

Технологии в зърнопреработването

Кратък курс

Технологии в зърнопреработването

Николай Димитров

21 април 2020 г.

“ИНТЕЛЕКСПЕРТ-94”

гр. Пловдив

Издаелство “Интелексперт-94”
Пловдив 4002 ул. Атанас Каменаров №5а
Електронна поща: *info@intexpert94.com*
ISBN: 978-619-7220-61-2
2020 г.

Съставил: Николай Д. Димитров
Редактор: Николай Д. Димитров
Коректор: Николай Д. Димитров
Набор и предпечатна обработка: Николай Д. Димитров
Рецензенти: доц. д-р Анна Желева Колева и доц. д-р Божидар Василев Бозаджиев

Предпечатната обработка е реализирана изцяло с безплатен софтуер с отворен изходен код, работещ под управлението на операционна система Linux. Наборът и оформлението е извършено с L^AT_EX (v. 2.0.x), графиките са създадени с Inkscape (v. 0.48.x), а растерните изображения са обработени с GIMP (v. 2.8.x).

- Можете свободно:

Да споделяте — Да копирате и разпространявате произведението.

Да променяте — Да променят произведението и да го използват, като цяло или част от него, във ваши разработки.

- Съгласно следните условия:

Признание — Трябва да посочите авторството на творбата по начина, определен от самия автор или носителя на правата върху произведението (но не и по начин, оставящ впечатлението, че същият/същите подкрепят вас или използването по някакъв начин на творбата от вас).

Некомерсиално — Произведението не може да бъде използвано за комерсиални цели.

Споделяне на споделеното — В случай, че промените, видоизмените или, използвайки като основа произведението, го надградите, то полученото производно произведение може да се разпространява само съгласно условията на същия или на подобен на този договор.

- С разбирането за:

Възможност за промяна - Всяко едно от посочените по-горе условия, може да бъде отменено, ако получите разрешение от притежателя на авторските права.

Обществено достояние - Когато произведението или някой от неговите елементи са обществено достояние, съгласно приложимото законодателство, този статус по никакъв начин не се засяга.

- И следните забележки:

Използваните снимки и друга информация са примерни, не са свързани с реклама на съответните фирми и нямат комерсиална цел.

За всяко повторно използване или дистрибуция, вие трябва ясно за останалите да посочите договорните условия за ползване на произведението.

Принципите, залегнали в произведението са неразделна част от фундаменталните знания за зърносъхранението, зърнопреработването и хранителните технологии. Самостоятелното използване на произведението може да бъде опасно!! Авторът не носи никаква отговорност за нанесени щети и/или пропуснати ползи от използването на произведението и представената в него информация и всичко свързано с него!

Съдържание

Въведение	11
I. Зърнени суровини и съхранението им	13
1. Основни зърнени суровини. Особенности и употреба	15
1.1. Пшеница	15
1.2. Ръж	16
1.3. Тритикале	17
1.4. Ечемик	17
1.5. Овес	17
1.6. Царевица	17
1.7. Оризова арпа	17
1.8. Други зърнени суровини	18
2. Анатомично устройство на зърното	19
2.1. Цветни плеви	19
2.2. Обвивки	20
2.3. Ендосперм	22
2.4. Зародиш	23
3. Химичен състав и хранителна стойност на зърното	25
3.1. Въглехидрати	25
3.2. Протеини	26
3.3. Мазнини	28
3.4. Минерални вещества	28
3.5. Витамини	29
4. Качествени показатели на зърното	31
4.1. Влажност	31
4.2. Обемна маса	32
4.3. Стъкловидност	32
4.4. Киселинност	33
4.5. Органолептични качествени показатели	33
5. Дишане на зърното при съхранение	35
5.1. Същност	35

Съдържание

5.2.	Следствия от процеса дишане	36
5.3.	Фактори, определящи интензивността на дишането	36
5.4.	Обобщение	38
6.	Зърнохранилища - изисквания, видове, вентилиране	39
6.1.	Изисквания	39
6.1.1.	Функционални	39
6.1.2.	Строителни	39
6.1.3.	По отношение защитата на зърното	39
6.1.4.	Изисквания за защита на околната среда	40
6.1.5.	Изисквания по отношение здравето на обслужващия персонал	40
6.2.	Видове	40
6.2.1.	Плоски складове	40
6.2.2.	Метални силосни клетки	41
6.2.3.	Стоманобетонни силози	42
6.3.	Активно вентилиране	43
II.	Технология на мелничарството	47
7.	Въведение - основни технологични операции	49
8.	Почистване на зърното от примеси	51
8.1.	Сухо почистване	52
8.2.	Почистване по разлика във формата и размерите	52
8.3.	Почистване по разлика в дължината	53
8.4.	Почистване по разлика в аеродинамичните характеристики	54
8.5.	Камъкоотделителна машина	54
8.6.	Магнитни сепаратори	55
8.7.	Примерна последователност на машините в почистващото отделение на мелницата	55
9.	Кондициониране на зърното	57
9.1.	Същност и цели	57
9.2.	Как се кондиционира зърното?	57
9.3.	Механизъм на придвижване на влагата	58
9.3.1.	Влияние на топлината	58
9.3.2.	Влияние на времето	58
9.4.	Теория на кондиционирането	59
9.5.	Методи за кондициониране	59
10.	Смилане с мелничен валц. Пресяване с планзихтер	61
10.1.	Смилане с мелничен валц	61
10.1.1.	Фактори, определящи интензивността на смилане	61
10.1.2.	Пресяване с планзихтер	63

