиток зародыша представляет собой плоское белое тело, одной стороной плотно прилегающее к зародышу, а другой - к эндосперму. Зародыш богат белками, сахарами, жирами - веществами, которые необходимы с самого начала для развития ростка.

Сверху зерно покрыто плодовой и семенной оболочкой и, состоящими в основном из клетчатки. Они составляют примерно 4,5-6,5%. К оболочкам плотно примыкает алейроновый слой, являющийся периферийной частью эндосперма. Клетки алейронового слоя богаты жиром, белками и защищены сильно развитыми плотными оболочками.

Эндосперм составляет до 82% массы зерна. Богат крахмалом и белками; на долю сахара, жира и других компонентов приходится лишь небольшой процент.

А ведь обычное маленькое зернышко, которое мы привыкли видеть, не вызывает в нашем воображении картины сложного организма, каким оно является на самом деле. Да, зерно состоит из сложных органических веществ - углеводов, жиров, ферментов, витаминов и органических веществ - макро- и микроэлементов. В зерне можно обнаружить кремний, барий, стронций, железо, свинец, титан, цинк, хром, никель, кобальт, а такие элементы, как алюминий, медь, марганец, натрий и калий, определить даже количественно.

В процессе жизнедеятельности зерна между этими веществами происходят биохимические реакции, которые теснейшим образом связаны друг с другом и направлены на сохранение жизнеспособности зерна в целом,

Жизнедеятельность зерна - это огромный слаженный оркестр, и в котором роль первой скрипки играют оспин, и каждое изменение состояния одного из элементов данного организма, не предусмотренное природой его существования, нарушает общую гармонию жизни.

Белки. Им действительно принадлежит ведущая роль в жизни. «Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом, и повсюду, где мы встречаем какое-либо белковое тело, находящееся в процессе разложения, мы без исключения встречаем и явления жизни»\*. Поэтому белки, и в частности белки хлебных злаков, играют огромную роль в питании людей. По данным Международной организации по питанию и сельскому хозяйству, свыше половины населения земного шара потребляет в день менее 15 г животного белка при среднем потреблении 100 г в сутки, т. е. остальная потребность покрывается растительными белками.

Что же представляют собой белки? Чем объясняется их огромное разнообразие проявлений жизни?

Белки состоят из аминокислот. Составными частями белков являются 22 аминокислоты. Для каждого белка характерна строгая последовательность в соединении аминокислотных остатков. Но возможность их последовательного соединения огромна, этим и объясняется бесчисленное множество белков, встречающихся в жизни. В организме человека, несмотря на то, что белки составляют две трети плотного остатка, очень мало белкового резерва. А недостаток белка в организме человека может привести к различным заболеваниям - задержке роста у детей, малокровию, заболеваниям печени, поджелудочной железы и т. д. В организме человека и животных белки образуются из аминокислот, большинство из которых может синтезироваться в самом организме, но часть из них должна поступать в готовом виде. Это так называемые обязательные, или незаменимые, аминокислоты, они образуются только в растительной пище.

И хотя по содержанию незаменимых аминокислот белки злаков не обеспечивают полноценного питания, все-таки основным источником растительных белков являются злаки. Наиболее полноценным среди злаковых является белок риса. Особо стоят бобовые культуры, которые содержат в два-три раза белка больше, чем злаковые, и, кроме того, их белок является биологически более полноценным. Такая культура, как соя, может вполне заменить в питании человека животный белок.

Однако в мире все же существует дефицит растительного белка, который приближается к 1,5 млн. т. Поэтому повышение белковости зерна - одна из важнейших проблем науки и производства сельского хозяйства. Но задача состоит не только в том, чтобы увеличить содержание белка в зерне, необходимо также повысить его полноценность.

Почти все белки зерновых культур принадлежат к простым белкам (протеинам), т. е. состоят из аминокислотных остатков, только в зародышах злаковых и гречихи содержится заметное количество сложных белков (протеидов), представляющих собой соединения простого белка с веществом небелковой природы. В роли веществ небелковой природы могут выступать жироподобные вещества, высокомолекулярные углеводы и т. д.

Отдельные анатомические части зерна обладают неодинаковой пищевой ценностью, так как содержат различные по аминокислотному составу белки. Наиболее полноценными являются белки зародыша, по пищевой ценности они близки к яичному белку или говяжьему мясу. И даже белки отрубей более питательны, чем белки эндосперма, так как в отруби попадают белки алейронового слоя.

Основную массу зерна составляют углеводы, к которым относятся главным образом крахмал, сахара и клетчатка. Роль углеводов в зерне сводится к участию в процессах дыхания, брожения, при этом они являются источником энергии для всех биохимических процессов, происходящих в зерне при хранении, прорастании, созревании и т. д.

Из простых Сахаров в зерне содержится 0,1-0,2% глюкозы и фруктозы. Эти сахара при выпечке хлеба сбраживаются дрожжами.

При соединении глюкозы и фруктозы образуется сахар (сахароза), который иногда называют свекловичным, это тот самый сахар, который мы используем в повседневном питании. В зерне наибольшее количество сахарозы содержится в зародыше (в зерновке пшеницы свыше 16%, ржи - около 23%). Сахароза является наиболее легко усвояемым источником питания развивающегося ростка.

При соединении большого количества остатков простых Сахаров образуется крахмал. В зерне злаковых культур его содержание достигает 70%. Крахмал в виде крахмальных зерен у большинства культур находится в эндосперме. У разных культур форма зерен различна, это дает возможность определить состав муки, полученной из смеси продуктов размола нескольких культур.



Крахмал является важнейшим запасным углеводом зерна. Крахмальные зерна разных культур имеют различную форму и размеры.

Роль крахмала в зерне очень велика. С одной стороны, это один из основных источников энергии в живом зерне, с другой - крахмал, обладая коллоидными свойствами, вместе с белками создает структуру хлеба.

Хлеб в питании многих народов занимает важное место. В хлебе содержится от 40 до 45% углеводов. Это еще раз говорит об исключительной роли и значении углеводов в питании человека.'

Одной из основных групп, входящих в состав зерна, являются жиры, значение которых состоит в том, что они служат в живом зерне источником энергии. Содержание жира в различных культурах неодинаково и составляет в среднем: в пшенице 1,7%; рисе 2,3%; просе 4,2%; в подсолнечнике 52%.

Чем отличаются между собой жиры?

В основном природой входящих в них жирных кислот, которые в соединении с глицерином образуют жиры.

Жиры злаковых культур содержат большое количество ненасыщенных жирных кислот. Последние называются так потому, что между рядом стоящими атомами углерода имеются двойные связи, чем и определяется важная роль ненасыщенных жирных кислот в обмене веществ. Их недостаточность вызывает задержку роста, воспаление кожных покровов и т. д.

Одной из наиболее распространенных ненасыщенных жирных кислот является линолевая кислота. В растительных маслах ее содержится свыше 50% (в подсолнечном масле около 60%, в животных жирах до 15%).

К группе жиров, встречающихся в зерне, относятся так называемые жироподобные вещества - фосфатиды, стерины и другие. В эти вещества, кроме жирной кислоты и глицерина, входят фосфорная кислота и какой-нибудь аминспирт. Роль этих веществ в регулировании обмена веществ живого организма исключительно велика. Они принимают участие в образовании крови, костей, способствуют правильному обмену жиров в организме. Из фосфатидов при определенных условиях выделяется фосфорная кислота, определяющая в комплексе с другими веществами кислотность зерна.

Зерно является источником очень важных витаминов, которые представляют собой сложные вещества органической природы. Зерно является основным поставщиком витамина Вt (тиамина), недостаток которого нарушает обмен углеводов; витамина В2 (рибофлавина), недостаток которого замедляет рост у детей, отрицательно влияет на зрение; витамина РР (никотиновой кислоты), недостаток которого вызывает воспалительные изменения кожных покровов. Участие витаминов в обмене веществ заключается в том, что они необходимы для синтеза отдельных ферментов. Последние обладают удивительной способностью в десятки и даже сотни тысяч раз ускорять биохимические реакции, происходящие в зерне, но об этом подробнее будет сказано далее.

Ферменты - биологические катализаторы, ускоряющие и регулирующие многообразные реакции, совершающиеся в живых организмах, в том числе в зерне и семенах.

Ферменты синтезируются клетками живых организмов и характеризуются строго специфическим действием. Каждый фермент действует на вещество определенного состава и структуры. Для ферментов характерна обратимость их действия, т. е. в зависимости от условий реакции некоторые ферменты могут вызывать синтез или распад одного и того же вещества.

Ферменты бывают простые и сложные. Простые ферменты представляют собой белок, способность которого усиливать биохимические реакции обусловлена особым расположением аминокислот. В состав сложных ферментов, кроме белка, входят вещества небелковой природы, и чаще всего витамины.

Зерновки злаков и семена других культур содержат разнообразные минеральные вещества, необходимые для нормальной жизнедеятельности растений и животных. Именно поэтому минеральный состав зерна в значительной степени определяет питательную ценность хлеба и кормов.

К минеральным веществам относятся вещества, входящие в состав золы, которая образуется в результате полного сгорания продукта при температуре 750- 800°С.

Количество минеральных веществ в зерне колеблется в зависимости от почвенно-климатических условий, применяемых удобрений, вида и сорта растений.

Большая часть минеральных веществ содержится в периферийных слоях зерна и зародыша.

Минеральные вещества, содержащиеся в тканях в количестве менее 0,01%, называются микроэлементами. Роль минеральных веществ в живом организме растений и животных сводится к регулированию обменных процессов их жизнедеятельности.

Соединения многих микроэлементов с определенными белками являются материалом для построения ферментов, витаминов и других веществ. Одни минеральные соли влияют на способность белков связывать воду, другие - при определенных условиях снижают интенсивность действия ферментов, расщепляющих крахмал. Такие макроэлементы, как натрий, калий и хлор, способствуют поддержанию неизменного солевого состава крови и регулируют количество воды в организме.

Мы назвали основные вещества, входящие в состав зерна, не останавливаясь на многих других, таких, как пигменты, нуклеиновые кислоты и вода, о которых подробно расскажем позже. Теперь мы видим, как сложно устроено зерно. А все биохимические реакции, происходящие между его веществами, тесно связаны между собой и направлены на сохранение жизнеспособности зерна. Но только ли химическим составом определяется жизнь зерна?

«Зерновая масса», - часто говорим мы, не задумываясь над тем, что же входит в это понятие. А ведь это не только зерно основной культуры, но и сорная и зерновая примесь. Первая из них является бесполезной, а иногда и вредной для питания, она включает в себя землю, песок, пыль, камешки, полосу, части стеблей, колоса, остей, семена сорных растений, вредную примесь (спорынью, головню, горчак, вязель), проплевневшие и прогнившие зерна. В состав зерновой примеси входят зерна основной



культуры недоразвитые, зеленые, шуплые, изъеденные, размером менее половины, а также зерна других культур, не отнесенные к сорной примеси. Кроме того, в понятие зерновая масса входят микроорганизмы, воздух межзерновых пространств, а часто и вредители хлебных запасов. И почти все компоненты зерновой массы (зерно основной культуры, семена сорных растений, микроорганизмы и вредители) являются живыми организмами. Их жизнедеятельность тесно связана друг с другом. Немыслимо рассматривать стойкость зерна при хранении, не учитывая влияние активного развития микрофлоры, находящейся на поверхности зерна и в основном определяющей эту стойкость; сорняков, обладающих повышенной физиологической активностью; вредителей, приносящих огромные количественные и качественные потери зерну.

Великий русский физиолог И. М. Сеченов писал, что «...организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него»<sup>1</sup>.

Поэтому как жизнедеятельность, так и жизнеспособность отдельных компонентов зерновой массы в значительной степени определяются состоянием воздуха межзерновых пространств.

И в процессе этой суммарной жизнедеятельности всех составных частей зерновой насыпи происходит изменение качества зерна.

## ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА

В агротехнических опытах со всеми зерновыми и зернобобовыми культурами определение содержания белка в зерне обязательно. Оценку качества последнего проводят в соответствии с требованиями, предъявляемыми к зерну, которые зависят от вида культуры (пшеница, рожь, ячмень, овес и др.) и целей ее назначения — продовольственных (для выпечки хлеба, производства макарон, кондитерских изделий, круп и т. д., пивоварения или для солода), кормовых и др.

При оценке качества зерна пшеницы особое внимание обращают на признаки, характеризующие муко-мольно-хлебопекарные достоинства и в первую очередь на количество и качество белка и клейковины.

Направляемое на переработку для получения хлеба хорошего качества зерно пшеницы должно иметь по требованию мукомольной и хлебопекарной промышленности не менее 13—14% белка и 25% сырой клейковины, зерно сильной пшеницы — 28% сырой клейковины и по качеству — первую группу, зерно наиболее ценных сортов пшеницы (для получения надбавки в размере 10%) — соответственно 25% и вторую группу.

^ Качество зерна оценивают по среднему образцу массой 2—3 кг, который выделяют из исходного, составленного из отобранных в каждой партии выемок, сыпанных и тщательно перемешанных. Последний сопровождают аналитической карточкой или ярлыком с указанием культуры, сорта, года урожая и подписью лица, отобравшего образец.

Проводят лабораторный анализ среднего образца в следующем порядке.

Посторонние примеси и множество мелких зерен основной культуры ухудшает качество зерна, а крупность и выравненность влияют на его технологические свойства. Поэтому в Государственных стандартах по культурам нормируется содержание зерновой и сорной примесей. В зерне пшеницы, ржи и крупяных культур установлено содержание мелких зерен как проход через продолговатые сита со следующими размерами отверстий (мм): пшеница—1,7X20; рожь—1,4X20; ячмень крупяной, мукомольный и для пивоварения — 2,2x20; овес крупяной—1,8X20; кукуруза (зерно)—диаметром 4,5 и 3,5, гречиха крупяная — диаметром 3,7 и 3,4 (табл. 24)

При просеивании навески на ситах вручную делают продольно-возвратные движения без встряхивания по направлению продольных отверстий; размах колебаний сит — около 10 см, движений—ПО—120 в мин; время просеивания — 3 мин.

Определение выравненное™ зерна проводят в зависимости от культуры на ситах со следующими размерами отверстий (мм): пшеницы —2,5X20; 2,2X20; 2x20; 1,7X20; и проход 1,7X20; ржи —2,2X20; 2,0X20; 1,8X 20; 1,4X20 и проход 1,4X20; ячменя — 2,8X20; 2,5X20; 2,2X20 и проход 2,2X20; овса —2,2X20; 1,8X20 и проход 1,8X20.

Остатки с каждого сита и отход с нижнего взвешивают в отдельности и выражают в процентах.

При проведении анализов по оценке качества зерна

учитывают его влажность. Основной метод определения\_\_

высушивание навесок размолотого зерна в сушильных шкафах при температуре 130° в течение 40 мин. При содержании в зерне влаги более 18% влажность устанавливают с предварительным подсушиванием зерна. Для экспрессного определения влажности в условиях колхозов и совхозов при уборке и хранении применяют электровлагомеры отечественного производства ВП-4, ВЗ-2, ВЗ-2М и др.

В зависимости от влажности зерно (пшеницы, ржи, ячменя, овса, гречихи) разделяют на четыре состояния: сухое (влажность до 14%), средней сухости (влажность свыше 14 до 15,5% включительно), влажное (влажность свыше 15,5% до 17% включительно), сырое (влажность свыше 17%).

К числу обязательных анализов зерна пшеницы относится установление показателей массы 1000 зерен, натуре и стекловидности.

Для определения массы ЮООзерен из среднего образца выделяют навеску зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса<sup>1</sup>—50 г; кукурузы, гороха, фасоли—100 г; проса — 25 г. Отбирают две пробы по 500 целых зерен (подряд, без выбора), взвешивают отдельно с точностью до 0,01 г, разница не должна превышать 5% их средне-! массы.



Натуру зерна находят при помощи литровой пур-ки с падающим грузом; при этом расхождение между двумя параллельными показателями не должно превышать для всех культур (кроме овса) 5 г, для овса — не более 10 г.

Стекловидность зерна (консистенция эндосперма) — одно из основных признаков мукомольных свойств зерна. Как правило, в пределах одного сорта более стекловидное зерно лучше размалывается, дает больший выход крупок и муки высоких сортов. В то же время существует прямая связь между стекловидностью зерна и содержанием белка и клейковины (также в пределах сорта). Так, коэффициенты корреляции между стекловидностью зерна пшеницы и другими качественными показателями по сорту Саратовская 29 составляют: с белком в зерне — 0,67; с клейковиной в 70%-ной муке — 0,74%; с силой муки — 0,50 джоулей; с объемом хлеба — 0,94 мл.

