

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ И ЕЁ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ КАК ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ

Любая зерновая масса (партия зерна) формируется в процессе уборки урожая, поэтому она состоит из нескольких компонентов: зёрен основной культуры, составляющих, как по объёму, так и по количеству основу всякой зерновой массы, примесей, микроорганизмов и воздуха, заполняющего пустоты между компонентами зерновой массы и значительно отличающегося от атмосферного. В отдельных партиях зерна могут присутствовать и нежелательные компоненты, такие как насекомые и клещи. Т.е. зерновая масса при хранении и обработке представляет собой комплекс живых организмов, отдельные представители которых могут при определённых условиях проявлять жизнедеятельность и влиять на состояние и качество хранимой зерновой массы.

1. Зерно основной культуры. Любая зерновка или семя содержит в своём *составе* органические соединения (белки, углеводы, липиды, пигменты, витамины), минеральные соединения и воду. Количество тех или иных веществ в зерне и семенах каждой культуры варьирует в пределах сорта в зависимости от условий выращивания.

По *химическому составу* зерновки и семена разделяют на три группы: богатые крахмалом (злаковые), богатые белками (бобовые), богатые жирами (масличные). Белковые вещества зерна представлены простыми белками (протеинами) и сложными (протеидами). Протеины (их большинство в зерне) представлены всеми основными группами (альбуминами, глобулинами, проламинами и глютелинами. Протеиды представлены липопротеидами и нуклеопротеидами. Белки различных культур обладают разной биологической ценностью, так как состоят из разнообразных аминокислот. Этим объясняется различная технологическая и пищевая ценность зерна отдельных культур. Углеводы представлены главным образом полисахаридами, среди которых большую часть составляет крахмал, также присутствуют клетчатка и гемицеллюлоза. В зерне и семенах находятся четыре группы пигментов, придающих им ту или иную окраску: порфирины, каротиноиды, антоцианы, флавоноиды. Зелёная окраска зерна, например, пшеницы, обусловлена хлорофиллом

(порфирин) и свидетельствует о недозрелости зерна. Пожелтение зерна при хранении считается дефектом качества, поскольку является результатом самосогревания, в результате которого распадаются белки и крахмал.

На практике принято *деление зерна* на мукомольное, крупяное, фуражное и техническое. Для получения хлебопекарной муки почти исключительно используют пшеницу и рожь. Муку для макаронной промышленности вырабатывают главным образом из твёрдой пшеницы. Ячмень используют в мукомольной, крупяной, пивоваренной, солодовой и других отраслях промышленности, а также в качестве корма. Из овса вырабатывают ценные крупы.

2. Примесь. Состав и количество примесей в партиях зерна зависит от уровня агротехники, способов уборки урожая, последующей обработки зерновых масс и правилами обращения с ними. Примеси бывают растительного, животного и минерального происхождения, сорной и зерновой. Основой классификации примесей в товарном зерне служит степень влияния данного вида примесей на выход и качество вырабатываемых продуктов, в кормовом зерне - влияние примеси на кормовую ценность. Они снижают ценность партии, поэтому их учитывают при расчётах за зерно. В засорённых партиях зерна значительно легче возникает и быстрее развивается процесс самосогревания.

3. Микроорганизмы – постоянный и существенный компонент зерновой массы. После образования на растении плодов и семян на них поселяются микроорганизмы, называемые эпифитными, которые представлены практически исключительно бактериями. В обычных условиях они не оказывают вредного влияния даже на покровные ткани. При уборке урожая на зерно попадают многие сапрофитные микроорганизмы, находящиеся в почве (бактерии, грибы, актиномицеты). Также могут попадать и возбудители некоторых заболеваний. Таким образом, микрофлора зерновой массы состоит из сапрофитных, фитопатогенных и патогенных для животных и человека микроорганизмов. Подавляющая часть микрофлоры - сапрофиты и среди них эпифитные бактерии, которые в свежей зерновой массе составляют до 99 % всей микрофлоры.