11. Смилане на пшеница	65
11.1. Цели и задачи на съвременното мелничарство	65
11.2. Шротов процес	66
11.3. Разтворен процес	67
11.4. Шлифовъчен процес и процес на обогатяване	67
11.5. Образуване на потоците брашна	67
11.6. Схема на млевен процес	68
III. Технология на комбинираните фуражи	71
12. Комбинирани фуражи - видове, суровини, технология	73
12.1. Определение, видове	73
12.2. Суровини за производството на комбинирани фуражи	73
12.3. Рецепти за комбинирани фуражи	74
12.4. Схема на технологичните операции	74
13. Смилане на фуражните компоненти	77
13.1. Необходимост и изисквания	77
13.2. Чукова дробилка	78
13.3. Артриторна дробилка	78
13.4. Мелничен валц	78
13.5. Схеми на смилане	79
13.5.1. Предварително разделно смилане	79
13.5.2. Смилане след дозиране	80
13.6. Многостепенно смилане	80
14. Дозиране и хомогенизиране	83
14.1. Дозиране	83
14.1.1. Обемни дозатори	83
14.1.2. Тегловни дозатори	84
14.2. Хомогенизиране	85
15. Гранулиране на комбинирани фуражи	87
15.1. Същност	87
15.1.1. Цели на гранулирането	87
15.1.2. Форма и размери на гранулите	87
15.2. Получаване на гранули	88
15.2.1. Кондициониране	88
15.2.2. Пресоване	89
15.2.3. Охлаждане на гранулите	89
15.2.4. Разтрошаване и пресяване	89
Библиография	91

Въведение

Човечеството отглежда зърно от дълбока древност. Това не е случайно. То осигурява всички основни вещества за нормалното функциониране на човешкия организъм. Тези ценни вещества се предават и на продуктите от неговата преработка.

Малко хора си дават сметка в основата на каква огромна хранителна пирамида стои зърното. От него се произвежда голямо разнообразие от хляб, хлебни, сладкарски и макаронени изделия. Във вид на комбинирани фуражи зърното е косвено свързано с получаването на месо, мляко, яйца и продукти от тях. То се използва за производството на горива, нишесте и нишестени хидролизати, биопластмаси и др.

В исторически план зърното е изиграло огромна роля в развитието на човечеството и технологиите. Било е причина за разцвета и упадъка на империи, било е повод за войни и мир.

Представеният лекционен курс разглежда някои основни въпроси от съхранението и преработката на зърното. Материалът е разделен на три части. Първата е въвеждаща и запознава читателя с видовете зърно, тяхното анатомично устройство и особеностите на съхранението им. Във втората част е разгледана технологията за получаване на пшенични брашна, а в третата са представени комбиниранияте фуражи и основните етапи при тяхното производство.

Материалът е представен изключително съкратено, без претенции за изчерпателност. Той е написан на достъпен език и е предназначен за студенти от *други специалности*. Въпреки това информацията може да послужи и на широк кръг специалисти, свързани пряко или косвено с преработката на зърно.

Н. Димитров

Част I.

Зърнени суровини и съхранението им

1. Основни зърнени суровини. Особености и употреба

Зърнените суровини стоят в основата на огромна хранителна пирамида. Три са основните причини за голямото им разпространение: отглеждат се сравнително лесно при голямо разнообразие от почвено-климатични условия; имат висока хранителна стойност и могат лесно да се съхраняват продължително време.

Отглеждането на зърно е започнало в плодородните и лесно напоявани речни долини на Близкия изток. В следствие се разпространява от екватора до умерения пояс. Не се среща само в пустинни, субполярни и полярни области.

Основните зърнени култури, отглеждани от човечеството, са: пшеница, царевица, оризова арпа, ечемик, сорго, овес, ръж, тритикале и зърнено-бобови като леща, фасул, грах, соя, нахут и други (фиг. 1.1)¹.

Зърнените култури се използват за храна, но преди това те се преработват до брашна и други продукти. Използват се за хранене на животни във вид на комбинирани фуражи, за производство на алкохол и за технически цели.

1.1. Пшеница

Пшеницата е основната култура, използвана за храна на хората. Отглежда се в най-големи количества по света. Добивите са високи и е относително непретенциозна култура. В България пшеницата се отглежда като есенна и пролетна. Най-разпространени са есенните пшеници, които се засаждаат октомври и се прибират юли-август през следващата година. Пролетните се засаждаат март и се прибират август.

На човечеството са известни 27 вида пшеници. От тях в 90% от случаите се отглежда един вид наречен *мека* (*обикновена, хлебна*) пшеница.