Стекловидность зерна наряду с его цветом положен; в основу товарной классификации пшеницы в СССР. Например, пшеницу продовольственную — яровую красно-зерную по стекловидности и цвету делят на пять подтипов: первый — стекловидность не менее 75%, темно-красного цвета; второй — стекловидность не менее 60%, красная; третий и четвертый — стекловидность не менее 40%, светло-красного и желто-красного цвета; пятый — стекловидность не менее 40%, желтого цвета.

Пшеница сильная должна иметь стекловидность для первого, второго, третьего подтипов I, III и IV типов не менее 60%. В последние годы большое внимание уделяют методу оценки качества зерна пшеницы по набуханию муки в слабых растворах органических кислот (метод седиментации). У большинства сортов наблюдается тесная связь между величиной седиментации и содержанием белка и клейковины. Поэтому этот метод можно с успехом использовать в качестве предварительной оценки качества зерна. Метод очень простой, занимает мало времени и дает хорошо воспроизводимые результаты. Образец зерна (20 г и больше) размалывают на вальцовой лабораторной мельнице типа «Квадрат-Юннор», «Седимат», а также МЛВ-1 или МЛЗВ-1 (изготавливает ЦОКБ «Агроприбор» МСХ СССР). Для анализа используют муку проходом через капроновое (№ 49) или шелковое (№ 43) сито градуированные цилиндры на 100 мл с притертыми пробками делением шкалы 1 мл, сигнальные часы и 2%-ный раствор уксусной кислоты, подкрашенной метиленовой синью (4 мл на 1 л) или толуидиновым голубым. В цилиндр вливают 75 мл рабочего раствора, всыпают 3,2 г муки, закрывают пробкой и энергично встряхивают в горизонтальном положении 15 раз в течение 5 с для получения однородной суспензии. Затем 18 раз плавно покачивают в течение 25 с, держа цилиндр в горизонтальном положении и попеременно приподнимая его концы. После этого цилиндр ставят на стол и через 5 мин определяют объем осадка, который служит показателем седиментации. По его величине пшеницу классифицируют на следующие группы качества: сильная — более 60 мл; хорошая — от 40 до 60 мл; средняя — от 20 до 40 мл; слабая — ниже 20 мл.

Один из важных показателей хлебопекарных качеств зерна пшеницы — количество и качество клейковины в зерне и муке. Для получения сырой клейковины 30— 50 г зерна размалывают на лабораторной мельнице так, чтобы при просеивании через металлочанное сито (№ 067) остаток на нем не превышал 2%, а проход через мучное шелковое (№ 38) или капроновое (№ 49) сито составлял не менее 40%.

При анализе зерна с влажностью выше 18% его необходимо подсушить при комнатной температуре или в термостате при температуре не более 50°C до влажности ниже 18%.

Отмывание клейковины ведут вручную под слабой струей питьевой воды ( $t=18^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) над мучным шелковым (№ 38) или капроновым (№ 49) ситом либо на приборах МОК, ТЭБИ и др.

Отмытую и отжатую клейковину взвешивают. Количество ее выражают в процентах к навеске измельченного зерна (расхождения при параллельных определениях не должны превышать  $\pm 2$ ).

Качество сырой клейковины устанавливают при помощи прибора ИДК-1. В зависимости от его показаний, выраженных в условных единицах, клейковину относят к соответствующей группе качества (табл. 25).

Для отмывания клейковины из зерна и для его предварительного измельчения применяют различные приборы и мельницы, но в условиях производства ее можно отмывать вручную, измельчив зерно на кофейной мельнице.

Содержание и качество сырой клейковины учитывают при заготовках зерна сильной и ценной пшеницы. Сорта сильной пшеницы, отвечающие требованиям стандарта, оплачивают по закупочной цене, превышающей цену на мягкую пшеницу, в размерах: при содержании клейковины I группы качества 32% и выше — 50%; от 25% до 31% — 30%. Зерно, не отвечающее одному или нескольким показателям стандарта на сильную пшеницу, по содержанию клейковины не менее 25% по качеству не ниже II группы оплачивают по цене, превышающей на 10% цену, установленную на мягкую пшеницу.

Для определения хлебопекарных свойств пшеницы без пробных выпечек широко применяют такие специальные приборы, как фаринограф, миксограф, аль-веограф, экстенсограф. Более распространен фаринограф; получаемая на нем кривая характеризует продолжительность образования теста от начала замеса до его устойчивости. Ширина кривой в этот период указывает на эластичность теста. Наиболее важный показатель — степень снижения кривой, показывающей разжижение теста: чем оно слабее, тем быстрее снижается кривая при замесе.

При помощи фаринографа определяют водопогло-тительную способность теста — количество воды, которое требуется для получения его нормальной консистенции. Эта величина варьирует для пшеницы разного качества от 40 до 80%. Слабая мука поглощает воды для образования теста около 50% своего веса, мука сильной пшеницы — до 75%.

Суммарную оценку хлебопекарных свойств по фа-ринографу получают в виде так называемой валоримет-рической оценки.



Показания валориметра колеблются в пределах от 20 до 100%, чем лучше качество муки, тем они выше. Для муки слабой, с малоупругой клейковиной характерно сильное разжижение теста в процессе его замеса на фаринографе.

Альвеограф показывает силу пшеничной муки, определяя упругость, растяжимость и отношение этих двух показателей. У сильной пшеницы оно составляет от 0,8 до 2, а у слабой — ниже 0,5. Суммарным показателем характеристики силы муки служит величина удельной работы деформации теста ( $W$ ) на основании площади альвеограммы, ее длины и высоты. Для сильной пшеницы удельная работа деформации — не менее 250—300 джоулей, для пшеницы средней силы — 200 и более, для слабой — менее 200 джоулей (рис. 16). Основные показатели хлебопекарных качеств — величина объема хлеба (из 100 г муки), пористость и цвет мякиша.

Выпечка пшеничного хлеба должна выявлять потенциальные хлебопекарные свойства муки, наиболее полно отражать способность муки из данной пшеницы давать хлеб того или иного качества.

При оценке качества ржи учитывают массу 1000 зерен, натуру, стекловидность, содержание белка. Для более полной характеристики устанавливают автолитическую активность зерна путем измерения максимальной вязкости шрота при клейстеризации на амилографе. Но наиболее простой и быстрый метод оценки качества зерна ржи — определение такого показателя, как число падения. Для этой цели применяют прибор Хагберга-Пертена (Швеция) или микромодификацию метода (рис. 18). Для измерения автолитической активности зерна (микромодификация) берут 5 г зерна или не сколько больше, в зависимости от наличия материала, размалывают на лабораторной мельничке так, как это делают при определении в зерне клейковины. Из полученного шрота берут навеску 2 г, помещают в пробирку из молибденового стекла толщиной 1,5 мм и смешивают с 10 мл дистиллированной воды комнатной температуры (емкость пробирки — 20 мл, внутренний диаметр — 14 мм). Ее заполняют следующим образом: сначала вливают 2 мл воды, затем засыпают шрот и добавляют остальную воду — 8 мл, закрывают и сильно встряхивают 20 раз, чтобы получить однородную, без комочков суспензию. Затем в пробирку вставляют эбонитовую пробку с отверстием в центре, через которую пропущен тонкий стальной стержень с колесиком на нижнем конце и двумя ограничителями, закрепленными на стержне на некотором расстоянии выше или ниже пробки. Пробирку помещают в кипящую водяную баню (химический стакан 800—1000 мл), включают секундомер и при помощи стержня с колесиком равномерно перемешивают суспензию по всей высоте слоя суспензии, делая четыре движения (два вверх и два вниз) в секунду. При испытании зерна ржи перемешивание продолжается 45 с, пшеницы — 60 с. Затем стержень поднимают (нижний ограничитель соприкасается с пробкой), а колесико, находящееся на поверхности суспензии, тут же отпускают для свободного падения через клейстери-зованную суспензию. Как только оно достигнет дна (верхний ограничитель соприкасается с пробкой), секундомер останавливают.

Величина числа падения — общее время (с) от помещения пробирки с суспензией в кипящую воду до конца свободного падения стержня с колесиком в клей-стеризованной массе.

При сравнительном испытании микромодификации и метода Хагберга-Пертена, проведенном в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Нечерноземной зоны на сортообразцах ржи разного качества, коэффициент корреляции между показателями этих методов составил  $+0,94; \pm 0,08$ . Согласованность между макро- и микрометодами наблюдается не только по относительной оценке, но и по абсолютным величинам показателей. Разница между показателями по Хагбергу-Пертену и микрометоду при значении числа падения до 150 с составляет в среднем 5—6%. При большей же его величине (250 с) указанная разница увеличивается до 16%.

В результате сравнения наиболее распространенных методов оценки качества ржи для колхозов, совхозов и заготовительных организаций выбран метод определения числа падений. Он отличается экспрессностью, простотой и точностью (широко используется и за рубежом, введен в стандарты большинства стран, возделывающих рожь).

В настоящее время это единственный метод оценки качества ржи, приемлемый для производства при формировании однородных партий зерна в период заготовок (проведен на приеме зерна, поступающего от хозяйств на хлебоприемные пункты, в Белоруссии).

В результате разносторонних исследований заготавливаемого зерна предусмотрена следующая классификация ржи:

1-й класс — рожь с числом падения от 200 с и выше; такое зерно целесообразно использовать в качестве улучшателя;

2-й класс — рожь с числом падения от 200 с до 140 с; такое зерно при переработке в муку гарантирует хорошие хлебопекарные свойства;

3-й класс — рожь с числом падения менее 140 с (до 80 с); такое зерно для получения муки хорошего качества нуждается в подсортировке.

4-й класс — рожь с числом падения менее 80 с; зерно кормового назначения.

При анализе зерна ячменя пивоваренного и крупяного назначения определяют: выравненность, массу 1000 зерен, натуру, стекловидность, пленчатость, цвет оболочки, способность прорастания, содержание белка. Для пивоварения он должен по качеству соответствовать требованиям одного из двух классов: содержать крупную фракцию зерна (сход с сита 2,5X20 мм) не менее 80 и 60% для 1-го и 2-го класса соответственно, мелкую (проход через сито размером 2,2X20 мм) — для 1-го класса не более 5%, 2-го — не более 7%.

Один из основных показателей технологических свойств пивоваренного ячменя, не регламентируемых Государственным стандартом вследствие сложности анализа в производственных условиях, — экстрактив-пость. На него большое влияние



оказывают содержание крахмала, белка и особенно пленчатость. Существует несколько методов определения пленчатости зерна. Наиболее простой и приемлемый для условий колхозов и совхозов и при проведении агротехнических опытов метод с замачиванием зерна в 3%-ном растворе щелочи (NaOH или KOH). Предварительно определяют влажность зерна методом высушивания, после чего отбирают две пробы по 50 зерен каждая, взвешивают с точностью до 0,01 г, затем зерно засыпают в обычную пробирку, заливают 10 мл 3%-ного раствора щелочи и оставляют при комнатной температуре на 75 мин. После этого зерно промывают на сите под струей воды, подсушивают и пинцетом снимают пленки; их высушивают до постоянной массы при температуре 130° в течение 40 мин, высушенные — взвешивают и определяют их содержание в зерне. При расчете учитывают потерю 1/2 части пленок за счет обработки раствором. Пленчатость определяют по формуле:

где а — масса 50 воздушно-сухих зерен, г; в — масса высушенных пленок, г; с — влажность ячменя, %; П — пленчатость зерна, %.

Пленчатость ячменя, определенная по данному методу, хорошо коррелирует с показателями стандартного метода. Однако щелочной метод более прост и обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов.

Величина пленчатости ячменя изменяется чаще в пределах от 7,5 до 15%, но может быть и большей. Для получения хорошего пива используют ячмень с содержанием пленок не более 10%. Повышенное их количество понижает экстрактивность и вследствие наличия горьких веществ ухудшает качество пива. Важный показатель пивоваренного ячменя — способность прорастания. Методы определения энергии и способности прорастания установлены стандартом.

Энергия прорастания — количество зерен, проросших при заданных условиях за трое суток; способность прорастания — тот же показатель, полученный за пять суток.

Разница между энергией и способностью прорастания должна быть минимальной. Так, у зрелого, нормально вызревшего и своевременно убранного ячменя она не превышает 1—2%. ГОСТ нормирует только способность прорастания, она должна быть не ниже 95% для ячменя пивоваренного первого и 90% для ячменя второго класса; для ржи, проса и ячменя при переработке на солод в спиртовом производстве — не ниже 92% и для овса — 90%.

Для определения способности прорастания нужны две пробы по 500 зерен, каждую помещают в стеклянную воронку диаметром 8—10 см, которую укрепляют на штативе. На конец воронки надевают резиновую трубку длиной 6—7 см с зажимом. В отверстие воронки вкладывают стеклянный шарик, чтобы зерна не выпадали. Воронку с зерном заливают водопроводной водой комнатной температуры так, чтобы ее уровень был на 1,5—2 см выше поверхности зерна, перемешивают. Через 4 ч воду из воронки сливают, ослабляя зажим на резиновой трубке, и оставляют зерно на 16—18 ч, затем его снова заливают водой и выдерживают еще 4 ч. После этого воду окончательно сливают и оставляют резиновую трубку до конца проращивания зерна открытой. Воронка сверху должна быть закрыта крышкой, лучше от чашки Петри.

Надо следить, чтобы зерно в воронке не подсыхало, для чего внутрь крышки вкладывают кружок фильтровальной бумаги, которую периодически смачивают водой.

После трех (удобнее) и пяти суток от начала замачивания проросшие зерна с вышедшими наружу корешками и ростками подсчитывают, полученное количество вычитают из 500. Затем их засыпают в воронку для проращивания, а проросшие выбрасывают.

На пятые сутки считают дополнительно проросшие зерна.

Способность прорастания зерна определяют через 45 дней после его уборки и вычисляют по формуле:

где А — количество проросших зерен, шт.; В — количество зерен, взятых для анализа (500); Х — способность прорастания, %.

Для свежеебранного зерна ячменя нужен и показатель жизнеспособности, он должен соответствовать S5%.

Крупяные качества устанавливают по выходу крупы и времени, затраченному на обработку в лабораторном голлендре.

Зерно других крупяных культур — овса, гречихи, проса оценивают по массе 1000 зерен, натуре, выравненное™ и пленчатости. Основные показатели качества зерна гороха — содержание белка, крупность и разваримость.

## ПРОРАСТАНИЕ ЗЕРНА

Прорастание зерна - начало жизни нового растения. Переход зерна из состояния покоя к первым признакам жизни начинается с процесса набухания. В зерне появляется свободная влага в виде пара или в капельножидком состоянии. При наличии достаточного количества влаги зерно быстро увеличивается в объеме. Затем под оболочкой появляется выпуклое уплотнение, наконец, оболочка лопается, и крепкий, беловатый росток начинает тянуться вверх. На свету росток быстро меняет окраску, радуя нас молодой весенней зеленью нового растения. Этот росток - начало жизни нового растения.

Пройдет немного времени, всего лишь пять-шесть месяцев, и росток превратится в высокое и стройное растение пшеницы, ржи, ячменя, овса или риса, увенчанное колосом, чуть склонившимся под тяжестью многих зернышек.

Однако откуда и за счет чего появляется росток у зерна? Какие чудесные силы таит в себе зерно, способное дать жизнь новому растению, создать множество себе подобных зерен?

Росток развивается, используя высокопитательные вещества самого зародыша. Однако их немного, и главным источником



питания развивающегося ростка становятся белки и крахмал эндосперма, которые называют запасными. Здесь главную роль играет щиток зародыша. Клетки щитка, прилегающие непосредственно к эндосперму, при прорастании удлиняются, и через них поступают питательные вещества для развития ростка. Эти клетки называются всасывающими. Однако щиток не только всасывает питательные вещества для ростка, но и принимает участие в их образовании, являясь источником специфических веществ, растворяющих клеточные оболочки и крахмал. И действительно, растворение крахмала у прорастающего зерна начинается около щитка и постепенно распространяется по эндосперму. Крахмал распадается до растворимых углеводов, так называемых декстринов и мальтозы. Декстрины - это коллоидные вещества, растворимые в воде, имеющие значительно меньшую молекулярную массу по сравнению с крахмалом. Декстрины являются промежуточным продуктом распада крахмала, мальтоза - конечным. Молекула мальтозы состоит из двух молекул глюкозы. Одновременно с крахмалом идет распад и клетчатки, являющейся основой оболочек и клеток зерна.

И вот растворимые углеводы через щиток поступают в зародыш и расходуются им на построение тканей ростка, а также на дыхание, которое является источником энергии, необходимой для этого построения.