Зерновая масса является благодатной средой для жизнедеятельности многих насекомых и клещей. Из вредителей наибольший вред наносят рисовый и амбарный долгоносики, зерновой точильщик, малый мучной хрущак, мучной клещ, жизнедеятельность которых приводит к потере до 10% массы зерна.

4. Воздух. Зерно относится к сыпучим материалам, т.е. к двухфазным системам – «твёрдое тело+газ». Наличие газа (воздуха) в межзерновых пространствах обусловлено скважистостью зерновой массы. Скважины составляют значительную часть объёма зерновой массы и в значительной степени обуславливают процессы тепло- и влагопереноса в зерновой массе в процессе её послеуборочной обработки и хранения. Воздух зерновых масс по своим характеристикам (температуре, относительной влажности, химическому составу, давлению) может сильно отличаться от атмосферного.

Свойства зерновой массы по своей природе подразделяют на две группы: *физические* и *физиологические*, многие из которых тесно связаны друг с другом.

2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

На состав и свойства зерновой массы оказывают влияние следующие факторы: погодно-климатические условия, сортовые особенности зерна и семян, условия уборки и транспортирования урожая, условия хранения в начальный период.

Природно-климатические условия. Исследованиями установлено, что в зависимости от района произрастания сильно меняется химический состав зерна различных культур, и в частности, содержание белка в нём. Содержание белка определяет не только питательную ценность зерна и продуктов его переработки, но и технологические свойства. Многие качественные показатели зерна пшеницы, например, содержание клейковины, сила муки, в большинстве случаев находятся в прямой зависимости от белковости зерна.

Например, содержание белка в зерне пшеницы, как и содержание в почве гумуса, возрастает в Европейской части РФ с северо-запада на юго-восток. В накоплении белка и изменении других показателей качества зерна исключительно важную роль играет влажность почвы. Установлено, что с повышением влажности почвы снижается содержание белка в зерне. *Однако, это происходит не непосред-*

ственно из-за влажности почвы, а из-за того, что в результате неодинаковой влагообеспеченности при одном и том же количестве внесенного азота получается разной величины урожай. Поэтому зерно при высоких урожаях содержит относительно меньше белка, а при низких - больше. В засушливые годы зерно формируется с повышенным содержанием белка, поскольку из-за недостатка влаги формируется меньший урожай, а почвенный легкоподвижный азот расходуется меньше на ростовые процессы и больше на зернообразование. С другой стороны, в засушливых условиях тормозится отток веществ из вегетативных органов в зерно, особенно углеводов, что приводит к более высокому относительному содержанию белка в зерне. При оптимальном увлажнении белковость зерна не снижается и не ухудшаются его технологические качества. Влияние влажности нельзя рассматривать изолированно от температуры, поскольку чем выше температура, тем слабее выражено отрицательное действие обильного увлажнения на качество клейковины. Влияние температуры на химический состав растений может проявляться действием на физиологические функции растений (фотосинтез, дыхание) и на биологические и химические процессы почвы (нитрификация и др.). Так, в холодную погоду появляются беззародышевые зерна, оно не достигает полной спелости, снижаются пищевые и технологические показатели зерна. При повышении температуры, как показывают исследования, содержание белка в зерне возрастает и улучшаются его хлебопекарные качества. Высокая температура воздуха и недостаток влаги в почве в период налива зерна тормозят нормальную деятельность ассимиляционного аппарата растений, но усиливают процессы дыхания, а в связи с этим и расход углеводов. Эти два процесса обуславливают повышенное содержание белка в зерне пшеницы в условиях небольшой засухи.

Ряд учёных считает, что качество зерна зависит от интенсивности, продолжительности и состава солнечного освещения.

Сортовые особенности зерна и семян. Сорт незначительно влияет на хранение зерна и в большей степени влияет на химический состав. Зерно разных сортов, выращенных на одном поле при одинаковых погодных условиях, различается по

химическому составу (по белку до 2%). Чаще всего наблюдается обратная связь между высоким качеством и высоким урожаем.