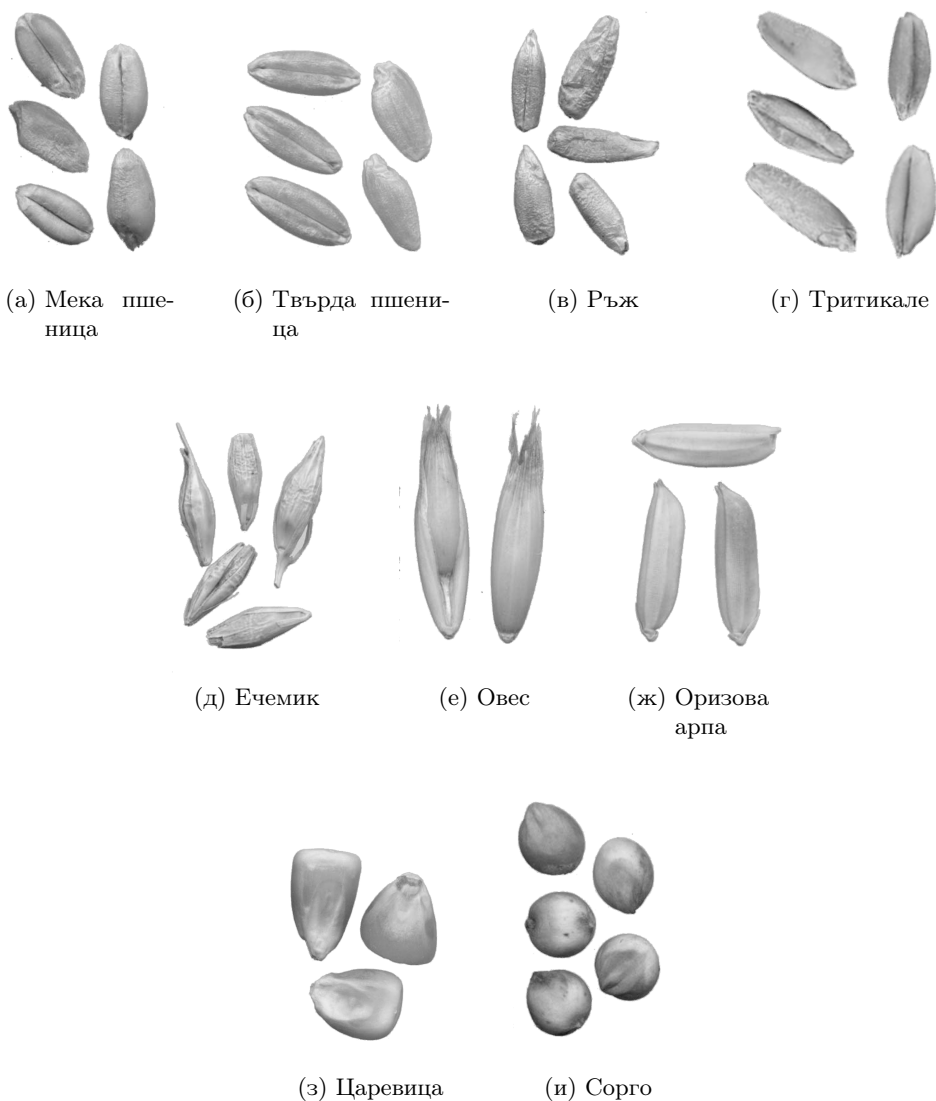
По-рядко се среща *твърдата пшеница*. Отглеждането ѝ е ограничено поради ниските добиви. Тя се използва за направата на макаронени изделия.

Освен тези два вида се отглеждат и *лимец, спелта, английска пшеница* и др.

¹Оригиналните снимки са препечатани от web сайта на Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University, USA. Изключение е снимката на тритикалето, която е взета от анонимен източник в Интернет.

1.2. Ръж

Ръжта може да се отглежда върху бедни почви при сурови зими. Видът е устойчив на болести и неприятели. Добивите са по-ниски от тези на пшеницата. По външен вид пшеницата и ръжта много си приличат. Ръжта превъзхожда пшеницата по химичен състав и хранителна стойност и се използва основно за производството на хляб. Ръжният хляб, обаче, е с различен цвят и вкус и структурата му е по-сбита от тази на пшеничния.



Фигура 1.1.: Основни зърнени суровини.

1.3. Тритикале

Тритикалето е изкуствено създадена зърнена култура, кръстоска между пшеница и ръж. Тази нова култура е устойчива на болести, неприятели и неблагоприятни климатични условия. Добивите са по-високи от тези на пшеницата. От тритикалето се получава хляб, но с по-ниско качество. На външен вид зърното е междинно по форма между ръжта и пшеницата. То е по-издължено от пшеничното, със заострени краища и набръчкана повърхност.

1.4. Ечемик

Отглеждането на ечемика е подобно на това на пшеницата. Известни са няколко вида със съответните подвидове, които се различават по броя на плодните класчета на едно колянце от вретеното на класа. Биват многореден, двуреден и рядко междинен. Зърната на ечемика са покрити с цветни плеви, здраво сраснали с плода. Съществува и гол ечемик.

Ечемикът се използва за производството на пиво, но служи и като храна на хората във вид на брашна и ядки. Участва и като компонент във фуражите за животни.