Однако при прорастании происходит не только распад крахмала, но и значительные изменения белков зерна. При прорастании пшеницы содержание клейковины уменьшается, свойства ее изменяются в сторону ослабления. За трое суток прорастания содержание клейковины значительно уменьшается. Через пять суток прорастания мы вообще не сможем отмыть клейковину. Итак, что же происходит с белком пшеницы при прорастании зерна? Белки, как известно, состоят из аминокислот. Они-то и являются конечными продуктами распада белков, расходуемых при прорастании. Через клетки щитка аминокислоты поступают в зародыш и так же, как и продукты распада крахмала и клетчатки, идут на построение тканей развивающегося ростка. Это явление подтверждают интересные опыты, проведенные английским исследователем Брауном. Вспомним только, что необходимым элементом белка и аминокислот является азот, по количеству которого и судят о содержании белка в зерне. Браун проращивал на воде в течение 96 ч зародыши, отделенные от зерна после намачивания в течение 2 ч, и целые зерна. О содержании белка в зерне Браун судил по азоту, являющемуся необходимым элементом белка и аминокислот. За весь период проращивания отделенных зародышей содержание в них азота изменялось очень мало. А в зародышах, сохраняющих связь с эндоспермом, произошло сначала медленное, а затем быстрое увеличение азота, т. е. росток пополнял свои запасы азота за счет веществ, накопленных в эндосперме.

Не остаются без изменения и жиры, содержащиеся в зерне. Как только в зерне появляется в избытке свободная вода, в нем начинается процесс быстрого распада жира.

Особенно интенсивно процесс протекает при прорастании семян масличных культур. Продуктами распада жира являются его составляющие - глицерин и свободные жирные кислоты, которые и использует развивающийся росток. В основном они идут на образование Сахаров, а последние, как мы говорили, тратятся на дыхание ростка и образование в нем крахмала и клетчатки. Итак, прорастание зерна связано с резким изменением его химического состава. Основное направление всех процессов - распад сложных органических соединений (белков, углеводов и жиров), обладающих высокой молекулярной массой, на более простые, легко передвигающиеся растворимые соединения. Щиток зародыша при этом работает как насос - всасывает своими удлиненными клетками эти вещества, пропускает их через себя и подает в зародыш, где они выполняют роль строительного материала, являясь исходными веществами для синтеза белка, углеводов и других веществ, необходимых для развивающегося ростка.

В определенный момент развития зеленый росток приобретает способность усваивать углекислый газ из воздуха. Последний под действием солнечного света вступает в реакцию с водой, в результате чего в зеленом ростке образуется сахар - гексоза, а в окружающую среду выделяется кислород. А так как сахар является исходным звеном образования крахмала, то и первым продуктом в зеленом побеге, образовавшимся за счет углекислого газа, воздуха и солнечного света, является крахмал. Это явление носит название фотосинтеза.

Фотосинтез является источником образования органических соединений на земле, это, по словам великого русского ученого К. А. Тимирязева, процесс, от которого в конечной инстанции зависят все проявления жизни на нашей планете.

А зерно? К этому моменту от него останется лишь небольшая часть, оно фактически перестанет быть зерном.

Мы лишь в самых общих чертах описали, что происходит с основными веществами зерна при прорастании, не затронув сложнейших биохимических превращений, происходящих в клетках зерна. А ведь в состав зерна входит много других веществ, таких, как витамины, минеральные соли, пигменты и т. д., и все они играют определенную роль при обмене веществ, являющем собой, как сказал академик К. А. Тимирязев, основное свойство, характеризующее организмы, отличающее их от неорганизмов. Организм постоянно воспринимает вещество, превращает его в себе подобное (усваивает, ассимилирует), вновь изменяет и выделяет.

А теперь попробуем разобраться в тех силах, которые с такой легкостью превращают сложнейшие органические вещества в простые, растворимые, легко усвояемые ростком. Ведь если в лаборатории попробовать разложить белок до его исходных веществ - аминокислот, придется в течение длительного времени кипятить его с концентрированными кислотами. А чтобы превратить крахмал в воду и углекислый газ, необходимо его сжечь.

Но в зерне нет ни высокой температуры горения, ни концентрированных кислот, а скорость биохимических превращений огромна.

Это явление объясняется действием особых веществ - ферментов.

Что же такое ферменты? Какую роль они играют при прорастании зерна? Как проявляется их действие, способное вызвать распад сложных органических соединений до простых составляющих их веществ?

Мы уже говорили, что ферменты бывают простые, представляющие собой только белок, и сложные, состоящие из белка и



небелковой части, чаще всего являющейся витамином. Такие ферменты не могут ускорять химическую реакцию при отсутствии витаминов.

Поскольку процессы обмена веществ в организме человека тоже совершаются под действием ферментов, витамины являются необходимым компонентом пищи

человека. Их недостаточность будет тормозить действие ферментов, а последнее приведет к нарушению обмена веществ.

Между прочим, продукты из зерна являются крупными поставщиками многих важнейших витаминов, необходимых человеку.

По словам академика И. П. Павлова ферменты есть ... первый акт жизненной деятельности. Все химические процессы направляются в теле именно этими веществами, они есть возбудители всех химических превращений. Все эти вещества играют огромную роль, они обуславливают собой те процессы, благодаря которым проявляется жизнь, они и есть в полном смысле возбудители жизни.

Так вот где таится чудесная сила, благодаря которой зерно дает жизнь новому растению. Основными ферментами зерна являются: амилазы, расщепляющие крахмал; протеазы, гидролизующие белки; липазы, вызывающие распад жира; а также окислительно-восстановительные ферменты, катализирующие процессы дыхания и брожения. Как и все ферменты, они являются веществами белковой природы, ускоряющими распад сложных органических соединений зерна.

Сущность действия ферментов сводится к следующему. Для протекания химической реакции молекулы реагирующих веществ должны обладать определенной энергией. Если мы повышаем температуру, то тем самым увеличиваем количество активных молекул. Но если температура не повышается, реакция не пойдет, не хватит энергии. Вот здесь-то и помогут ферменты, они вступят в реакцию с молекулами одного из реагирующих веществ. Полученные соединения носят промежуточный неустойчивый характер, и на их образование требуется значительно меньше энергии. В результате взаимодействия фермента с реагирующими молекулами последние подвергаются химическим изменениям, и после окончания реакции от фермента отделяются новые молекулы, сам же фермент остается неизменным.

Для протекания реакции между ферментом и реагирующими или реагирующей молекулой требуется небольшая энергия активации. Таким образом, сущность действия фермента сводится к понижению этой энергии.

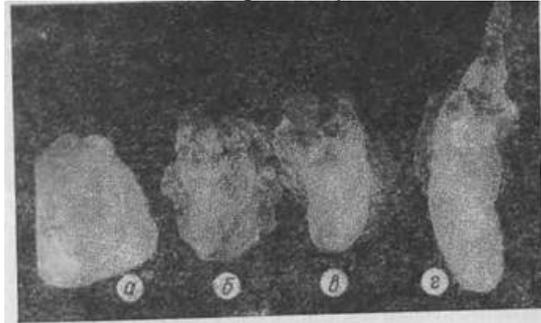


Рис. 1. Проращивание зародышей со щитками:  
а — контроль; б — проращивание в течение суток; в — проращивание в течение двух суток; г — проращивание в течение трех суток.

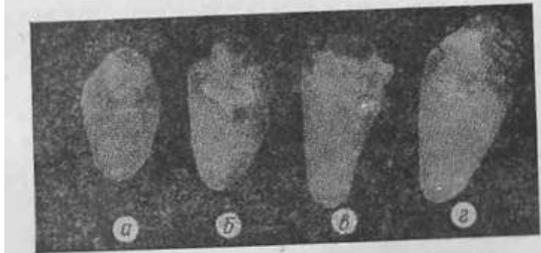


Рис. 2. Проращивание зародышей без щитков:  
а — контроль; б — проращивание в течение суток; в — проращивание в течение двух суток; г — проращивание в течение трех суток.

Наиболее ответственную роль в процессе прорастания играют ферменты, вызывающие распад крахмала. Основным источником их является щиток зародыша. Если зародыш лишит щитка, то росток не сможет использовать для своего развития питательные вещества зародыша (рис. 1 и 2). Если на рисунке 1 хорошо виден тронувшийся в рост росток, то на рисунке 2, где показано проращивание зародыша без щитка, ростка не образовалось совсем.

Таким образом, щиток является не только насосом, поставляющим питательные вещества из эндосперма, источником ферментов, подготавливающих эти вещества для использования их ростком, но и сам является источником питания ростка.

Стоит заметить, что активность ферментов возрастает не только в результате повышения активности ферментов самого зерна, но не исключается возможность их новообразования в процессе прорастания.

Однако мы в данной работе не будем затрагивать эти сложнейшие биохимические процессы, связанные с решением проблемы увеличения активности фермента при прорастании.

Итак, при прорастании увеличивается активность амилазы, протеазы, липазы, основных ферментов, вызывающих распад сложных органических веществ зерна, - крахмала, белка и жира. И если для зерна, посеянного в поле, этот процесс нормален и естествен, то для зерна, заложенного на хранение, он недопустим.



Почему недопустимо прораствание зерна при хранении?

Зерно, проросшее в поле, а также проросшее при хранении, обладает повышенной энергией дыхания, активным физиологическим состоянием и, следовательно, неустойчиво при хранении.

Повышенная энергия дыхания сопровождается потерей сухого вещества зерна. Ученых давно интересовал вопрос, сколько сухого вещества теряет зерно при прораствании. Еще в 1896 г. английский ученый Теллер, изучая потери зерна в массе при прораствании пшеницы, получил следующие данные.

Срок прораствания, ч	Размер потери, %
1,5 - 24	
2,5 - 48	
5,9 - 73	
6,7 - 99	
10,1 - 120	

А вот данные Ж. Я. Буссенго (по книге В. Л. Кре-товича «Биохимия растений»).

Объект	Убыль массы, % к
исходной массе зерна	
46 зерен пшеницы.....	57
Одно зерно кукурузы .....	45
40 зерен гороха.....	52

Биохимические превращения, происходящие в зерне при прораствании, не могут не отразиться на хлебопекарных достоинствах зерна. И об этом надо иметь представление.

Итак, известно, что качество хлеба из проросшего зерна понижено. Степень же этого влияния зависит и от количества проросших зерен и от продолжительности их прораствания.

В некоторых случаях небольшое количество проросшего зерна при добавлении к нормальному может вызвать даже улучшение качества хлеба - увеличение его объема, улучшение цвета корки и качества мякиша.

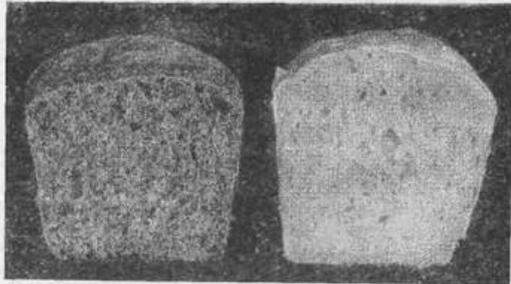


Рис. 3. Хлеб, выпеченный из 70%-ной цельносмолотой муки (слева) и муки 70%-ного помола (справа), полученной из непроросшего зерна.



Рис. 4. Хлеб, выпеченный из муки, выработанной из цельносмолотого зерна, прораствавшего в течение 72 ч (слева) и 36 ч (справа).

По мере увеличения степени прораствания и количества примеси проросшего зерна качество хлеба резко ухудшается. На рисунках 3 и 4 приведены образцы хлеба, выпеченного из муки, которую выработали из проросшего и непроросшего зерна. Уменьшается объем хлеба, провалившаяся корка приобретает темно-коричневый оттенок. Изменяется и мякиш хлеба - он теряет эластичность, становится сырым на ощупь и липким. Однако влажность мякиша, полученного из нормального и проросшего зерна, будет одинакова. Откуда же эта влага, так явно ощущаемая в мякише хлеба, полученного из проросшего зерна. А причина этого явления заключается в действии ферментов, в особенности амилазы, которая разрушает крахмал с образованием декстринов, а они-то и придают хлебу липкость. Кроме того, крахмал является гидрофильным веществом, т. е. способным удерживать воду, декстрины же не обладают этими свойствами в такой степени, как крахмал. Поэтому, когда фермент разрушает крахмал, освобождается некоторое количество влаги.

Вот почему при одинаковой влажности, мякиша у хлеба, выпеченного из муки, полученной из проросшего зерна, всегда



наблюдается сыропеклость, ощущается как бы непропеченность. Содержание веществ, растворимых в воде мякиша хлеба, полученного из проросшего зерна, резко возрастает. Это происходит потому, что крахмал не растворяется в воде, а продукты его распада растворимы. Если же взять мякиш хлеба, полученный из нормального зерна, и мякиш сыропек-лого хлеба (вследствие непропеченное, а не в результате прорастания зерна), то содержание водорастворимых веществ в них будет одинаково.

Углеводная часть зерна играет решающую роль в определении качества хлеба, полученного из проросшего зерна. Очень убедительно это подтверждают опыты, проведенные с выпечками хлеба из смесей белка и крахмала, выделенных из нормального и проросшего зерна. Смесь из белка нормального зерна и проросшего дает резко дефектный хлеб, а смесь из белка проросшего и крахмала нормального зерна - хлеб нормального качества. Но если прорастание будет продолжительным, то причиной порчи хлеба станет не только разрушение крахмала, играющего определяющую роль, но и сложные взаимодействия продуктов распада других веществ - жиров, белков и т. д.

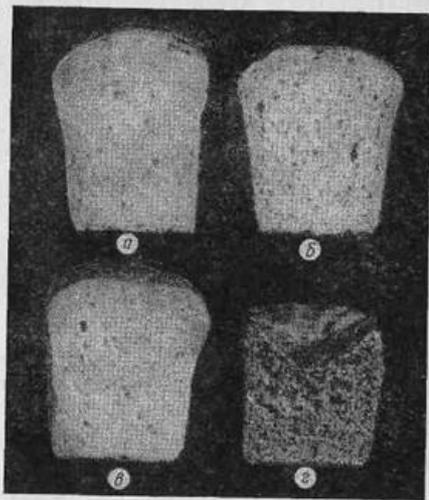


Рис. 5. Образцы выпеченного хлеба:  
а — образец № 1; б — образец № 2; в — образец, выпеченный из муки 70%-ного помола; г — образец, выпеченный из цельнозернового зерна.

Остановившись на влиянии амилазной активности на качество хлеба, полученного из проросшего зерна, следует заметить, что знание закономерностей распределения этого фермента по разным морфологическим частям зерна дает возможность регулировать его активность при помоле зерна. Ведь процесс сортового помола основан на избирательном измельчении различных анатомических частей зерна и их распределении по отдельным промежуточным и конечным продуктам. И, действительно, при сортовом помоле проросшей пшеницы активность  $\alpha$ -амилазы муки, полученной с различных потоков, колеблется значительно. Наименьшей активностью  $\alpha$ -амилазы обладает мука, полученная с II, III и IV драных, а также с 1-й по 5-ю размольных систем. Эта закономерность действительно для зерна всех изученных стадий прорастания, хотя абсолютные величины активности фермента значительно выше у зерна более поздних стадий прорастания.

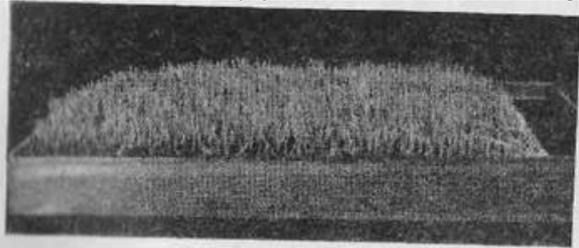


Рис. 6. Всходы зерна, прораставшего в течение 72 ч.

На рисунке 5 показаны образцы хлеба, выпеченные из муки с примесью зерна (10%), прораставшего в течение 72 ч. Общий вид проросшего зерна изображен на рисунке 6.

Качество хлеба, выпеченного из цельнозернового зерна, резко дефектное - корка вялая, цвет мякиша серый, на ощупь мякиш сырой, имеет солодовый запах. Мякиш хлеба, выпеченного из муки 70%-ного помола, заминающийся, с нормальной пористостью, слегка сладковатый. Мякиш хлеба (образец № 1), выпеченный из муки 70%-ного помола с исключением драной, Б-И размольной и 1-й сходовой систем, т. е. муки с повышенной активностью фермента, имел светлый, чуть заминающийся мякиш, с нормальной пористостью и вкусом. А вот мякиш хлеба (образец № 2), выпеченный из исключенных потоков муки, был серого цвета, с сильно заминающимся мякишем и крупной пористостью.

Приведенные данные еще раз подтверждают неравномерность распределения фермента по отдельным анатомическим частям зерна и возможность использования этой закономерности при переработке проросшего зерна. Но это уже относится к области биохимии хлебопечения, точнее, к биохимии дефектного зерна и возможности его использования. Однако необходимо



помнить о том, что ферменты амилазного комплекса сосредоточены в определенном месте зародыша, а именно в щитке, и по мере прорастания захватывают все большую и большую часть зерна.

Итак, мы теперь знаем, как влияет прорастание на качество выпекаемого хлеба. Поэтому при хранении данное явление недопустимо. Нужно твердо знать условия, при которых зерно может прорасти.