Условия уборки, транспортирования и хранения в начальный период. В настоящее время применяют два способа уборки зерновых культур – раздельное и прямое комбайнирование. Белковость зерна при раздельной уборке бывает выше. При уборке в фазе восковой спелости в зерне содержится больше клейковины и больше бывает объёмный выход хлеба (оно достигает наивысшего качества). Раздельный способ имеет преимущество перед прямым при невыравненном стеблестое, с большим подгоном, сильно полегшем и засорённом сорняками. В сухих условиях зерновые следует убирать при восковой спелости раздельным способом, в других – прямым комбайнированием при полной. Снижение выполненности, стекловидности зерна, содержания клейковины, силы муки происходит при передержке зерна на корню, длительном нахождении скошенной массы в валках, затяжной сушке и обработке зерна.

Поскольку зерновая масса после уборки представляет собой неоднородную и неустойчивую систему, поэтому её необходимо сразу же подвергнуть первичной очистке от примесей, влажность зерна довести до установленного уровня, охладить зерно и защитить от неблагоприятного воздействия окружающей среды.

3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВЫХ МАСС

Сыпучесть – подвижность зерновой массы, способность легко заполнять ёмкости любой конфигурации и истекать из них. Обусловлена гранулометрическим составом зерновой массы. Данное свойство используют при перемещении зерновых масс с помощью различных устройств и механизмов, на нём основана вся поточность процессов на элеваторах, мукомольных и крупяных заводах, зернохранилищах. Сыпучесть зависит от плотности, формы, размера, характера и состояния поверхности зерна, количества примесей и их видового состава. Наибольшей сыпучестью обладают массы, состоящие из семян шарообразной формы (горох, просо, люпин). Находящиеся в зерновой массе примеси понижают её сыпучесть. Также снижает сыпучесть высокая влажность семян. Сыпучесть характеризуется углом естественного откоса (когда зерновая масса начинает скользить по какой-либо поверх-

ности), который составляет у ячменя 28...45°, у овса 31...54°, пшеницы 23...38°, проса 20...27°. Сыпучесть всегда учитывают при работе с зерновыми массами.

Самосортирование – как следствие сыпучести – неоднородность зерновой массы, возникающая при её перемещении из-за наличия различного рода примесей. При этом лёгкие примеси перемещаются на поверхность, а тяжёлые уходят вниз. Самосортирование – явление отрицательное, поскольку в зерновой массе образуются участки, неодинаковые по физиологической активности, скважистости, что создаёт больше предпосылок к возникновению процесса самосогревания. В связи с самосортированием строго соблюдают правила взятия точечных проб для формирования средней пробы.

Скважистость – наличие межзерновых пространств, заполненных воздухом. У основных полевых культур составляет 35...80%. Данное свойство позволяет применять активное вентилирование для продувания зерновых масс и проводить дезинсекции зерна. Скважистость в различных участках зерновой массы в связи с самосортированием может быть различной, что приводит к неравномерному распределению в них воздуха. Зная объём, занимаемый зерновой массой, и её скважистость, легко установить объём находящегося в ней воздуха, который при активном вентилировании принимают за один обмен.

Сорбция. Зерно и семена способны поглощать пары различных веществ и газы. Эта способность объясняется капиллярно-пористой коллоидной структурой зерна и скважистостью зерновой массы. Сорбционные свойства зерна связаны с такими показателями качества, как запахи, влажность и др. Рациональные режимы сушки и активного вентилирования можно осуществить только с учётом сорбционных свойств зерновой массы. Влажность и масса хранимых и транспортируемых партий зерна чаще всего изменяется за счёт сорбции и десорбции паров воды, что имеет не только технологическое значение, но и связано с материальной ответственностью людей.