1.5. Овес

Овесът е една от най-лесно усвояемите от човека и животните храни. Във вид на брашна или ядки се използва като една от първите храни на новородените бебета и малките деца. Овесът е богат на мазнини, незаменими аминокиселини, микроелементи и др. За съжаление добивите от овес са ниски.

Зърното е покрито с цветни плеви, които не са здраво сраснали и при олющване лесно се отделят.

1.6. Царевица

Царевицата е култура с висока хранителна стойност. Отглеждането и изисква влажен и топъл климат. Царевицата е високодобивна култура. Употребява се за храна на хора и животни, производство на глюкозо-фруктозни сиропи, биогорива, биопластмаси и много др. Съществува голямо разнообразие от подвидове: твърда, мека, конски зъб, пуклива, захарна, восъчна и др.

1.7. Оризова арпа

Оризовата арпа е втората по значение култура за изхранване на човечеството, след пшеницата. Тя се използва основно за храна и много рядко за фураж или производство на алкохол.

Тя е влаголюбива култура. В зависимост от изискванията към влагата съществуват сортове, които се отглеждат под слой от вода, такива, отглеждани при редуване

1. Основни зърнени суровини. Особенности и употреба

вода - отводняване, и сортове отглеждани при поливни условия. Най-разпространени и с най-високи добиви са сортовете, отглеждани под слой от вода.

Оризовата арпа е изключително високодобивна култура. Съществуват над 70 вида оризова арпа, които се разделят на две големи групи:

- Индийски, при които зърната са дълги, тесни и заострени в двата си края.
- Китайско-японски, при които зърната са заоблени.

В България се отглеждат сортове от втората група.

1.8. Други зърнени суровини

На пето място по отглеждане в света се намира соргото. Тази зърнена култура е известна в България под името “метла”. Тя е изключително устойчива на засушаване и се използва като храна в сухите региони на Африка. Добивите на сорго обаче са по-ниски от тези на пшеницата, царевичата и оризовата арпа.

Освен соргото по света се отглеждат и просо, елда, киноа и др., както и различни зърнено-бобови култури. Зърнено-бобовите са главен източник на растителни протеини в диетата на хора и животни.

2. Анатомично устройство на зърното

Основното разбиране на анатомичните характеристики и вътрешното устройство (вътрешната структура) на всички зърнено-житни суровини е от първостепенно значение за тяхното ефективно използване. Структурата влияе върху всички процеси, като се започне от производството на суровини, премине се през съхранението, преработката и приключи с консумацията на готовите изделия.

Повечето суровини не се консумират като цели зърна. Те са обект на въздействию, които са почти винаги предшествани от серия от структурни (анатомични) разделяния. Особеното устройство и състав на някои зърна позволява преработка, неподходяща за други видове.

Въпреки, че съществува голям брой зърнени суровините те са изградени от едни и същи съставни части и имат много повече структурни прилики, отколкото разлики.

Относителните пропорции на главните им съставни части варират в сравнително тесни граници (виж табл. 2.1). Основната част на зърното е богатия на нишесте *ендосперм*, които служи като хранителен резерв на *ембриона* (наричан по-често *зародиш*). Най-външният слой на ендосперма се състои от единични или няколко реда силно модифицирани клетки и се нарича *алейронов слой* или *алейронов ендосперм*. Периферията на алейроновия слой е обгърната от серия от силно уплътнени клетъчни слоеве, образуващи *обвивката на зърното*.

При овеса, ориза, повечето видове ечемик и др. обвивките на цвета остават прикрепени към зърното след вършитбата. Тази целулозна и понякога силициево-целулозна обвивка, наречена *цветна плева*, определя тези суровини като „плевести“. Останалите, при които цветните обвивки се отделят при вършитбата се наричат „голи“.

2.1. Цветни плеви

Цветните плеви осигуряват естествена защита на зърното от повреди, проникване на микроорганизми и складови вредители. Цветните плеви се състоят от 2 част: вътрешна и външна цветна плева, свързани една с друга, посредством специална „заклучваща“ се структура. Състоят се от кухи клетки с груби целулозни силно одървесени стени. При някои семена цветните плеви са покрити с нежни власинки (трихоми), а също така и с правоъгълни, „зъбообразни“ елементи богати на силиций.

Цветните плеви са състоят основно от целулоза (до 36 %), хемицелулоза, лигнин (до 30%) и минерални вещества. Количеството на протеините е нищожно. Минералният състав е разнообразен, но силиция може да достигне до 90% от общото минерално съдържание (характерно повече за ориза). В зряло състояние плевите съдържат много лигнин и могат да бъдат крехки и чупливи. Този химичен състав

2. Анатомично устройство на зърното

Таблица 2.1.: Относителен дял на съставните части на зърното при различни суровини.