Прорастание является одним из проявлений жизни зерна, и первым и необходимым условием его является вода. Прорастает только набухшее зерно, влажность его при этом достигает 50-65%. Следует помнить, что увлажнение зерна до такой степени может произойти при смачивании его капельножидкой влагой.

Следующим необходимым условием для прорастания зерна является определенная температура, но всего лишь 1-3° тепла необходимо для развития зародыша при наличии влажности. И, наконец, прорастание зерна, являющееся одним из проявлений его жизни, не может протекать без кислорода. Однако достаточно иметь всего лишь небольшое (1%) количество последнего в межзерновом пространстве, чтобы проросло около 20% зерна при наличии двух первых факторов (воды и тепла).

Итак, подводя итоги, можно сказать, что прорастание зерна, представляющее собой начало жизни нового растения, вызывает сложные биохимические изменения зерна. При хранении зерна данное явление недопустимо, так как оно ухудшает стойкость зерна, сопровождается потерями сухого вещества, а хлеб, выпеченный из муки, выработанной из проросшего зерна, получается дефектным.

Однако степень дефектности зависит не только от количества проросших зерен, но и от продолжительности их прорастания. И если при хранении данное явление недопустимо, то мы еще не застрахованы от капризов природы. В условиях дождливой осени на хранение может поступать то или иное количество проросшего зерна.

Это необычное зерно, сложное и требует оно к себе чуткого и внимательного отношения. Хранить его трудно, перерабатывать сложно, а хлеб доброкачественный получить можно. Но для этого нужно не только понимать сущность процессов, происходящих в зерне при прорастании, но и уметь улучшить качество муки из проросшего зерна в процессе его переработки на мельнице.

## ДЫХАНИЕ ЗЕРНА

В 1 т зерна содержится несколько десятков миллионов зерен. И каждое из них живет и дышит, по-своему реагируя на изменение окружающей среды.

Трудно себе представить, что в сухом зерне, хранящемся в прекрасных условиях и при отсутствии каких-либо видимых изменений его качества, могут происходить сложные биохимические превращения.

Но всем хорошо известно, что при хранении у зерна даже отличного качества с течением времени падает всхожесть.

Следовательно, медленно, но постоянно в зерне происходит изменение состояния клеток, снижающее его всхожесть.

И. В. Мичурин писал: «В организме каждого семени, хотя бы находящегося еще в состоянии покоя, т. е. в сухом виде, процесс жизни не останавливается, совершается постоянный, хотя и медленный, обмен веществ, поддерживающий жизнь зародышевой клетки» (Мичурин И. В. Сочинения, т. 1, 1948, стр. 287.).

Но для процессов обмена веществ организму нужна энергия. Дыхание зерна как раз и является постоянным источником этой энергии.

К исходным веществам, участвующим в процессе дыхания, относятся углеводы, к конечным продуктам - углекислый газ и вода. Процесс дыхания можно представить в виде уравнения:



глюкоза      кислород      вода      углекислый газ

Данное уравнение характеризует аэробное дыхание зерна, т. е. дыхание, протекающее с участием кислорода.

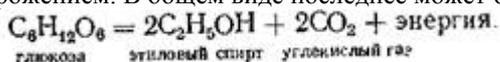
Конечно, это уравнение не отражает всех сложнейших промежуточных превращений веществ, происходящих в зерне при дыхании и протекающих с участием многочисленных ферментов.

Кроме того, на каждую израсходованную грамм-молекулу глюкозы при аэробном дыхании выделяется 674 ккал тепла, Часть этой энергии и идет на процессы обмена веществ, необходимые

для поддержания жизни зерна, а неиспользованная энергия в виде тепла выделяется в окружающую среду.

При понижении содержания кислорода в межзерновом пространстве характер дыхания зерна изменяется.

На смену аэробному (кислородному) дыханию приходит анаэробное (бескислородное), которое называют спиртовым брожением. В общем виде последнее может быть представлено в виде уравнения.



глюкоза      этиловый спирт      углекислый газ

Это уравнение также является суммарным, отражающим только исходные и конечные продукты бескислородного дыхания, оно ничего не говорит о сложных ферментативных промежуточных реакциях, которые происходят при этом в тканях зерна.

Процесс брожения также сопровождается выделением тепла. На каждую израсходованную грамм-молекулу глюкозы при анаэробном дыхании выделяется 28,2 ккал тепла.

В процессе бескислородного дыхания накапливается углекислый газ и спирт. Последний оказывает ядовитое действие на клетки зародыша, который очень быстро теряет жизнеспособность, а следовательно, и всхожесть.

Скорость падения всхожести в значительной степени определяется влажностью зерна (рис. 7). При высокой влажности зерна энергия прорастания и всхожесть понижаются уже через несколько суток хранения без доступа воздуха. Дальнейшее хранение в

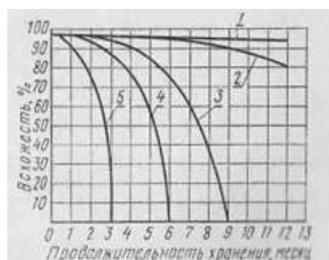


Рис. 7. Снижение всхожести у зерна пшеницы при хранении без доступа воздуха при температуре 15—20°С при влажности: 1—11,3%; 2—14,32%; 3—16,45%; 4—19,55%; 5—22%.



анаэробных условиях приводит зерно к полной потере всхожести.

Процессы дыхания и брожения тесно связаны между собой. Представление о характере дыхания дает так называемый дыхательный коэффициент:

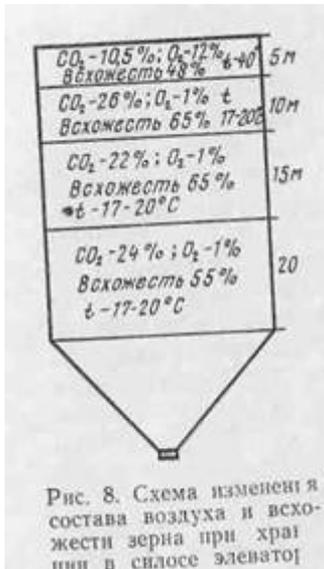


Рис. 8. Схема изменения состава воздуха и всхожести зерна при хранении в силосе элеватора

отношение объема выделенного семени углекислого газа к объему кислорода, поглощенного при дыхании.

Если дыхание идет по первому уравнению, количество поглощенного кислорода будет соответствовать количеству выделенного углекислого газа.

От каких факторов зависит величина дыхательного коэффициента, какова его роль при характеристике зерновой массы и зачем нам надо знать его величину?

Величина дыхательного коэффициента не является постоянной, характерной для отдельных культур, хотя и зависит от вида культуры, вернее, от материала, расходуемого на дыхание. Влажность зерна и характер протекающих в зерновой массе процессов значительно влияют на величину дыхательного коэффициента.

Если исходным материалом для дыхания являются углеводы, то объемы поглощаемого кислорода и выделяемого углекислого газа одинаковы и дыхательный коэффициент в данном случае равен единице.

Дыхание семян масличных культур идет за счет уменьшения жировой фракции, для полного распада которой требуется больше кислорода. Дыхательный коэффициент при этом будет меньше единицы.

Оболочки свежееубранного зерна имеют низкую проницаемость для кислорода, и зерновая масса дышит анаэробно, т. е. без кислорода. Дыхательный коэффициент при этом возрастает. То же самое зерно в период созревания, когда происходит формирование углеводов, имеет низкий дыхательный коэффициент.

При хранении зерна в силосах элеватора кислород воздуха межзерновых пространств постепенно расходуется на дыхание живых компонентов зерновой массы, содержание углекислого газа при этом возрастает. Кислородное дыхание слабеет, а бескислородное усиливается. Дыхательный коэффициент возрастает.

При хранении свежееубранного зерна в негерметическом силосе элеватора происходит кислородное и бескислородное дыхание в различных слоях насыпи, в зависимости от ее высоты (рис. 8). В верхних слоях зерновой насыпи содержание кислорода уже через 22 дня составляет 12% при хранении пшеницы с влажностью 22%, поэтому здесь происходит аэробное дыхание. При такой влажности зерна усиливается жизнедеятельность микрофлоры, что резко снижает всхожесть.

В более глубоких слоях кислородное дыхание зерна заменяется бескислородным вследствие быстрого поглощения кислорода воздуха живыми компонентами зерновой массы. Возникают условия герметического хранения зерна.

Безусловно, зерно с высокой (22%) влажностью хранить в силосах элеватора нельзя. Но данные, приведенные выше, еще раз подчеркивают сложность процессов, происходящих в зерновой массе при повышенной интенсивности дыхания. И это следует учитывать и в тех случаях, когда на короткий срок все-таки приходится загружать влажное зерно в силос. Ведь в оперативных целях допускается загрузка такого зерна продовольственного назначения в силос, но в объеме не более трехсуточной производительности зерносушилок.

При этом следует помнить, что сырое зерно, хранящееся без перемещения в течение десяти дней, резко повышает свою чувствительность к повышенным температурам. Однако такое же зерно, но подвергавшееся проветриванию в течение этого периода хранения и высушенное при мягких режимах сушки, почти не изменяет своей исходной всхожести. Профессор П. Козьмина объясняет это явление тем, что повышение температуры при сушке зерновой массы, не подвергавшейся проветриванию, приводит к перемещению продуктов анаэробного дыхания в зародыш зерна, концентрации их и снижению всхожести. Однако падение всхожести можно объяснить и влиянием микроорганизмов. Дыхание сырого зерна сопровождается выделением влаги, которая способствует развитию микроорганизмов в партии зерна, не подвергавшегося проветриванию. Подобное явление происходит и в зерновой насыпи, хранящейся в складе. Если зерно имеет повышенную влажность, то уже через 12 часов можно обнаружить повышение температуры в средних и верхних слоях насыпи, а в нижних слоях, где кислород воздуха был быстро израсходован и дыхание приняло анаэробный характер, запах спирта.

Скорость поглощения кислорода зависит от содержания влаги в зерне. Наиболее интенсивное поглощение кислорода происходит в первые часы хранения. Если загрузить в герметический силос зерно с влажностью 25%, то содержание кислорода в течение первых двух часов снизится до 50%, а за 8 часов хранения при температуре 20°C до 1%.

Бескислородное дыхание сопровождается выделением меньшего количества тепла, чем кислородное. Следовательно, с точки зрения хранения последнее является более безопасным. Однако дыхание, протекающее с участием кислорода, сопровождается меньшим расходом углеводов, чем бескислородное, так как количество энергии, выделяемое при бескислородном дыхании, почти в 24 раза меньше, чем при кислородном. Но для процессов обмена веществ живое зерно должно обеспечить себя необходимым количеством энергии, поэтому при бескислородном дыхании будет израсходовано больше сухих веществ зерна.

Вот почему необходимо знать дыхательный коэффициент, который дает представление о характере дыхания, т. е. позволяет определить его вид. А это, в свою очередь, необходимо для уточнения норм естественной убыли зерна при хранении, а также для расчетов тепловыделения зерновой массы и прогнозирования стойкости ее хранения.

Как же определить дыхание зерна?

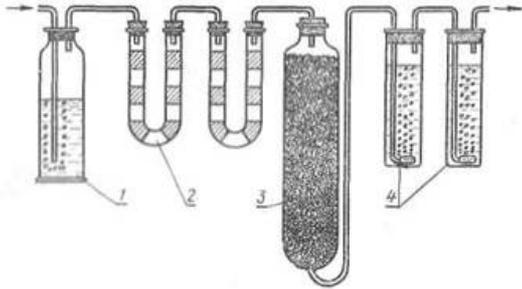


Рис. 9. Схема прибора для определения интенсивности дыхания зерновой массы:  
1 — склянка Дрекслея с КОН; 2 — U-образная трубка; 3 — сосуд с аэроном; 4 — склянка-поглотитель.

Интенсивность дыхания зерна можно определять различными методами: по накоплению углекислого газа, по снижению содержания кислорода, по уменьшению сухой массы зерна, по количеству выделившегося тепла. Наиболее распространенным и простым считается метод, разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом зерна и продуктов его переработки, основанный на учете выделившегося при дыхании углекислого газа.

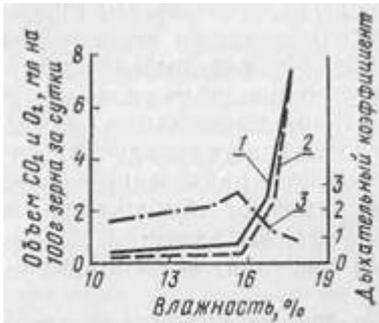


Рис. 10. Зависимость интенсивности дыхания и дыхательного коэффициента у зерна пшеницы от ее влажности:  
1 — CO<sub>2</sub>; 2 — O<sub>2</sub>; 3 — CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>.

Сушность метода состоит в том, что через определенную навеску зерна, помещенную в закрытый сосуд, в течение 24 ч пропускают воздух, увлекающий выделившийся при дыхании углекислый газ и последний учитывают.

Схема определения интенсивности дыхания зерна по пому методу представлена на рисунке 9.

Воздух, проходя через склянку Дрекслея с едким калием и U-образные сосуды с фосфорным ангидридом и стеклянной ватой, очищается от углекислого газа и водяных паров.

Углекислый газ, выделившийся при дыхании, подхватывается очищенным воздухом и попадает в склянку-поглотитель, содержащий едкий барий.

Количество углекислого газа учитывают по количеству титрованной щелочи, нейтрализованной данным газом. А интенсивность дыхания выражается в миллиграммах углекислого газа, выделяемого зерном (в пересчете на 100 г сухого вещества) за 24 ч при определенной температуре.

Для определения интенсивности дыхания в массе хранящегося зерна при помощи

специальных трубок-зондов забирают пробу воздуха межзернового пространства и определяют в ней содержание углекислого газа и кислорода. Более точно дыхание зерна определяют на приборе Варбурга (манометрический метод). При этом учитывают количество выделившегося углекислого газа и поглощенного кислорода.

В основе манометрического метода лежит изменение давления в замкнутом сосудике при постоянной температуре в зависимости от интенсивности дыхания зерна. Что влияет на интенсивность дыхания зерна?

Интенсивность дыхания зерна колеблется в широком диапазоне от величин, практически не поддающихся учету при хранении сухого зерна, до величин, превышающих 100 мг углекислого газа на 100 г сухого вещества зерна за 24 ч при хранении сырого зерна в благоприятных для дыхания условиях. Интенсивность данного процесса обуславливается многими факторами.

Рассмотрим их.

**Влажность.** Дыхание хранящегося зерна в значительной степени определяется его влажностью. С повышением влажности дыхание возрастает (рис. 10). Причем зерно с влажностью 14-15,5% дышит в два-четыре раза интенсивнее, чем сухое, а интенсивность дыхания зерна влажностью 17% и выше возрастает в 20-30 раз. Другими словами, при повышении влажности зерна интенсивность дыхания возрастает неравномерно - сначала незначительно, а затем происходит резкий скачок. Этот факт был отмечен еще английскими учеными Бейли и Гурджером, которые наблюдали постепенное усиление дыхания в зернах пшеницы с повышением влажности до 14,5%, а затем скачок. Более подробно данное явление было изучено советским ученым В. Л. Кретовичем, который показал, что подобный скачок в усилении дыхания обусловлен появлением в зерне свободной влаги. Что же такое свободная влага и как она появляется в зерне?

Как известно, зерно в основном состоит из белков, углеводов и жиров. Углеводы и белки являются так называемыми гидрофильными коллоидами, т. е. веществами, молекулы которых способны связывать воду. Такое связывание происходит при постепенном поступлении влаги в зерно. Но в какой-то момент в зерне по-является свободная влага, т. е. вода, имеющая невысокую энергию связи с тканями зерна и легко из него удаляемая. Под связанной понимают влагу, обладающую высокой энергией связи с тканями зерна.

Влажность зерна, при которой появляется свободная влага, называют критической. Часто под критической влажностью понимают влажность, при которой зерно начинает интенсивно дышать.

Почему?

Во-первых, свободная влага является той средой, растворяясь в которой дыхательные ферменты становятся активными. А без действия ферментов не происходят биохимические превращения, в том числе и процесс дыхания.

Во-вторых, появление свободной влаги в зерне является необходимым условием для развития микрофлоры зерна, которая влияет на сохранность зерна.



Итак, величина критической влажности зерна является как бы границей его безопасного хранения. Поэтому в практике хранения зерна необходимо знать величину данного показателя.

Величина критической влажности зависит в основном от химического состава зерна. Чем больше в зерне углеводов и белковых веществ, переводящих воду в связанное состояние, тем больше ее надо, чтобы она появилась в свободном виде.