Гигроскопичность – способность зерна поглощать из окружающей среды пары воды и отдавать их обратно. При хранении зерна наблюдается изменение его влажности, при этом происходят следующие процессы: *переход влаги из зерна в*

воздух (испарение, десорбция, сушка), если парциальное давление водяного пара у поверхности зерна больше, чем в атмосфере; *сорбирование влаги зерном из воздуха*, когда парциальное давление водяного пара у поверхности зерна меньше, чем в атмосфере. Когда давление пара в воздухе и у поверхности зерна выравнивается, наступает состояние динамического равновесия, при котором прекращается влагообмен между воздухом и зерном. Влажность зерна, соответствующая такому равновесию, называется **равновесной влажностью**. Иными словами, это влажность, установившаяся при данных параметрах воздуха - влагонасыщенности, температуре и давлении. Величинами равновесной влажности пользуются при активном вентилировании и сушке зерновых масс.

Термоустойчивость – способность зерна сохранять в процессе сушки семенные, продовольственные и другие качества (денатурация белка, распад крахмала, разложение жиров – результат неправильной сушки).

Теплоёмкость – количество тепла, требуемого для нагревания зерна, выражается величиной удельной теплоёмкости (для сухого вещества зерна 0,3...0,4 ккал/кг*°С. Теплоёмкость учитывают при сушке зерна, поскольку расход тепла зависит от исходной влажности зерна. Теплоёмкость зерна в 2 раза больше, чем у воздуха.

Теплопроводность – способность зерна проводить тепло. Характеризуется *коэффициентом теплопроводности*. Зерновые массы обладают низкой теплопроводностью за счёт органического состава и скважистости (0,2 Вт/ м*°К). Теплопроводность зерновой массы в 3...4 раза меньше, чем у воды.

Температуропроводность – характеризуется скоростью изменения температуры в зерновой массе. Характеризуется *коэффициентом температуропроводности* (17-19 * 10⁻⁶ м²/с). Зерновая масса обладает большой тепловой инерцией, что положительно сказывается на условиях хранения. Таким образом можно консервировать зерновую массу холодом на длительное время.

Термовлагопроводность – перемещение влаги в зерновой массе, обусловленное градиентом температур. (Влага из зоны с повышенной температурой вместе с потоком тепла перемещается в менее нагретые участки).

СОСТАВ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

Комплекс живых организмов
и механических примесей

ПОСТОЯННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

- ⇒ ЗЕРНО ОСНОВНОЙ КУЛЬТУРЫ
В 1 КГ ПШЕНИЦЫ 40 ТЫС. ЗЁРЕН
- ⇒ ПРИМЕСИ
ОРГАНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ
- ⇒ МИКРООРГАНИЗМЫ
БАКТЕРИИ (БОЛЕЕ 99%), ГРИБЫ, АКТИНОМИЦЕТЫ
- ⇒ ВОЗДУХ

НЕПОСТОЯННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

- ⇒ НАСЕКОМЫЕ-ВРЕДИТЕЛИ
ДОЛГОНОСИКИ, ТОЧИЛЬЩИКИ
- ⇒ КЛЕЩИ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА И СЕМЯН

ГРУППЫ КУЛЬТУР

КРАХМАЛ-СОДЕРЖАЩИЕ	БЕЛКОВЫЕ	МАСЛИЧНЫЕ	ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ
--------------------	----------	-----------	----------------

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ЗЕРНА

(СОЕДИНЕНИЯ УГЛЕРОДА С ДРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ)

БЕЛКИ	ЖИРЫ	УГЛЕВОДЫ	НК	ФЕРМЕНТЫ	ВИТАМИНЫ
-------	------	----------	----	----------	----------

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ЗЕРНА

(НЕ СОДЕРЖАТ УГЛЕРОД)

МАКРОЭЛЕМЕНТЫ

P фосфор	Ca кальций	Fe железо	S сера	Si кремний	Cl хлор
-------------	---------------	--------------	-----------	---------------	------------

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТЫ

БЕЛКИ

СОСТОЯТ ИЗ УГЛЕРОДА, АЗОТА, КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА

ПРОСТЫЕ	СЛОЖНЫЕ
----------------	----------------

ПРОСТЫЕ БЕЛКИ (ПРОТЕИНЫ)