Зърнена суровина	Зародиш (%)	Обвивки (%)	Алейронов слой (%)	Ендосперм (%)
Ечемик	3,4	18,3		79
Овес	3,7	28,7-41,4		
Ориз	3,5	1,5	4-6	89-94
Ръж	3,5	12,0		85
Сорго	7,8-12,1	7,3-9,3		80-85
Твърда пшеница	1,6	12,0		86
Тритикале	3,7	14,4		82
Хлебна пшеница	2,7	7,9	6,7-7,0	81-84
Царевица	8,4	5,5		82

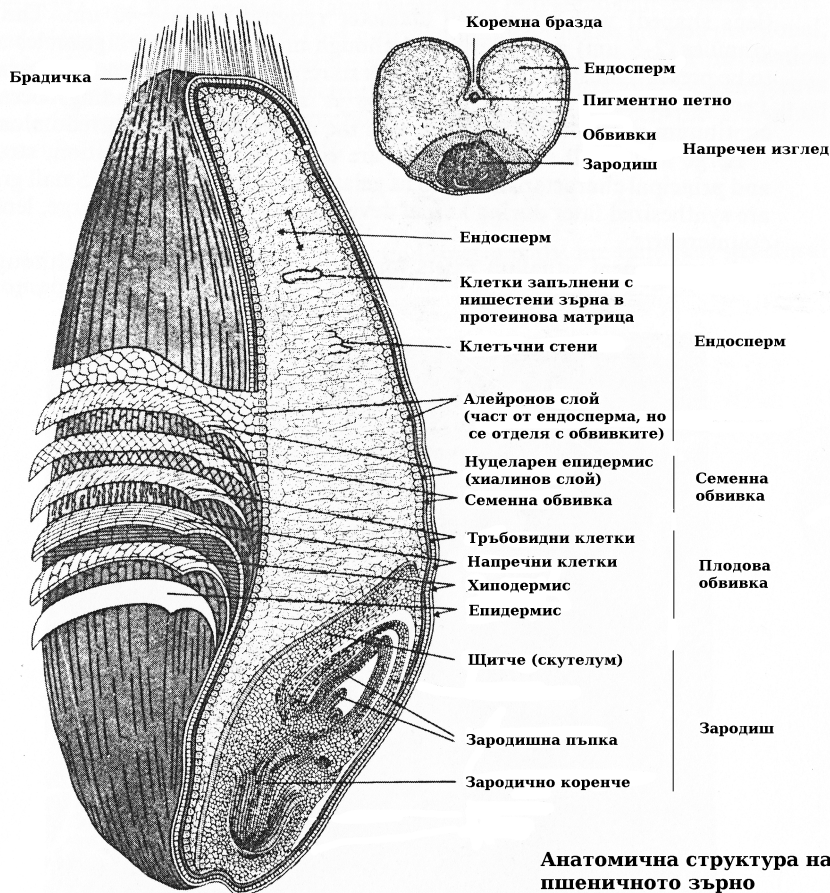
предполага *изключително ниска хранителна стойност*. Освен това, попаднали в храната, цветните плеви могат да бъдат опасни, защото при счупване острият им краища могат да се забият в храносмилателния тракт на животните и да предизвикат възпаления и дори смърт. Поради това, *премахването на цветните плеви е задължително* преди използване на плевестите суровини във фуражната промишленост и за храна на хора.

2.2. Обвивки

Обвивките предпазват ендосперма и зародиша от механични и химични повреди и поразяване от микроорганизми. Делят се на *плодова* (перикарпий) и *семенна* (периспермий, теста, спермодермий, интергумент, пигментен слой).

Цветът на плодвата обвивка може да варира от тъмнокафяв до полупрозрачен бледожълт или прозрачен, почти безцветен (при пшеницата). Обвивките съдържат основно целулоза, но са богати на витамини от групата В и минерали (желязо, цинк, мед, магнезий). При навлажняване набъбват, стават жилави и трудно се раздробяват.

ПЛОДОВАТА ОБВИВКИ на пшеницата, ръжта и донякъде тритикалето се състои от 4 ясно обособени слоя: епидермис, хиподермис, слой от напречени клетки и слой от тръбовидни клетки. Епидермиса и хиподермиса образуват външния перикарпий. От вътрешната страна на хиподермиса се разполага слой от остатъчни тънкостенни клетки, които образуват повърхност с по-слаба структура и при механична обработка (шлайфане) външния перикарпий може относително лесно да се отстрани. Вътрешният перикарпий обхваща напречните и тръбовидните клетки. Напречните клетки са дълги и цилиндрични ($125 \times 20 \mu m$) и имат надлъжна ос перпендикулярна на надлъжната ос на зърното. Те са силно уплътнени без или с малки междуклетъчни пространства. Силното уплътнение прави сечението им правоъгълно. Тръбовид-



Анатомична структура на пшеничното зърно

Фигура 2.1.: Анатомично устройство на пшенично зърно.

ните клетки са подобни по форма и размери на напречните, но тяхната надлъжна ос е разположена успоредно на надлъжната ос на зърното. Тръбовидните клетки не са уплътнени, напречното им сечение е овално и не формират непрекъснат слой. Така се образуват много междуклетъчни пространства.