Приведем величины критической влажности в процентах для некоторых культур:

горох, фасоль, вика, чечевица . . . .	15,0- -16,0
пшеница, рожь, овес, ячмень	14,5- 15,5
.	12,5-
.	10,5- -13,5
подсолнечник	клевце- 6,0- -11,0
среднемасличный	-8,0
подсолнечник	
высокомасличный,	

Температура -важный фактор, влияющий на интенсивность дыхания зерна. Величина критической влажности в основном определяется химическим составом зерна, однако в некоторой степени она зависит и от температуры. С понижением

температуры величина критической влажности увеличивается и стойкость зерна возрастает.

Так, например, для риса величина критической влажности при температуре 7-8°C составляет 14,5-15,5% (по данным Л. Алексеевой), а при температуре 25-27°C - 14,0 - 14,5%. При

неизменной влажности интенсивность дыхания зерна тем выше, чем больше температура.

Однако катализирующее действие температуры сказывается только до определенного предела, примерно до 45 - 55°C (рис. 11), а при дальнейшем ее росте дыхание зерна резко падает. Это объясняется тем, что высокая температура приводит к денатурации белка. Так называются необратимые изменения, происходящие в белке под действием высокой температуры или каких-либо других факторов.

А денатурация белка, являющегося основой жизни, всегда связана с гибелью живого организма. Таким образом, перегрев зерна приводит к необратимому изменению его белковых веществ и, в частности, к потере активности ферментов, катализирующих биохимические процессы в зерне, а следовательно, к гибели всего зерна. Зерно становится мертвым.

Какое зерно лучше хранится?

На хлебоприемные предприятия поступает зерно разного качества, что связано с сортовыми и почвенно-климатическими особенностями. Так, в отдельные годы в период созревания зерна в некоторых районах наблюдается наступление ранних заморозков. Это особенно опасно для позднеспелых сортов. Дело в том, что при созревании в зерне протекают

процессы синтеза высокомолекулярных соединений (белков, углеводов, жиров), которые завершаются в стадии технической спелости. Если зерно захвачено морозом на ранних стадиях развития (молочной или восковой), оно не заканчивает данного процесса, т. е. низкие температуры останавливают развитие зерна. Такое зерно имеет повышенную активность ферментов, более высокую интенсивность дыхания, следовательно, при хранении оно является менее стойким.

При неблагоприятных условиях зерно может прорасти. Об этих условиях и особенностях такого зерна будет сказано далее.

Здесь же отметим, что и проросшее зерно имеет повышенную активность всего ферментативного комплекса.

В отдельные годы в районах Сибири, а также Северного Казахстана наблюдается поражение зерна плесневыми грибами (альтернания и гельминтоспориум). Заболевание, вызываемое данными грибами, получило название «черного зародыша», так как оно характеризуется наличием темных, пятен чаще всего в области зародыша. Не останавливаясь на семенных и технологических особенностях зерна с «черным зародышем», отметим, что в процессе хранения происходит некоторое увеличение пятнистости, что можно объяснить старением мицелия гриба, поражающего оболочки зерна. Мицелием гриба называют переплетение тонких гифов, которые образуют пушистый налет. Интенсивность дыхания зерна, пораженного грибами альтернания и гельминтоспориум, более высокая, чем у здорового зерна. При благоприятных условиях хранения энергия дыхания снижается как у нормального, так и у пораженного зерна. Если повысится температура и увлажнится зерно вследствие высокой относительной влажности воздуха, интенсивность дыхания зерна, пораженного «черным зародышем», будет увеличиваться значительно быстрее, чем здорового. Это объясняется снижением защитных сил пораженного зерна, в результате чего зерно с «черным зародышем» подвергается более активному воздействию плесени хранения.

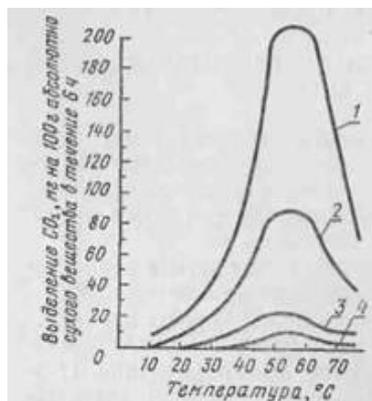


Рис. 11. Влияние температуры на интенсивность дыхания зерна при влажности:

1 - 22%; 2 - 18%; 3 - 16%; 4 - 14%.



Зерно при нормальных условиях созревания убирают в стадии технической спелости, когда закончился приток питательных веществ и зерно подсыхло. Однако техническая спелость не совпадает с физиологической, т. е. с завершенностью сложных внутренних биохимических процессов в зерне. Свежеубранное зерно очень неоднородно по влажности отдельных зерен вследствие неравномерного созревания колосьев на одном и том же поле и даже зерен в одном колосе. У пшеницы влажность



Рис. 12. Интенсивность дыхания зерновки пшеницы при созревании (в мл O<sub>2</sub> за 1 ч на 1 г сухой массы): а — ранняя фаза; б — наливание; в — молочная спелость; г — молочновосковая спелость; д — восковая спелость; е — полная спелость.

отдельных зерен в колосе может составлять 40% и более. Влажность является одним из показателей степени спелости зерна, следовательно, свежеубранное зерно имеет повышенную энергию дыхания (рис. 12) и хранится плохо.

Стойкость зерна при хранении зависит от интенсивности его дыхания, чем ниже интенсивность дыхания, тем меньше биологические потери и выше стойкость зерна при хранении. А если зерно мертвое? Если его дыхание равно нулю? Ведь зерно могло потерять свою жизнеспособность под действием высоких температур при сушке, при охлаждении или при хранении в условиях отсутствия кислорода.

Зерно, являясь живым организмом, обладает естественным иммунитетом, как и материнское растение. Последнее проявляет свои защитные реакции повышением активности окислительных ферментов, снижающих активность гидролитических ферментов, выделяемых грибами. Окислительные ферменты превращают токсины в нейтральные вещества, что способствует образованию химических соединений с фунги-цидными и бактерицидными свойствами, иными словами, зерно обладает удивительной и замечательной способностью каждого живого организма - сопротивляться разрушительному действию других клеток. Живое зерно проявляет защитные реакции, которые препятствуют развитию плесневых грибов в тканях зерна. Способность живого зерна сопротивляться развитию различных представителей микробиологического мира ярко проявляется при проращивании зерна на фильтровальной бумаге. Живое здоровое зерно прорастает, дает полноценный росток, мертвое же через некоторое время покрывается плесенью, хотя обсемененность микроорганизмами того и другого зерна была одинакова. Живое зерно более стойко при хранении. Поэтому хранить зерно надо так, чтобы не потерять его жизнеспособность, но жизнедеятельность свести к минимуму.

Влияние отдельных компонентов зерновой массы на интенсивность ее дыхания. В состав зерновой массы входят семена сорных растений. Для разных климатических зон характерны различные сорняки и степень засоренности, которая может достигать значительных размеров. А так как зерновая масса обладает способностью к самосортированию, то при загрузке зерна в зернохранилище в ней появляются участки с повышенным содержанием семян сорных растений. Последние, как правило, созревают позже зерна основной культуры, поэтому их влажность выше средней влажности зерна. Следствием этого является повышенная интенсивность дыхания семян сорных растений по сравнению с дыханием основного зерна. По данным профессора Л. А. Трисвятского, семена сорных растений дышат в сорок раз энергичнее самого зерна. Это одна из причин необходимости очистки зерна в потоке перед закладкой на хранение.

Микрофлора. Как все окружающее нас покрыто различными представителями микробиологического мира, так и зерно не бывает стерильным в естественных условиях. На его поверхности находятся бактерии, плесневые грибы, дрожжи.

Если живое или мертвое зерно хранится в сухом состоянии с влажностью ниже критической, то микроорганизмы не представляют для него опасности, но сохраняют свою жизнеспособность в течение длительного времени.

При повышении влажности зерна или воздуха в межзерновом пространстве микрофлора быстро развивается. А это приводит к необратимой порче зерна. В первую очередь плесени поражают зародыш, как наименее защищенную и в то же время наиболее питательную часть зерна.

Почти все неблагоприятные процессы, происходящие с зерном при хранении, - появление затхлого, плесенного или гнилостного запаха, потеря естественного блеска, самосогревание и т. п. - являются результатом жизнедеятельности микроорганизмов, особенно плесневых грибов.

Рассматривая жизнь зерна, мы не можем не остановиться на некоторых его заболеваниях, связанных с поражением плесневыми грибами.

Еще в поле при неблагоприятных условиях дозревания и уборки зерно может поражаться различными микроорганизмами, многие из которых значительно ухудшают его качество.

Мы уже говорили о том, что зерно, пораженное грибами альтернария и гельминтоспориум (зерно с «черным зародышем»), нестойко при хранении. Однако данное заболевание влияет и на биохимические свойства зерна. Так, например, клейковина зерна с «черным зародышем», пораженного грибом альтернария, значительно слабее по сравнению с клейковиной этого же зерна, но не пораженного грибом. Активность ферментов (протеаз), расщепляющих белок, и содержание аминокислот в данном зерне повышены.

Кроме того, в результате жизнедеятельности этого гриба снижается содержание крахмала, увеличивается количество продуктов его распада - декстринов. У гельминтоспориозного зерна немного повышена кислотность и кислотное число жира. В процессе хранения у зерна с «черным зародышем» нарастание кислотного числа жира идет быстрее, чем у здорового. Плесневые грибы альтернария и гельминтоспориум по-разному изменяют биохимические свойства зерна, природа этого явления пока не ясна.

Для обоих видов инфекции характерно увеличение зольности зерна, причем меняется состав микро- и макроэлементов - содержание кремния и меди увеличивается, а калия, марганца и натрия уменьшается. Снижение содержания некоторых



минеральных элементов зерна, безусловно, влияет на пищевые достоинства вырабатываемой продукции. А ведь совсем недавно считалось, что данное заболевание не влияет на технологические свойства зерна. И только исследования, проведенные в последние годы, показали, что технологические свойства зерна с «черным зародышем» снижаются, так как мука при этом получается с повышенной зольностью, изменяется ее цвет и ухудшаются хлебопекарные достоинства.

К полевым плесеням, поражающим зерно, относятся грибы из рода фузариум. Зерно, пораженное этими грибами в ранней стадии, белесоватое и щуплое, в поздних стадиях приобретает розовую окраску, которая представляет собой грибницу.



Рис. 13. Поражение плесневыми грибами поврежденных участков зерна сорго.

Мицелий гриба фу-зариума может проникать внутрь зерна и вызывать изменение его химического состава, разрушая крахмал, белки и жиры.

В отличие от альтернариозного и гельминтоспориозного зерна пораженность последнего фузариумом часто приводит к появлению ядовитых свойств, т. е. зерно становится токсичным. В практике хранения партии зерна с фузариозными зернами свыше 1 % принимают и обрабатывают отдельно и используют только на технические цели. Изучение токсина, выделенного из пораженного зерна, показало, что он отличается высокой термоустойчивостью и разрушается при температуре свыше 200°C.

Характерной особенностью грибов фузариума является их способность не только развиваться при неблагоприятных условиях хранения, но и заражать здоровое зерно, чего не наблюдается при хранении зерна с черным зародышем».

Однако следует помнить, что розовое зерно не обязательно является фузариозным. Иногда на предприятия системы заготовок поступают партии зерна с наличием розовоокрашенных зерен нефузариозной природы.

Такое зерно по своим технологическим и хлебопекарным свойствам близко к нормальному. Кроме того, доказана абсолютная нетоксичность нефузариозных ронжоокрашенных зерен пшеницы и ржи.

Главную опасность для жизни зерна представляют плесени хранения, среди которых наиболее важная роль принадлежит аспергиллусам и пенициллиумам. Последние являются не только причиной качественных и количественных потерь зерна при хранении, но представляют реальную опасность для заболеваний человека и животных. Известно, что плесени рода аспергиллусов и пенициллиумов, поражая зерно, образуют ядовитые вещества, так называемые афлатоксины. Образование и накопление в зерне афлатоксинов представляет серьезную проблему во всем мире, так как при изучении токсичности этих веществ была выявлена их потенциальная канцерогенность.

Ученые многих стран мира, в том числе и Советского Союза, работают над проблемой афлатоксинов, изучая влияние их на живой организм, условия образования, разрабатывая методы определения.

Самый эффективный способ борьбы с плесенями хранения-предотвращение их роста в зерне. А для этого надо знать условия, способствующие развитию плесеней.

Первым и необходимым условием развития плесеней хранения является влага. На зерне с влажностью ниже критической, т. е. при отсутствии свободной влаги, микроорганизмы не развиваются. Однако относительная влажность, равная 70-75%, является минимальной для развития микроорганизмов на зерне. В то же время известно, что, при относительной влажности воздуха 70 - 75% равновесная влажность зерна стремится к критической. Поэтому можно сделать вывод о том, что микроорганизмы на зерне развиваются при относительной влажности воздуха выше 70% и при влажности зерна выше критической.

Вторым фактором, влияющим на развитие микрофлоры, является температура. Микроорганизмы зерновой массы в основном состоят из так называемых мезофилов, развивающихся при температуре от 5 до 45°C. Однако при самосогревании развиваются термофильные микроорганизмы, которые погибают уже при температуре свыше 80°C.

На развитие микроорганизмов влияют и такие факторы, как доступ кислорода воздуха, наличие минеральной примеси и травмирование зерна. Оболочки защищают зерно от воздействия микроорганизмов, значительная часть которых не может их разрушить и получить для своего развития питательные вещества. Но как только в зерне появляются трещины, оголенные участки эндосперма, то при наличии определенной влажности микроорганизмы начинают в них быстро развиваться и в процессе своего развития могут погубить зерно. Развитие плесневых грибов на поврежденных участках зерна сорго показано на рисунке 13.

Но все-таки определяющая роль среди факторов, влияющих на развитие микроорганизмов, принадлежит влажности зерна и воздуха межзерновых пространств.

Вернемся к дыханию зерновой массы. Конкретный интерес для нас представляет место микрофлоры в суммарной энергии ее дыхания. По данным известного русского ученого академика С. П. Костычева, двухдневная культура плесневого гриба выделяет 1750- 1870 мг углекислого газа на 1 г сухого вещества за 24 ч, сухое же зерно пшеницы выделяет всего 0,1- 0,2 мг углекислого газа, т. е. энергия дыхания плесневелых грибов ни с чем не сравнима. И хотя дальнейшее развитие плесеней снижает интенсивность дыхания и четырехдневная культура гриба дышит в четыре-пять раз слабее, суммарное дыхание увеличившейся плесени перекрывает это снижение.

В зерновой массе могут находиться различные виды вредителей хлебных запасов - долгоносики, хрущаки, мукоеды, моли, огневки, точильщики, зерновки, клещи и другие. Особенности строения, развития, степенью вредоносности и мерами борьбы с вредителями занимается наука энтомология. Здесь же мы остановимся на роли вредителей в интенсивности дыхания зерновой массы.



Обмен веществ различных вредителей хлебных запасов по сравнению с дыханием зерна значительно более интенсивен. И хотя вредители составляют незначительную часть зерновой массы, доля их дыхания в общем дыхании может быть весьма существенной. Это положение подтверждает английский ученый Оксли, который установил, что 10 долгоносиков на каждые 450 г зерна выделяют почти в семь раз больше углекислоты, чем зерно пшеницы.

Однако, интенсивность дыхания насекомых в значительной степени зависит от влажности и температуры зерна. Тело насекомых содержит до 67% влаги, а тело клещей еще больше. Вода в организме насекомых участвует в процессах дыхания, питания, роста, выделения экскрементов и т. д. Потеря воды должна постоянно возмещаться. Поэтому для нормальной жизнедеятельности вредителям нужна определенная влажность продукта, благодаря которой они могла бы поддерживать необходимое содержание влаги в организме.

Если насекомые или клещи попадают в сухую среду, они теряют больше воды, чем получают из пищи. Интенсивность дыхания у них снижается, что приводит к гибели. Оптимальной влажностью для нормальной жизнедеятельности насекомых и клещей является относительная влажность, равная 70-80%, что соответствует равновесной влажности зерна 14,8-18,5%.

Важным фактором для жизнедеятельности вредителей хлебных запасов является температура. Так как насекомые и клещи не имеют постоянной температуры тела, активность всех физиологических процессов, происходящих в их организме, в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. Наиболее благоприятные условия для их жизни создаются в интервале температур от 17 до 35°C. В этих условиях насекомые и клещи усиленно питаются, двигаются, дышат и размножаются. С понижением температуры все жизненные процессы постепенно замедляются - прекращается кладка яиц, спаривание, ослабевает дыхание, удлиняются сроки развития всех фаз насекомого. При дальнейшем понижении температуры наступает холодное оцепенение - для теплолюбивых видов вредителей его границей является температура 5-7°C, для холодостойких (различные виды клещей, притворяшки, большой мучной хрущак и др.) -0-3°C.