(ПРЕОБЛАДАЮТ В ЗЕРНЕ ЗЛАКОВ)

АЛЬБУМИНЫ Растворяются в воде	ГЛОБУЛИНЫ Растворяются в солевых растворах	ПРОЛАМИНЫ Растворяются в этиловом спирте	ГЛЮТЕЛИНЫ Растворяются в щёлочах
--	--	--	---

СЛОЖНЫЕ БЕЛКИ (ПРОТЕИДЫ)

ЛИПОПРОТЕИДЫ	НУКЛЕОПРОТЕИДЫ
---------------------	-----------------------

УГЛЕВОДЫ

СОСТОЯТ ИЗ УГЛЕРОДА, ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА

ПРОСТЫЕ (МОНОСАХАРИДЫ) ГЛЮКОЗА, ФРУКТОЗА	СЛОЖНЫЕ (ПОЛИСАХАРИДЫ) КРАХМАЛ, КЛЕТЧАТКА
--	---

ЛИПИДЫ

ПРОСТЫЕ ЖИРЫ ВОСКИ	СЛОЖНЫЕ ФОСФАТИДЫ СТЕРИНЫ	ЦИКЛИЧЕСКИЕ
---------------------------------	--	--------------------

СРЕДНИЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА И СЕМЯН НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУР, %

Культура	вода	белок	углеводы	клетчатка	жиры	зола
Пшеница мягкая	14	12	68,7	2	1,7	1,6
Рожь	14	11	69,6	1,9	1,7	1,8
Ячмень	14	10,5	64,4	4,5	2,1	2,5
Овёс	12,8	10,2	59,7	10	5,3	3
Рис	12	6,7	63,8	10,4	1,9	3
Горох	14	23,4	53,1	4,7	2,4	2,4
Соя	14	34	24,6	4,5	18,4	4,5
Подсолнечник	8	12,3	22,7	23,2	31	2,8
Лён	8	24,8	25	7,4	37,7	4,6

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

- ⇒ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
- ⇒ СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕРНА И СЕМЯН
- ⇒ УСЛОВИЯ УБОРКИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УРОЖАЯ
- ⇒ УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ

- ⇒ СЫПУЧЕСТЬ
- ⇒ САМОСОРТИРОВАНИЕ
- ⇒ СКВАЖИСТОСТЬ
- ⇒ СОРБЦИЯ
- ⇒ ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ
- ⇒ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ
- ⇒ ТЕПЛОЁМКОСТЬ
- ⇒ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ
- ⇒ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ
- ⇒ ТЕРМОВЛАГОПРОВОДНОСТЬ

НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ ВЛИЯЮТ:

- ⇒ ВЛАЖНОСТЬ
- ⇒ ПРИМЕСИ
- ⇒ ТЕМПЕРАТУРА
- ⇒ СОСТОЯНИЕ ЗЕРНА
- ⇒ МИКРОФЛОРА
- ⇒ УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ
- ⇒ ВРЕДИТЕЛИ

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ

- ⇒ СНИЖЕНИЕ СЫПУЧЕСТИ (СЛЕЖИВАНИЕ)
- ⇒ ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА
- ⇒ САМОСОРТИРОВАНИЕ
- ⇒ СНИЖЕНИЕ ВСХОЖЕСТИ
- ⇒ ОБРАЗОВАНИЕ ТЕПЛА
- ⇒ ЗАРАЖЁННОСТЬ ВРЕДИТЕЛЯМИ
- ⇒ ПОТЕРИ СУХОГО ВЕЩЕСТВА
- ⇒ ПОЯВЛЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ ЗАПАХОВ
- ⇒ ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА
- ⇒ НАЛИЧИЕ ПРИМЕСЕЙ
- ⇒ ИЗМЕНЕНИЕ ГАЗОВОГО СОСТАВА ВОЗДУХА
- ⇒ НАЛИЧИЕ НЕПОЛНОЦЕННЫХ ЗЁРЕН