Под плодовата обвивка се намира СМЕННАТА ОБВИВКА. Нейното количество е 1-2,5% от масата на зърното и е здраво свързана с подлежащия слой от ендосперма, наречен алейронов слой. При пшеницата семенната обвивка се състои от два подслоя: външен – същинска семенна обвивка (теста) и вътрешен – нуцеларен епидермис (или хиалинов слой). Същинската семенна обвивка може да съдържа пигменти. Наличието или липсата на пигменти определя цвета на пшеницата (бял до червеникаво кафяв). Нуцеларният епидермис е образуван от безцветни, дебелостенни клетки с неправилна форма и съдържа голямо количество хемичелулоза. В сравнение с плодовата, семенната обвивка съдържа по-малко целулоза. Богата е на белтъчни вещества и въглехидрати. Заедно с алейроновия слой, определят високото белтъчно съдържание на пшеничните трици.

2.3. Ендосперм

Ендоспермът е основната част на зърното и съдържа запасни хранителни вещества за развитието на зародиша. Периферните слоеве на ендосперма образуват АЛЕЙРОНОВИЯ СЛОЙ. Въпреки, че алейроновият слой е част от ендосперма, при раздробяване той се отделя заедно с обвивките. Алейроновият слой се състои от един или няколко реда дебелостенни и непрозрачни клетки.

Въпреки, че относителният дял на алейроновия слой е около 8 % в него се съдържат 1/6 от всички белтъчини в зърното. В състава на алейроновия слой влизат и значителни количества пигментни вещества, витамини и ензими, но не и нишесте. В този слой са съсредоточени половината от витамините от групата В.

Този богат химичен състав определя високата хранителна стойност на алейроновия слой. Въпреки това, поради трудното разграждане на дебелите клетъчни стени, ценните за храненето вещества не могат да се усвоят от животни само с един стомах (непреживни животни). При класическото смилане на пшеницата клетките остават относително цели. Това се дължи на предварителното навлажняване и отлежаване на зърното преди смилане. От друга страна, при сухо и фино смилане, част от клетките се разрушават и хранителните вещества в тях стават усвояеми.

БРАШНЕНОТО ЯДРО е най-ценната в хранително отношение част на зърното. Богато е на белтъчини, нишесте, малко количество витамини и следи от минерали. Състои се от големи тънкостенни клетки, плътно запълнени с нишестени зрънца, белтъчини и други вещества. Половината от всички белтъчни вещества в брашненото ядро представляват основа (белтъчна матрица), в която са включени едри и дребни нишестени зрънца с различна форма. Този белтък се нарича *промеждутъчен*. Определено количество белтък се намира на повърхността основно на едрите и средните нишестени зрънца и е здраво свързан с тях. Този белтък се нарича *прикрепен* и при обикновените методи на смилане не се отделя.

Разпределението на белтъчните вещества и нишестето не е еднакво в ендосперма. Периферните слоеве са относително по-богати на белтъчни вещества и по-бедни на нишесте, докато в посока към центъра белтъчните вещества намаляват за сметка на нишестето.

Ендоспермът е здрава, но крехка структура, която при смилане се превръща в частици с разнообразни размери. За да се облекчи смилането му (само на ендосперма) зърното може да се навлажни, при което белтъчната матрица набъбва и намалява здравината си.

Важна характеристика на ендосперма е неговия вид. Той бива брашнест или стъкловиден. Брашнеността и стъкловидността са оптични свойства и са в резултат на присъствието или отсъствието на празни пространства в структурата на ендосперма. Дифракцията или дифузията на светлината във всяко празно пространство прави ендосперма брашнест. Стъкловидният ендосперм е компактен, няма празни пространства и изглежда като „стъклен“.

Механизмът на образуване на двата вида ендосперм не е особено изучен, но се предполага, че по време на последната фаза на развитие на плода, когато той изсъхва, при брашнестите зърна има свиване и разкъсване на белтъчната матрица,

докато при стъкловидните - белтъчната матрица се свива, но не се разкъсва.

2.4. Зародиш

Тази част на зърното представлява ембриона, зачатъка на новото растение. Състои се от *зародишна пъпка*, *зародишно коренче* и *щитче (скутелум)*. От коренчето се развива кореновата система на бъдещото растение, а от пъпката – стеблото. Щитчето (скутелума) се намира между зародиша и ендосперма и плътно ги свързва. То служи като орган за връзка между развиващото се растение и неговия източник на храна (ендосперма) и едновременно с това е източник на вещества (ензими), разграждащи ендосперма в началните етапи от развитието на новото растение.

По време на прорастването хранителните вещества преминават от ендосперма към зародиша през щитчето. В обратна посока преминава влагата при навлажняване на зърното.

Въпреки, че зародишът не е преобладаваща част от зърното по размер, неговият химичен състав е богат на белтъчини, включително ензими, мазнини, витамини от групата В (и Е при пшеницата), минерални соли и антиоксиданти. Тази висока хранителна стойност има и своята отрицателна страна. При смилане и съответно разрушаване на зародиша се отделят мазнини, които в контакт с въздуха се окисляват (гранясват), влошават качеството на смлените продукти (вгорчават ги) и намаляват стабилността им при съхранение. Поради това, отделянето на зародиша от останалите млевни продукти е задължителен етап в съвременните технологии за преработка на зърно.