Температура выше 35°C приводит к перегреву тела насекомого или клеща и его гибели.

Следует заметить, что влажность и температура взаимно связаны между собой по влиянию на жизнедеятельность вредителей. Однако вредители легче переносят низкую температуру при более влажной пище.

Какое же заключение можно сделать из сказанного?

Самым важным является то, что тепло, выделяющееся при дыхании вредителей, может стать причиной самосогревания зерна. Такое самосогревание может наступить в зерне с влажностью ниже критической. Температура зерновой насыпи при этом повышается до 38-42,2°C. При достижении такой температуры вредитель и проявляют так называемый отрицательный термотаксис, т. е. перемещаются в более прохладные участки зерновой массы, заражая их.

Итак, мы рассмотрели процесс дыхания зерновой массы.

Каковы же последствия этого процесса?

Изменение состояния зерновой массы при хранении, связанное с дыханием. В процессе дыхания уменьшается сухая масса зерна, меняется состав воздуха межзернового пространства - повышается его влажность и температура, а кроме того, меняется соотношение кислорода и углекислого газа. Каждый из этих факторов имеет большое значение для сохранности зерна. Прежде всего, расход сухого вещества при дыхании вызвал необходимость установления определенных норм потерь зерна при хранении. Расчет потерь сухого вещества в зерне, произведенный профессором Л. А. Трисвятским, показал, что 1 мг углекислоты соответствует 0,6825 мг глюкозы. Однако профессор Л. А. Трисвятский отмечает, что эти данные справедливы при условии, что весь углерод, входящий в состав углекислого газа, является результатом распада глюкозы. В действительности же определяемое количество углекислого газа, безусловно, является не только результатом дыхания зерна, но и находящейся на нем микрофлоры.

Потери зерна при дыхании неизбежны, поэтому их называют нормируемыми. Эти потери являются составной частью естественной убыли зерна при хранении. Нормы естественной убыли непостоянны.

Совершенствование способов хранения зерна, а также технологии и техники его обработки приводит к периодическому сокращению норм естественной убыли.

Потери зерна при дыхании происходят с самого начала хранения (наиболее интенсивно в первые месяцы). Это связано с тем, что свежубранное зерно физиологически незрелое, в нем интенсивно протекают различные биохимические процессы. По мере завершения последних энергия дыхания зерна снижается.

Дыхание зерна сопровождается выделением влаги (в виде пара). Относительная влажность воздуха в межзерновом пространстве при этом повышается, что приводит к новому увлажнению зерна, которое, в свою очередь, начнет дышать еще более энергично.

Процесс дыхания сопровождается еще и накоплением тепла в зерновой массе. А последняя является плохим его проводником.

Накапливающееся тепло еще больше катализирует процесс дыхания. В какой-то момент относительная влажность воздуха межзерновых пространств повышается до 70%, что является пределом безопасности хранения зерна. Начинается усиленное развитие плесеней, следствием чего является резкое повышение температуры в зерновой массе, или, другими словами, возникает самосогревание.

Процесс самосогревания зерновой массы изучен подробно, поэтому здесь мы его рассмотрим только как завершающий результат активной жизнедеятельности зерновой массы и явления термовлагопроводности (перемещения влаги по направлению потока тепла). Данное свойство зерновой массы является основной причиной возникновения пластового самосогревания. Вот как это происходит.

Свежубранная масса зерна имеет повышенную энергию дыхания, которая сопровождается выделением тепла и влаги. Воздух в межзерновом пространстве нагревается. Способность его удерживать влагу с повышением температуры возрастает. И ту влагу, которую выделяет зерно при дыхании в результате распада углеводов, т. е. химически связанную влагу зерна, воздух



принимает, повышая свою абсолютную влажность. Зерно при этом будет увлажняться, стараясь прийти в равновесие с увеличившейся влажностью воздуха межзерновых пространств.

Зерно и семена сорных растений, увлажняясь, начинают дышать еще энергичнее, и при достижении определенной влажности зерна и воздуха в процесс дыхания вступают микроорганизмы, в результате чего накопление влаги и тепла пойдет еще более интенсивно.

Поверхность зерна, омываясь потоками холодного осеннего воздуха, медленно охлаждается. Однако при пассивном охлаждении воздух не может проникнуть на большую глубину зерновой насыпи. На глубине 0,5-1,0 м от поверхности зерна он встречается с теплым воздухом, насыщенным водяными парами. Последний охлаждается, его способность удерживать влагу падает, и избыток воды в виде капельножидкой влаги выпадает на поверхность зерна. Получился слой зерна с повышенной влажностью, вот и причина верхового пластового самосогревания. Аналогично идет процесс и весной, когда теплый весенний воздух, насыщенный влагой, омывая поверхность зерна, медленно ее прогревает. Весенний воздух также не обладает способностью прогреть всю толщу зерновой массы, проникая на глубину 0,5-1,0 м, где он охлаждается, а избыток воды в виде капельножидкой влаги опять увлажняет этот же слой зерна.

Итак, основными причинами пластовых самосогреваний являются разница температуры воздуха атмосферного и воздуха межзерновых пространств и способность теплого воздуха удерживать большее количество влаги и отдавать ее при охлаждении. Гнездовое само-СОгревание является результатом самосортирования зерна, когда в отдельных, участках насыпи скапливается более тяжелое и влажное зерно, сорняки или минеральная примесь, имеющая повышенную обсемененность микрофлорой; зараженности или загрузки зерна с разной влажностью в одно зернохранилище.

Сплошное самосогревание - это результат запущенного низового самосогревания или слияния многих гнездовых самосогреваний.

Самосогревание зерна является одним из наиболее опасных последствий дыхания зерновой массы. Данный процесс, если он даже не приведет к самосогреванию, все равно окажет значительное влияние на состояние зерна.

Известно, что в процессе интенсивного дыхания происходит изменение состава воздуха в межзерновом пространстве, что также не может не отразиться на качестве хранящегося зерна, особенно семенного.

При хранении зерна в герметических условиях с высокой влажностью (30% и выше) кислород в межзерновом пространстве настолько быстро расходуется на дыхание зерна, микроорганизмов, сорняков и вредителей хлебных запасов, что сами микроорганизмы погибают в бескислородной среде. Происходит самоконсервирование зерна. При более низкой (20-25%) влажности зерна скорость снижения кислорода будет значительно меньше, и этого времени будет достаточно для порчи зерна. Однако в условиях бескислородной среды погибают не все микроорганизмы. Часть микроорганизмов зерна является анаэробами, т. е. они могут существовать только в бескислородной среде, например, молочнокислые бактерии. Последние вырабатывают молочную кислоту, которая и консервирует очень сырое зерно. Установлено, что молочную кислоту хорошо усваивают животные, поэтому герметическое хранение рекомендуется для фуражного зерна, однако клетди зародыша в этих условиях полностью теряют свою жизнеспособность.

Самым радикальным способом приведения зерна в стойкое для хранения состояние является сушка. При сушке зерна продовольственного назначения обычно применяют достаточно высокие температурные режимы и зерно теряет свою жизнеспособность. Семенное зерно желателно не сушить, а при необходимости применять более мягкие режимы.

Однако надо помнить, что живое зерно обладает гораздо большей устойчивостью при хранении, чем мертвое.

Вот почему хранить зерно надо так, чтобы сохранить его жизнеспособность и свести к минимуму жизнедеятельность.

## ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗРЕВАНИЕ ЗЕРНА

Зерно при развитии проходит несколько фаз созревания: зеленую, молочную, тестообразную, восковую и твердую. Каждая фаза отличается от другой тем, что зерно имеет разный цвет, размер, консистенцию, химический состав, влажность. Общая направленность процессов, происходящих в зерне при созревании, - это синтез сложных веществ из более простых. Низкомолекулярные соединения (углеводы и азотистые вещества), поступая в зерно, постепенно превращаются под действием соответствующих ферментов в высокомолекулярные соединения - крахмал, белки, жиры. Содержание свободной влаги в зерне при этом постепенно уменьшается, а связанной - возрастает.

К середине восковой спелости заканчивается поступление питательных веществ в зерно, завершается прирост урожая, зерно приобретает наилучшие технологические свойства. Влажность его составляет 24- 21 %. Зерно по своему состоянию близко к фазе полной спелости, но из колоса не выпадает. Продолжительность фазы восковой спелости колеблется от 3-4 дней в степных районах в жаркую погоду до 20 дней в районах с повышенным увлажнением.

Установление фазы восковой спелости имеет огромное значение в практике раздельной уборки зерна. Академик Н. Н. Кулешов писал, что «...в процессе прохождения зерном различных степеней спелости особое внимание обращает на себя конец тестообразной - начало восковой спелости, что обычно совпадает со снижением в нем влажности до 40%. Этот этап в жизни зерна является важнейшим биологическим порогом» (Кулешов Н. Н. Записки Харьковского СХИ. Харьков, 1951.).

Следует отметить, что влажность является основным показателем фазы развития зерна.

Установление этого порога привело к важному практическому выводу - убирать хлеб надо не в стадии технической спелости, а раньше, при достижении зерном высоких технологических показателей и устойчивом нахождении зерна в колосе. Этот способ уборки, получивший название раздельный, в настоящее время широко распространен в нашей стране при уборке



зерновых и бобовых культур. Сущность его заключается в том, что растения скашивают жатками и оставляют в поле в валках, через 3-5 дней валки убирают подборщиком комбайна и обмолачивают. Зерно при этом имеет влажность на 5-6% ниже, чем при уборке его прямым комбайни-рованием, меньшую засоренность и легче вымолачивается из колоса в связи с более низкой влажностью соломы и половы, которые на корню высыхают значительно медленнее, чем в валках.

До недавнего времени способ раздельной уборки зерна при соответствующих климатических условиях считался самым прогрессивным. Однако в последние годы было установлено, что раздельная уборка отрицательно сказывается на качестве такой культуры, как рис.

Подсыхание риса при нахождении в валках, по данным профессора М. Г. Голика, ведет к увеличению содержания трещиноватых зерен, что является одной из основных причин снижения выхода целого ядра при переработке риса. Кроме того, часто наблюдающееся увлажнение метелок в нижней части валка способствует возникновению процесса самосогревания и появлению пожелтевших зерен.

Вот почему в последние годы уборка риса проводится в основном прямым комбайнированием. Следует, однако, заметить, что в последнем случае рис поступает на хлебоприемные предприятия с влажностью на 5-6% выше, что в значительной степени затрудняет работу предприятия. Экономическая эффективность того или иного способа уборки риса на сегодняшний день остается открытой.

Состояние физиологической зрелости зерна является также одним из определяющих факторов его сохранности. Оказывается, зерно, убранное в стадии восковой или даже технической спелости, не является еще физиологически зрелым. Энергия дыхания свежубран-ного зерна повышена, способность к прорастанию понижена, и, наконец, мука, выработанная из такого зерна, обладает пониженными хлебопекарными достоинствами. Такое зерно плохо хранится. Однако через некоторое время его качество улучшается: дыхание постепенно снижается, повышается всхожесть, изменяются биохимические свойства.

Период в жизни зерна, в течение которого оно достигает физиологической зрелости, называется периодом послеуборочного дозревания.

Какое же значение имеет период послеуборочного дозревания в жизни зерна, в практике его хранения и переработки?

Наличие у зерна периода, в течение которого оно не прорастает, является своеобразной его перестраховкой. Ведь если зерно, обладающее всхожестью осенью, попадет в землю, то оно может прорасти, и тогда осенние заморозки погубят росток. Вот и выработала природа у семян своеобразную защиту от прорастания в неблагоприятных условиях. Но почему же зерно иногда прорастает в колосе или при нахождении в валках?

Вернемся мысленно к далекому прошлому нашего зернышка, к тому времени, когда человек еще не выращивал сельскохозяйственные культуры, а только собирал семена диких злаков. К этому времени на земле уже господствовало огромное разнообразие растительного мира. Однако различие климатических усло-ловий привело к распространению злаковых, а затем и к возникновению земледелия лишь в определенных районах земного шара. Один из древних очагов земледельческих культур охватывал Юго-Восточную Европу, где горные тропические и субтропические области представляли наиболее благоприятные условия для развития зерновых культур.

Продолжительность защитного периода семян определялась географическим местом их произрастания. Период дозревания после полной спелости продолжался столько, чтобы зерно смогло пережить время, не подходящее для жизни ростка и растения. Таким образом, это свойство растений было выработано в течение многих тысячелетий. Постепенно человек научился сеять и собирать урожай полезных для него видов растений, уже существовавших в природе. Начинается эпоха производящего хозяйства - земледелие.

Проходят века, и земледелие начинает распространяться все дальше на север, захватывая в основном удобные для посева речные долины. Так незаметно, на протяжении многих тысяч лет, зерновые культуры попадают в северные районы земного шара. Но свойства этих культур, заложенные самой природой, растения еще сохранили.

И вот теперь мы сталкиваемся с тем, что некоторые культуры и сорта отдельных культур прорастают в поле в колосе, ибо сортовой особенностью их является короткий период дозревания после достижения спелости.

Таким образом, то, что было выработано растением в течение сотен тысяч и даже миллионов лет, на протяжении последних тысячелетий медленно изменяется, приспособляясь к иным условиям развития. В последнее столетие ученые занялись решением вопроса об изменении продолжительности периода послеуборочного дозревания как сортового признака. Выведение новых сортов, обладающих устойчивостью к прорастанию в колосе, целиком зависит от продолжительности периода послеуборочного дозревания. И если говорят о выведении какого-либо сорта, важным биологическим признаком которого является устойчивость к прорастанию на корню, следует понимать, что речь идет о выведении сорта с более продолжительным периодом послеуборочного дозревания. Только после завершения данного процесса зерно может дать жизнь новому растению. С другой стороны, ученые решают вопросы и о выведении сортов отдельных культур с коротким периодом послеуборочного дозревания. Так, пивоваренная промышленность заинтересована в сортах ячменя, которые бы быстро давали высококачественный солод. А многие сорта ячменя после уборки имеют низкую всхожесть и непригодны для получения солода.

Кроме того, в практике сельского хозяйства северных районов приходится проводить посев озимых све-жеубранными семенами. Срок от уборки до посева иногда составляет всего лишь 10-15 дней, а свежуб-ранные семена имеют низкую всхожесть.

Поэтому ученые работают, с одной стороны, над созданием озимых сортов с коротким периодом послеуборочного дозревания, а с другой - над изысканием средств, способствующих ускорению данного процесса.



Что происходит в зерне в период послеуборочного дозревания?

Зерно с незаконченным периодом послеуборочного дозревания дышит очень интенсивно. А так как дыхание является источником энергии сложнейших биохимических реакций в зерне, последние протекают в нем с повышенной активностью. Рассмотрим подробнее, чем характеризуется зерно, не достигшее физиологической зрелости? Какие сложные биологические процессы проходят при этом в зерне? И как это влияет на жизнь зерна при хранении?

Послеуборочное дозревание представляет собой, как говорит само название, завершение процесса созревания зерна, т. е. завершение тех сложных процессов синтеза, в результате которых в зерне формируются белки, жиры, углеводы и т. д. В этот период заканчивается накопление основного вещества зерна злаков - крахмала, который составляет основную массу зерна - до 85%. Синтез этого высокомолекулярного полисахарида происходит за счет более простых соединений, поэтому в зерне в период послеуборочного дозревания наблюдается уменьшение количества Сахаров. Одновременно завершается синтез белков - уменьшается содержание низкомолекулярных азотистых веществ, идущих на формирование белка. При хранении свежубранного зерна до завершения его послеуборочного дозревания увеличивается количество жира, синтез которого происходит за счет находящихся в зерне свободных жирных кислот, таких, как, например, линолевая, олеиновая, линоленовая и т. д. Существенно, что в этот период меняется не только количество белка и крахмала, но и их качество. Белок становится менее растворимым (например, в 70%-ном растворе спирта), более устойчивым к воздействию некоторых ферментов, в данном случае тех, под действием которых происходит распад белка. Крахмал при дозревании зерна повышает свою способность к набуханию в воде.

Изменение свойств белков влечет за собой и изменение свойств клейковины при послеуборочном дозревании.

Если количество клейковины при послеуборочном дозревании остается практически без изменения, то ее качество может несколько меняться. Направление этих изменений в значительной степени определяется исходным качеством клейковины. В процессе послеуборочного дозревания клейковина может улучшить свою эластичность, растяжимость, способность к набуханию при этом увеличивается. Однако может произойти и некоторое ослабление клейковины.

И в том и в другом случае изменение физических свойств клейковины является следствием завершения процессов послеуборочного дозревания зерна.

Влияние послеуборочного дозревания на семенные и технологические свойства зерна. Мы уже знаем, что зерно, не завершившее период послеуборочного дозревания, обладает низкой всхожестью. Каковы же причины данного явления? Что именно в период дозревания приводит к повышению всхожести зерна?