3. Химичен състав и хранителна стойност на зърното

Зърно е добре балансиран хранителен продукт. То съдържа почти всички вещества, необходими за правилното функциониране на човешкия организъм. Именно тази висока хранителна стойност го прави основна храна на човечеството.

Зрялото зърно съдържа средно:

- Въглехидрати, които се разделят на разтворими (65 - 75% от зърното) и неразтворими (наречени още фибри - 2 до 5% от зърното);
- Азотосъдържащи вещества, основно протеини - 8 до 14%;
- Мазнини - 1,5 до 8%;
- Минерални соли - 0,5 до 2,5%, за пшеницата средно 1,8%;
- Вода;
- Витамини и други микроелементи.

3.1. Въглехидрати

Въглехидратите служат като източник на енергия в живия организъм. Зърното съдържа малки количества от така наречените “прости” захари. Това са моно- и диглицериди, триглицериди и декстрини.

Основното количество въглехидрати са във вид на *нишесте*. Нишестето е съставна част на ендосперма и почти отсъства в обвивките. Количеството му е средно 60% от цялото зърно и 70% от ендосперма.

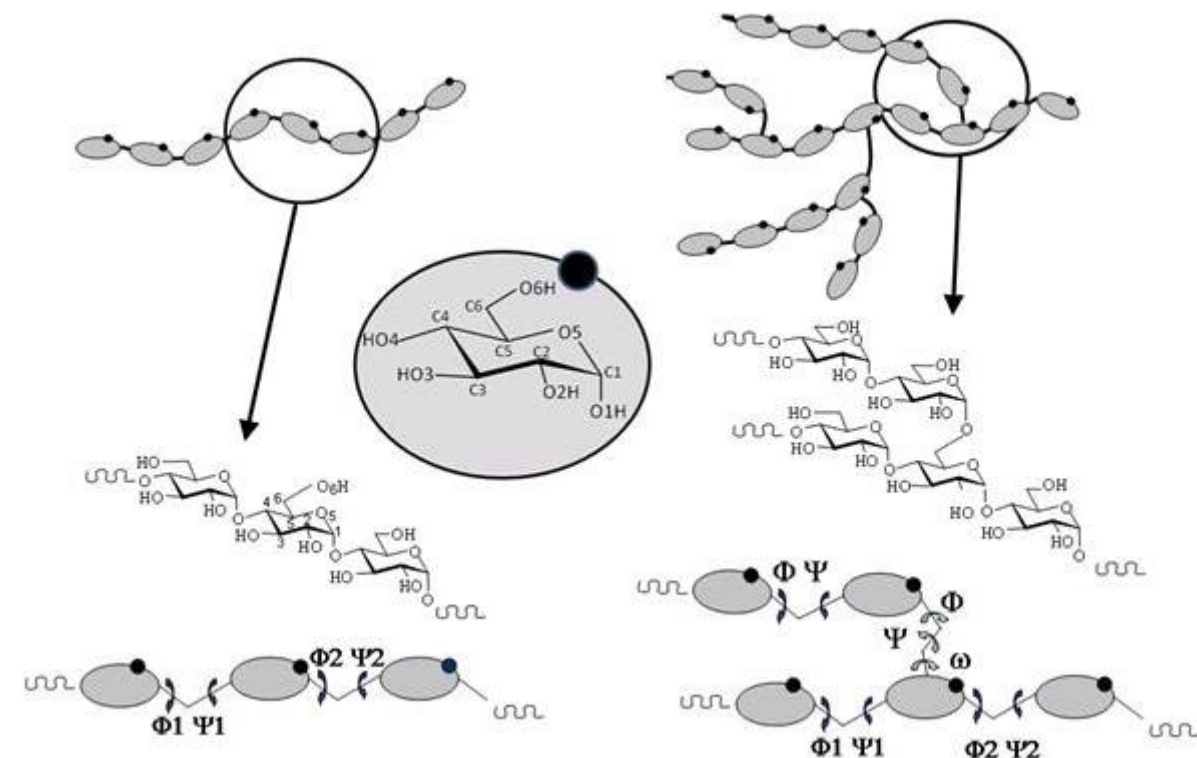
Нишестето е глюкозен полимер с α -конфигурация, главно в 1-4 свързване и рядко в 1-6 свързване (фиг. 3.1). То се среща в две форми: *амилоза*, която представлява прави неразклонени макромолекули¹ и *амилопектин*, при който молекулите са разклонени чрез 1-6 свързване.

Нишестето е неразтворимо в хладка вода. Когато се загрее то набъбва и поема вода до 10 пъти от масата си. Този процес се нарича клейстеризация (в миналото се използваше термина желатинизация).

Друг важен полизахарид в зърното е *целулозата*. Тя е глюкозен полимер също както нишестето, но в много по-стабилна структура. Стабилната структура се дължи на

¹Съвременните изследвания показват, че амилозата също е разклонена, но много слабо.

3. Химичен състав и хранителна стойност на зърното



Фигура 3.1.: Нишестето се състои от *амилоза* с линейна неразклонена структура (ляво на фигурата) и *амилопектин* с разклонена структура (дясно на фигурата). И двете са образувани от последователно свързани глюкози (в центъра сивата фигура).