Зародыш, выделенный из зерна, не прошедшего период послеуборочного дозревания, при проращивании даст нормальный, здоровый росток. Следовательно, причиной низкой всхожести является не состояние зародыша, а какие-то другие причины, задерживающие его рост.

Ученые давно заметили, что механическое повреждение оболочек или их полное удаление приводит к прорастанию зародыша. Было высказано предположение о том, что для развития зародыша недостает кислорода вследствие низкой проницаемости оболочек недозревшего зерна. Эта гипотеза была подтверждена в работах члена-корреспондента Академии наук СССР В. Л. Кретовича, профессора Н. И. Соседова и других ученых.

Роль кислорода, получившего доступ к зародышу, сводится к участию в образовании ферментов, речь о которых пойдет дальше. Низкая проницаемость оболочек объясняется содержанием в них особых веществ, называемых протопектиновыми. С точки зрения снижения всхожести свежубранного зерна эти вещества препятствуют проникновению кислорода к зародышу. А с точки зрения технологии переработки наличие этих веществ, придающих оболочкам вязкость, затрудняет процесс помола. Следовательно, особенность оболочек недозревшего зерна оказывает влияние и на его мукомольные свойства. Мука из недозревшего зерна вымалывается труднее, имеет повышенную зольность и темный цвет.

Интересные данные по изучению влияния послеуборочного дозревания на мукомольные свойства зерна были получены профессором Н. И. Соседовым. При переработке зерна пшеницы с завершенным периодом послеуборочного дозревания по сравнению с зерном, убранном в фазе технической спелости, было установлено сокращение продолжительности помола в среднем на 14%, снижение расхода энергии на 6-7%, улучшение показателей зольности и выходов муки с первых пяти размольных систем.

В то же время после завершения процесса физиологического дозревания при дальнейшем хранении не было никаких различий в помолах, периодически проводимых через каждые два месяца.

Хлебопекарные свойства зерна, завершившего послеуборочное дозревание, также заметно улучшаются. Тесто из такого зерна получается более упругим, растяжимым, а хлеб - большего объема и лучшего качества. Если общая оценка хлеба, выпеченного из зерна, убранного в технической спелости, только удовлетворительная, то из этого же зерна, но достигшего физиологической зрелости, - хорошая.

Мы уже указывали на увеличение при дозревании зерна количества жира. Однако если для злаков это возрастание незначительно, то для масличных культур, например для сои, оно достигает больших величин.

Следовательно, переработка незрелых семян сои, обладающих пониженной масличностью, не экономична. Целесообразно перерабатывать семена, завершившие период послеуборочного дозревания.

Все это ставит перед учеными и практиками две задачи: изучить продолжительность периода послеуборочного дозревания отдельных культур и уметь ускорять данный процесс.

Продолжительность периода послеуборочного дозревания различных культур. Продолжительное!!, не рюда, необходимого для дозревания зерна, зависит от многих факторов, среди которых вид культуры является определяющим. Например, для овса этот



период более длителен, чем для ячменя и пшеницы, а для ржи более короткий по сравнению с последними. Известно, что озимые культуры завершают этот период быстрее, чем яровые, скороспелые быстрее, чем позднеспелые. Но и в пределах одной культуры длительность периода послеуборочного дозревания колеблется по сортам. Приведем примеры для некоторых культур.

Культуры	Период до- зревания, дни
Пшенично-пырейный гибрид 22850	30
Рожь Харьковская 194	70
.....	25

Некоторые культуры (например, гречиха) совсем не имеют периода послеуборочного дозревания. Прицеленные величины продолжительности периода послеуборочного дозревания нужно рассматривать только как некоторые средние показатели. Является ли длительность данного периода признаком только сортовым или она зависит от каких-то внешних влияний?

Оказывается, период дозревания, являясь характерным признаком сорта, может изменяться под влиянием погодных условий в период прорастания, формирования, созревания и уборки. Так, например, высокие температуры воздуха и недостаточное количество осадков в период прорастания приведут к сокращению периода дозревания, а низкая температура и повышенная влажность - к его увеличению. Чем дольше воздействие повышенных температур в период фазы восковой спелости, тем короче период покоя семян. В свою очередь, продолжительность данной фазы прямо пропорциональна количеству осадков в этот период.

Результатом влияния этих условий на продолжительность периода послеуборочного дозревания семян является колебание его в довольно значительных пределах. Так, для риса сорта Краснодарский 424 этот период может колебаться от 37 до 125 дней, а для сорта Дубовский 129 - от 25 до 95 дней.

Влияние завершенности физиологических процессов в зерне, убранном в стадии технической спелости, на стойкость хранения, технологические свойства и технологию переработки зерна, поставило перед учеными задачу - изыскать пути сокращения данного периода.

Как же можно ускорить период послеуборочного дозревания?

Еще в глубокой древности люди заметили, что све-жеубранное зерно прорастает плохо, но если его прогреть на солнце, всхожесть резко повышается. И, рассыпая зерно тонким слоем на сухих земляных площадках, они периодически его ворошили для более равномерного прогрева. Положительное воздействие тепла на всхожесть зерна было известно очень давно.

Однако прошло более тысячи лет, прежде чем ученые стали изучать возможность ускорения процесса послеуборочного дозревания.

В конце прошлого столетия русскому ученому А. И. Баталину удалось увеличить всхожесть зерна с 32,2 до 90,9%, подвергая его сушке при температуре 35-45°C.

Многие исследователи изучали и изучают влияние сушки на всхожесть семян. Однако трудно сравнивать данные и делать соответствующие выводы, если условия сушки различны. В одном случае прогрев зерна будет способствовать повышению его всхожести, а в другом - не только снижению, но и общей гибели живого начала зерна. Но даже при соблюдении одинаковых режимов сушки эффект воздействия тепла на зерно может быть различным. Зависеть он будет от исходного качества зерна, степени его спелости, продолжительности периода дозревания зерна, который у различных культур и даже сортов в пределах одной культуры различен.

Кроме того, изучая эффект воздействия прогрева на всхожесть зерна, следует принимать во внимание не только спелость зерна к моменту окончания сушки, но и скорость дозревания его после обработки теплом или проветриванием. Эти моменты необходимо учитывать в практике хранения.

Наиболее глубокое и всестороннее исследование по решению данной проблемы было проведено в Институте зерна под руководством профессора Н. И. Сосе-дова. Было установлено, что различные сорта пшеницы по-разному реагируют на одни и те же условия сушки. Так, пшеница сорта Мильтурум 553 обладает довольно коротким периодом послеуборочного дозревания, и для достижения физиологической зрелости ее достаточно прогреть в течение 30 мин при температуре агента сушки 45°C. Увеличение продолжительности обработки всего лишь на 15 мин снижает всхожесть более чем на 25%.

Пшеница сорта Лютесценс 62 быстрее и эффективнее заканчивает свое физиологическое дозревание при экспозиции сушки 40-50 мин, но и период послеуборочного дозревания этого сорта более длителен.

К сожалению, в литературе нет данных о зависимости продолжительности сушки от периода послеуборочного дозревания. А это может играть определяющую роль в искусственном доведении зерна до физиологической зрелости.

Пытаясь ускорить данный процесс, всегда следует помнить следующее: при сушке зерна, проводимой для завершения физиологических процессов, энергия прорастания, характеризующая дружность всходов, практически не изменяется при определении ее сразу же после сушки. Но если наблюдать за таким зерном в процессе хранения, то окажется, что этот показатель возрастает значительно быстрее, чем у зерна, не подвергавшегося сушке.

Другим не менее важным способом ускорения процесса послеуборочного дозревания является активное вентилирование зерновой массы. Наибольший эффект этот прием дает при использовании воздуха с влажностью 30-35% независимо от скорости вентилирования. Так, по данным Н. И. Соседова, потребовалось всего лишь 6 ч для завершения процесса послеуборочного дозревания у пшеницы сорта Лютесценс 62, всхожесть которой при этом возросла с 79 до 100%. Для разных культур и сортов продолжительность вентилирования различна. Однако не всегда можно достичь полного физиологического дозревания к



моменту окончания вентилирования зерна. Но завершение процесса при хранении такого зерна наступит значительно быстрее, чем у зерна, не подвергавшегося обработке.

Условия хранения зерна, и прежде всего температура, также оказывают значительное влияние на продолжительность дозревания. Так, например, семена риса сорта ВИР 1755 (по данным профессора М. Г. Голика) при уборке имели энергию прорастания и всхожесть, равные нулю. Хранение этих семян при температуре 35°C привело к завершению процесса послеуборочного дозревания через 45 дней, при температуре 20°C - через 60, а при 7°C - через 80 дней.

Отрицательное воздействие пониженных температур на завершенность периода дозревания зерна имеет огромное практическое значение при хранении, так как в течение длительного времени сохраняет в зерне повышенное физиологическое состояние. Хранение свежуборочных семян овса и ячменя при температуре 2°C даже в течение трех лет не привело к завершению периода послеуборочного дозревания.

Итак, период послеуборочного дозревания представляет собой достройку органических веществ зерна. Его незавершенность делает зерно нестойким при хранении вследствие его повышенной физиологической активности. Переработка такого зерна снижает производительность оборудования, дает продукцию худшего качества, при переработке семян масличных культур снижает выход масла.

В процессе хранения можно ускорить послеуборочное дозревание, обрабатывая зерно теплом на зерносушилках или установках активного вентилирования.

Зерно, не прошедшее период послеуборочного дозревания, не рекомендуется переводить на зимнее хранение, так как низкие температуры замедлят этот процесс и снизят стойкость зерна.

### **ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗЕРНА**

Как долго может храниться зерно? Этот вопрос, как и само слово долговечность, вызывает в нашем воображении картины раскопок городов, древних захоронений - знаменитых египетских пирамид. Да, многие древние поселения, относящиеся к периоду возникновения оседлого образа жизни, оставили нам сведения о возделываемых злаках. Почти в каждом захоронении обнаруживаются различные сосуды, в которых сохранились остатки или следы зерен. Веря в загробную жизнь, люди далекого прошлого оставляли в захоронениях запас зерна, который был необходим по их представлениям, для путешествия в страну теней.

При раскопках поселка Джармо, расположенного в Курдистанских горах, были найдены зерна ячменя и пшеницы. Существование оседлого земледелия в этом районе датируется VII-VI тысячелетием до н. э. В Хаджиларе, на юге Турции, также было открыто оседлое земледелие, относящееся к VII тысячелетию до н. э. Здесь были обнаружены зерна пшеницы, ячменя, гороха, вики, чечевицы.

Как же долго может храниться зерно? Какова его долговечность?

Здесь прежде всего надо вспомнить, что сам термин «долговечность» зерна включает в себя несколько понятий: долговечность биологическую, т. е. тот срок, в течение которого отдельные зерна сохраняют способность к прорастанию через какой-то промежуток времени; хозяйственную - когда сохраняется всхожесть, удовлетворяющая требованиям стандарта; технологическую - время, в течение которого сохраняются технологические свойства зерна, т. е. оно может быть использовано на пищевые, технические или фуражные цели. Конечно, технологическая долговечность значительно больше, чем хозяйственная или даже биологическая.

Что же происходит в зерне при хранении? В результате чего оно теряет свою всхожесть, становится мертвым организмом, а с течением времени непригодным и для употребления в пищу?

До сих пор мы в основном рассматривали условия, при которых зерно проявляет свою жизнеспособность, т. е. факторы, влияющие на интенсивность его дыхания, дозревания, прорастания. Все эти процессы в зерне связаны с его повышенной жизнедеятельностью, завершающим этапом которой может явиться самосогревание. Данный процесс только начался, зерно чуть поблекло, а всхожесть его уже резко упала. Еще только началось потемнение оболочек, а всхожесть зерно уже потеряло. Основной причиной развития процесса самосогревания являются микроорганизмы, а развитие последних всегда связано с гибелью жизнеспособности зерна, так как плесневые грибы чаще всего поражают зародыш, как самую питательную и наименее защищенную часть зерна.

Профессор Л. А. Трисвятский подчеркивает двойное влияние плесневых грибов на клетки зародыша: разрушение их развивающимися гифами и токсическое действие продуктов жизнедеятельности грибов. Губительное действие плесеней хранения на всхожесть семян показано на рисунке 14. Зерно пшеницы, пораженное плесенью, только набухло и не смогло дать росток, так как грибы, развиваясь с поразительной быстротой, погубили его зародыш. Наличие в партии зерна семян с признаками поражения плесневыми грибами значительно снижает силу роста (рис. 15). Однако не только плесени хранения губят наше зерно, но и такие грибы, как, например, гелиминтоспориум, фузариум и другие, т. е. полевые плесени.

Поражение зерна фузариумом в стадии молочной спелости препятствует формированию зародыша, и зерно теряет свою всхожесть. При поражении в фазе восковой спелости зерно внешне не отличается от здорового, но при посеве грибка фузариум прорастает, вызывает загнивание корешков, зерно становится нежизнеспособным.

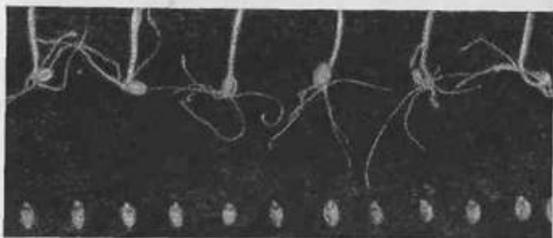


Рис. 14. Влияние плесени хранения на всхожесть пшеницы.

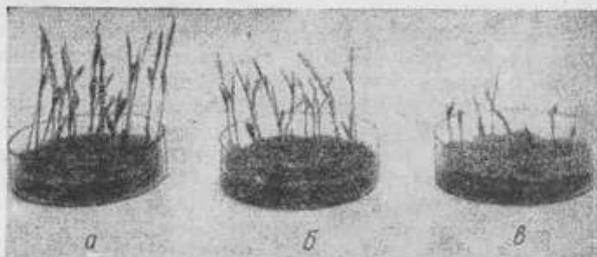


Рис. 15. Влияние плесени хранения на силу роста зерна сорго:  
а – здоровое зерно; б – зерно, пораженное грибом пенициллум;  
в – зерно, пораженное грибом аспергиллюсом.

Мы уже отмечали, что необходимым условием развития плесени является определенная влажность зерна и воздуха межзерновых пространств.

Ну, а если зерно сухое и хранится в благоприятных условиях долгие годы, что будет происходить в нем? Ведь известно, что пройдут годы и всхожесть изменится, затем исчезнет совсем, а через десятки лет из такого зерна нельзя будет выпечь хлеб. Значит, медленно, но неуклонно в зерне происходили изменения, приведшие его к гибели.

Однако в литературе часто описывают зерно пшеницы, пролежавшее сотни и больше лет в захоронениях и давшее всходы при проращивании. Эти сообщения вызывают недоумение, ибо возможность такого явления опровергается наукой.

Потеря зерном всхожести связана с гибелью зародыша. Существуют самые разнообразные теории причин гибели жизненных функций зерна. Английские ученые В. Крокер и Л. Бартон приводят следующие объяснения этого явления, даваемые различными авторами: потеря активности ферментами, истощение запасов питательных веществ, характер строения семенной кожуры, потеря белковыми молекулами способности перестраиваться в активные молекулы протоплазмы, постепенная коагуляция белков зародыша, накопление ядовитых продуктов обмена и постепенная дегенерация клеточных ядер зародыша. Если мы проанализируем эти причины, то сможем заметить, что большинство из них связано с изменением белка. Структура клетки зародыша зерна, как и любого живого организма, определяется белками, заключенными в ней. И ядро клеточки, и жидкая часть протоплазмы имеют белковую природу. Однако белки являются не только основой клеточной структуры, их главная функция в каждой клетке - ферментация.

Как мы уже говорили, ферменты - катализаторы любых биохимических реакций, протекающих как в самих клетках, так и вне их. Именно с участием ферментов при развитии ростка происходит соединение молекул глюкозы в сложные молекулы углеводов, синтез жиров из жирных кислот и глицерина, белков из аминокислот, т. е. ферменты необходимы и для образования самих себя, поскольку они являются белками.

Почти все причины гибели живого начала семян, выдвинутые в различное время учеными (потеря ферментативной активности, потеря способности белковых молекул перестраиваться в активные молекулы протоплазмы, коагуляция белков, дегенерация клеточных ядер), связаны с изменением белков.

В то же время изменение качества белков определяется деятельностью нуклеиновых кислот.

Изучая жизнь зерна, невозможно сегодня не остановиться коротко на нуклеиновых кислотах. Ведь именно они контролируют все важнейшие процессы жизнедеятельности во всех организмах, начиная от вирусов, зеленых растений, животных и кончая человеком.

Нуклеиновые кислоты были открыты в конце XIX века, но прошло 75 лет, прежде чем была определена их роль в жизни клеток. Нуклеиновые кислоты представляют собой огромные молекулы, обнаруживаемые во всех живых организмах. В основном нуклеиновые кислоты находятся в ядре клетки, где они впервые были обнаружены, за что и получили свое название (ядро - нуклеус), однако их можно встретить и в других частях клетки. Построены они из более мелких молекул, называемых нуклеотидами. Последние состоят из трех компонентов: фосфорной кислоты, сахара и азотсодержащего основания типа пурина или пиримидина. Существует два вида нуклеиновых кислот, и каждый называется по типу сахара, входящего в его состав. Один из видов нуклеиновых кислот содержит сахар рибозу, и называется кислота рибонуклеиновая или сокращенно РНК, другой вид содержит сахар дезоксирибозу, и кислота соответственно называется дезоксирибонуклеиновая или сокращенно ДНК. Не будем подробно останавливаться на строении и механизме действия нуклеиновых кислот, но отметим, какую роль они играют в



синтезе белков.

Белки, как известно, основа жизни любого живого организма. Образуются они из аминокислот. Каждый вид растений, в том числе и росток зерна определенной культуры и сорта, содержит свои, присущие только ему белки. Так что же заставляет аминокислоты соединяться в определенной последовательности, кто ими командует и направляет их по своим строго установленным местам, чтобы образовать только этот белок и никакой другой? Эту роль и играют нуклеиновые кислоты. Они не только управляют жизнедеятельностью клеток, но и обладают способностью к самовоспроизведению, обеспечивая удивительное сходство последовательных поколений живых организмов.

В химической структуре нуклеиновых кислот заложена огромная информация, которая контролирует жизнедеятельность клеток. При синтезе белка информация от ДНК, находящейся в ядре, в цитоплазму, где протекают процессы жизнедеятельности клетки, по всей вероятности, должна поступить в таком виде: синтезировать такой-то белок, поместить такую-то аминокислоту в определенное место полипептидной цепочки. Кто же передаст эту информацию от ДНК в цитоплазму? Эту роль сыграет РНК, которую по своему образу и подобию создает ДНК. Молекулы РНК выступают в двух видах, выполняя информационную и транспортную функции. Информационная РНК является фабрикой белка, на ее поверхность каждые полсекунды ложатся в определенной последовательности аминокислоты, последовательность эта определяется химической структурой РНК.

Транспортные РНК доставляют аминокислоты к информационной РНК. После соединения между собой готовая молекула белка соскакивает с информационной РНК, или, как говорят, РНК-матрицы.

Итак, образование белка, т. е. образование и жизнедеятельность клеток, зависит от деятельности нуклеиновых кислот.

Очевидно, и гибель живого организма обусловлена нарушением их деятельности, а с течением времени и полным их разрушением. Но сущность процесса их разрушения в зависимости от времени для нас пока остается тайной.

Знание биологической долговечности различных культур представляет большой интерес с научной точки зрения, так как позволяет исследовать постепенное изменение жизни клеток. Знание хозяйственной и технологической долговечности необходимо для своевременного обновления государственных семенных и продовольственных фондов.

Но прежде чем привести какие-либо данные, представляющие практический интерес, сразу оговоримся, что определяющее значение в этих сроках имеет исходное качество семян, условия их хранения, и прежде всего влажность и температура.

Безусловно, низкая влажность семян - одно из определяющих условий их длительного хранения. Не менее важное значение имеет температура хранения и газообмен.

Лучшими условиями хранения можно считать влажность семян на 2-3% ниже критической, постоянную относительную влажность воздуха не выше 70% и низкие температуры хранения (0-5°C). Так как при хранении в производственных условиях семена подвергаются воздействию колебаний температуры и влажности воздуха, данные по долговечности семян, хранившихся в лабораторных условиях, нельзя переносить в производственные условия.

И все-таки какова же долговечность семян? В таблице 1 приведены данные Дорф-Петерсона, который наблюдал за хранением семян в отопляемой лаборатории в течение 27 лет.

Таблица 1

Всхожесть семян некоторых сельскохозяйственных культур в зависимости от срока хранения (в %)

Культура	Срок хранения, год													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	27	
Пшеница . . . . .	92	95	87	88	74	78	24	3	0	—	—	—	—	
Рожь . . . . .	93	88	65	20	3	0	—	—	—	—	—	—	—	
Ячмень . . . . .	100	100	97	90	42	5	0	—	—	—	—	—	—	
Овес . . . . .	84	71	81	75	59	58	56	54	47	32	0	—	—	
Лен . . . . .	72	69	68	50	38	31	13	12	5	6	1	0	2	

Однако более низкие температуры хранения (табл. 2) продлевают долговечность семян.

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что различные культуры обладают разной долговечностью. Наибольшей долговечностью обладают семена пшеницы.

Недаром по количеству находок пшеница занимала первое место в период от конца VI - III тысячелетия до н. э. до V века н. э., хотя в это время господствующее положение среди зерновых культур занимал ячмень. Семена овса, сорго и бобовых культур также наиболее долговечны по сравнению с ячменем и кукурузой, и наименьшая долговечность присуща семенам ржи, проса, голозерного овса.

В последние годы появились сообщения о длительности хранения семян крупяных культур. Материалом для первых исследований в этом направлении послужили различные коллекции семян. Исследование семян гречихи, взятых из коллекции Всесоюзного института растениеводства, показали, что их всхожесть в течение 4-5 лет сохраняется на высоком уровне (80-93%), однако уже через 10-13 лет только единичные семена дают всходы, а после 15 лет всхожесть утрачивается совсем.



Таблица 2

Всхожесть и энергия прорастания зерна пшеницы и ржи, хранившихся несколько лет

Номер партии	Культура	Срок хранения	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
1	Пшеница	10 лет	28,0	12,5
2	»	10 »	33,0	10,5
3	»	9 »	21,5	8,5
4	»	8 »	20,5	10,0
5	»	7 »	18,5	5,5
7	Рожь	12 »	2,0	1,0
8	»	12 »	0,0	0
9	»	10 »	0	0
10	»	10 »	12,5	8,0
11	»	7 »	22,0	11,0

Просо влажностью 8-10% сохраняло свою всхожесть до 12 лет, горох влажностью 10-12% - до 8 лет, однако отдельные виды гороха (с твердой семенной обсыючкой) сохраняли свою всхожесть до 20 лет.

Как мы уже отмечали, результаты, полученные при лабораторных условиях хранения, нельзя распространять на производственные, поэтому в последние годы проводятся исследования по установлению долговечности семян многих культур при хранении их в условиях хлебоприемных предприятий. Совсем недавно был установлен интересный факт - оказалось, что продолжительность хранения семян одних и тех же культур одного сорта для различных районов различна. Так, если для Приморского края и Кызыл-Ордин-ской области допустимый срок хранения семенного риса-зерна составляет два с половиной года, то для

Крымской области - только два года, а для условий Краснодарского края и Узбекской ССР всего лишь полтора года. Влажность семян при этом не превышает 13%.

В то же время известно, что при повышении влажности всего лишь на 1 % продолжительность хранения сокращается в среднем на один год. Установлено также, что для проса, гречихи и гороха продолжительность хранения семян с влажностью ниже критической в среднем не должна превышать трех лет. При дальнейшем хранении всхожесть семян падает.

Продолжительность хранения влияет на силу роста и полевую всхожесть.

Таким образом, данные последних лет еще и еще раз опровергают версию сохранения жизнеспособности семян в течение тысячелетий.

И все-таки науке известен один пример сохранения жизнеспособности в естественных условиях в течение длительного времени. Об этом рассказывают английские ученые В. Крокер и Л. Бартон. В Маньчжурии на дне высохшего озера были найдены семена индийского лотоса, где они пролежали, как предположили вначале, не менее 160 лет. Однако позже, при исследовании их возраста методом распада радиоактивного углерода, было установлено, что они пролежали 1040+210 лет. Такое необыкновенное явление объясняется тем, что семена индийского лотоса имеют плотную непроницаемую оболочку, которая должна быть разрушена, чтобы семя тронулось в рост, и условиями хранения, препятствующими их разрушению.

А теперь вернемся к технологической долговечности нашего зерна. Что происходит с основными веществами зерна, как долго они могут храниться и быть использованы в технологических целях?

Изучение свойств зерна, найденного при раскопках и хранившегося, безусловно, в сухом состоянии, свидетельствует о сохранении им своих технологических достоинств в течение очень длительного времени. Однако следует отметить, что это хранение в силу тех или иных обстоятельств являлось хранением сухого зерна в герметических условиях.

Французский ученый Пауссон в работе, посвященной истории хранения зерна в герметических силосах, описывает интересный факт. Во времена Людовика XIV в XVII веке во французской крепости Метц было обнаружено хранилище, в котором зерно пролежало 132 года. Качество хлеба, выпеченного из этого зерна, было превосходным.

Итак, что будет происходить с зерном при хранении?

Пока зерно живой организм, оно дышит, при этом в основном расходуются углеводы. Следовательно, при хранении количество углеводов уменьшается, за счет этого вначале возможно даже относительное увеличение белка. Однако качество белков начинает меняться, и прежде всего это сказывается на растворимости различных белков и понижении их переваримости.

В Малой Азии при раскопках были обнаружены зерна древнего ячменя, пролежавшие 3000-5000 лет. Американский ученый Зелени исследовал образец почерневшего хрупкого легкого ячменя. Он определил, что азот в этом образце составил 3,2%, это соответствует 20% белка. В современном ячмене белок составляет около 12%- Такое повышенное содержание азота можно объяснить лишь стойкостью азотсодержащих веществ при длительном хранении по сравнению с углеводами и жирами. Зелени подчеркивает, что вряд ли данный ячмень еще содержал белок, вероятно, азот был в продуктах распада.

Распад жира в зерне при хранении происходит значительно легче и быстрее, чем распад углеводов и белков.

Решая вопрос о возможных сроках хранения запасов зерна, надо учитывать и потери витаминов. Как известно, зерно хлебных культур богато различными витаминами, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности человека. Это витамины группы В, витамины РР, Е, Д, провитамин А и другие. Считают, что при нормальных условиях хранения витамины в зерне, за исключением пантотеновой кислоты, довольно устойчивы и не разрушаются в течение длительного времени. Есть данные, что за период 20 лет в зерне сохраняется значительное количество витамина Вг (тиамина).

Но наиболее устойчивая группа в зерне - это минеральные вещества. По описаниям Зелени, исследованный им древний образец



ячменя содержал зольных элементов в пересчете на сухое вещество 17,2% при содержании их в нормальном зерне в количестве всего лишь 3%.

Все это говорит о том, что продолжительность сохранения технологических достоинств зерна определяется как исходным качеством зерна, так и условиями хранения, но с течением времени качество зерна необратимо меняется.

Считается, что сухое зерно пшеницы при хранении в охлажденном состоянии не изменяет своих хлебопекарных и мукомольных достоинств в течение 10 лет. Более значительное влияние срок хранения оказывает на крупяные культуры<sup>1</sup> - с течением времени их ядро приобретает хрупкость, следовательно, выход крупы уменьшается; в рисе увеличивается количество трещиноватых зерен. В настоящее время приняты следующие сроки хранения некоторых видов зерна, гарантирующие его высокие технологические достоинства: для пшеницы и ржи - шесть лет, для ячменя, гречихи - три года, для риса - от полутора до четырех лет, в зависимости от зоны хранения.



Итак, можно сказать, что способность зерна в течение длительного срока сохранять свои пищевые и семенные достоинства без изменения выделяет его из остальных продуктов питания человека. Однако этот срок исчисляется годами, но не тысячелетиями, как часто указывается в научной и художественной литературе.

Но если это еще можно допустить для приключенческой повести, хотя и здесь стоило бы пользоваться научно-обоснованными фактами, то не раз появлявшиеся сообщения о прорастании семян пшеницы, ячменя, пролежавших сотни и даже тысячи лет в египетских гробницах, вызывают недоумение, ибо возможность такого явления опровергается наукой.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы кратко остановились на жизнедеятельности зерна при хранении, затронув процессы его созревания, дыхания, прорастания. Однако обширная литература по этим вопросам в основном носит описательный характер, т. е. отражает установление отдельных фактов изменения качества, взаимного влияния различных факторов и недостаточное объяснение установленных фактов, но и для целенаправленного регулирования жизнедеятельности зерна.

Когда-то вся природа была окутана для человека тайной. Гром и молния, ливень и засуха, солнечное затмение и смерть представлялись человеку сверхъестественным чудом, полной таинственности потусторонней силой, гневом и щедростью идолов и богов.

Шли века, столетия, тысячелетия и нелегкий труд ученых по исследованию тайн природы заставлял ее открывать их одну за другой. Овладев тайной, проникнув разумом в существо того или иного явления, человек научился управлять им в интересах своей жизни. Но и сейчас великое множество процессов, явлений закономерностей природы для нас пока остается непознанным.

Совсем недавно была открыта тайна угрей - яркий пример сохранения древней наследственности в истории животного мира. В течение двух тысячелетий люди едят угрей, но никто не видел угря с молокой или с икрой. Недаром рассказывают про него всякие небылицы. И не так уж давно был разгадан секрет этой странной рыбы. Когда-то угри жили в реках у самых берегов Европы и икру метали рядом в Атлантическом океане. Проходили века, вода становилась все холоднее. Теплые места все дальше и дальше уходили от Европы, длиннее становился путь угрей. И вот через много тысяч лет угри сохранили инстинкт-метать икру только в Саргассовом море. А для этого через 6-10 лет угри совершают путешествие протяженностью восемь тысяч километров в Атлантический океан.

А общеизвестный пример - перелет птиц. Ведь не так уж и давно человек доказал, что скворцы прекрасно могут зимовать в условиях средней полосы. А между тем каждую осень они совершают тяжелый и трудный перелет на юг, а весной вновь возвращаются в родные места. Да мало ли можно привести примеров сохранения древней наследственности до наших дней. Мы заговорили о древней наследственности потому, что это созвучно истории появления и сохранения до наших дней в разных культурах, а в пределах одной культуры и у разных сортов определенной продолжительности периода послеуборочного созревания.

Многими тайнами маленького зернышка сегодня владеет человек.

Зерно было издавна предметом самых разнообразных биологических исследований.

Открытие К. С. Кирхгофом вещества, вызывающего распад крахмала в проросшей пшенице, было величайшим событием в биохимии растительного и животного мира.

Описание клейковины пшеницы, данное впервые Беккери, явилось мощным толчком для изучения белкового комплекса зерна, его происхождения, свойств и роли в хлебопечении.

Крупнейший вклад в открытие тайны развития и прорастания зародыша был внесен великим русским естествоиспытателем К. А. Тимирязевым. Исследования А. Н. Баха и А. Р. Кизеля, А. И. Опарина и А. В. Благовещенского, А. Н. Белозерского и многих других открыли немало тайн зерна.

Советские ученые и сейчас решают проблемы, связанные с зерном. Да, именно проблемы. Из накопленных знаний и обобщений о зерне родились самостоятельные науки, обслуживающие отдельные проблемы сохранности зерна.

Это прежде всего наука о биохимии зерна, изучающая его химический состав и химические превращения, происходящие в зерне в процессе его жизнедеятельности. Это наука о хранении, рассматривающая зерно и зерновую массу как объекты хранения, а также основные принципы режимов и обработки зерна для сохранения его количества и качества. Это



---

микробиология зерна, занимающаяся изучением воздействия микроорганизмов, в основном бактерий и плесеней, на зерно. Это энтомология, наука о вредителях зерна и тесно связанная с ней наука о методах борьбы с ними. Это очистка, сушка, вентилирование зерна.

И каждая из них имеет свои проблемы: микробиология зерна решает одну из важнейших проблем питания- проблему микотоксинов, наука о методах борьбы с вредителями зерна занята проблемой разработки новых направлений борьбы с вредителями зерна, в основном исключая химию. Во всем мире сейчас проявляется интерес к различным видам биологических методов борьбы с вредителями зерна. Наука о хранении зерна решает проблемы искусственного охлаждения, консервирования, лучевой стерилизации зерна, хранения в среде нейтральных газов. Вентилирование разрабатывает более совершенные установки и методы точных режимов, определяемых качеством зерна и направленными на его сохранение. Сушка решает проблемы создания и внедрения высокопроизводительных зерносушилок - пневмогазовых и газовых рециркуляционных. В последние годы возникла проблема - влияние процесса сушки на содержание в зерне бензепирена, являющегося канцерогенным веществом.

А проблемой номер один остается проблема белка.

В последние годы был расшифрован синтез белка, установлена жизнеутверждающая роль нуклеиновых кислот. Это победа человеческого разума приоткрыла тайну жизни. Начинается новая и волнующая эра в развитии биологии.

Лишь теперь стало возможно раскрытие существа основных жизненных процессов. Пройдет время, и станут открыты и другие тайны нашего маленького зернышка, одной из которых является долговечность, того зернышка, история жизни которого началась почти с историей жизни человека.