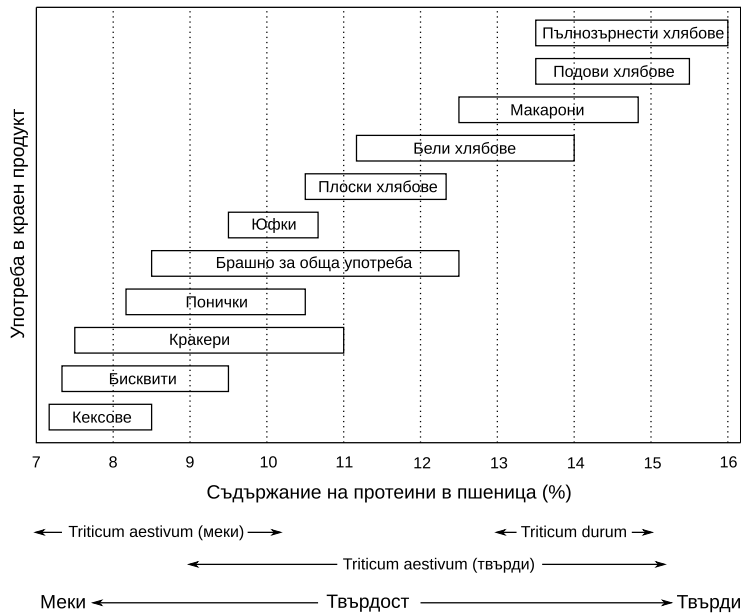
по-плътното разполагане на молекулите, заради β -конфигурацията им. Целулозата е основният структурен елемент, изграждащ обвивките на зърното. Количеството ѝ в ендосперма е малко - основно в клетъчните стени.

Целулозата почти не се усвоява от човешкия организъм и организма на други непрехватни животни. Ролята ѝ в храненето е като източник на баластни вещества, по-известни като фибри.

3.2. Протеини

Разградени до аминокиселини и пептиди, протеините служат за изграждане на органите и системите в живите организми. Те служат и като източник на енергия. Протеините се откриват в ендосперма, алеироновия слой, зародиша и малко в обвивките.

Голяма част от протеините в пшеницата са водонеразтворими и изграждат белтъчната матрица на ендосперма. Тези протеини образуват *глутена* на пшеницата. Глутенът притежава свойствата еластичност и разтегливост и чрез тези си свойства



Фигура 3.2.: Връзка между протеиновото съдържание на пшениците и употребата на брашната, получени от тях. Препечатано с изменения от Posner, E.S., Hibbs, N.H., 2005. Wheat Flour Milling (2nd edition), AACCI International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

той придава характерната шупливост на хлебните и някои сладкарски изделия.

Глутенът представлява хидратиран белтъчен гел, получен при отмиване с вода на къс тесто, замесено от смляно зърно (или брашно) + вода. Глутенът се състои основно от две белтъчни фракции *гладини* и *глютенини*. Той съдържа вода и малко количество въглехидрати и микроелементи.

Глутенът се среща главно при пшеницата и малко в ръжта. Глутенови вещества се съдържат в ечемика и други зърнено-житни култури.

Малък процент от хората на планетата не могат да усвояват глутенови протеини. Болестта се нарича цюлиакия или глутенова ентеропатия. Тези хора трябва да избягват храни, съдържащи глутен. Поради това, на етикетите на всички храни, задължително се посочва наличието или отсъствието на глутен.

Количеството и качеството на глутена са основни качествени показатели на пшеницата. Според тях пшениците се разделят на *силни*: с голямо количество глутен и добро качество и *слаби*: с малко количество глутен и ниско качество.

В зависимост от протеиновото си съдържание, пшениците и крайните продукти от тях се използват за направата на различни хлябни и сладкарски изделия (фиг. 3.2).

3. Химичен състав и хранителна стойност на зърното

3.3. Мазнини

Зърнено-житните суровини съдържат малко количество мазнини, главно в зародиша. Мазнините се разделят на *прости*: мазнини и восъци (високо полимерни алкохоли); *сложни* (фосфати, основно лецитин) и *циклични*.

При разрушаване на зърното и лоши условия на съхранение мазнините се окисляват и придават горчив вкус на зърното, брашната и другите зърнопродукти. Затова зародишът трябва да се отделя при смилане.

В цялото зърно окислението е забавено, тъй като мазнините по естествен начин са защитени от въздействието на кислорода на въздуха. Освен това в някои зърнено-житни, като овеса, са открити естествени антиоксиданти.

3.4. Минерални вещества

Минералните вещества в зърното са главно фосфати и сулфати на К, Mg, Са. Те са неравномерно разпределени в различните анатомични части на зърното:

- Ендоспермът съдържа от 0,3 до 0,5% минерални вещества.
- Зародишът - от 5 до 9%.
- Обвивките - от 5 до 10%.
- Средно в цялото зърно - от 1,6 до 2,2% минерални вещества.

Тази разлика в количеството на минералните вещества се използва за контрол на качеството на брашната. Нарича се пепелно съдържание².

Например:

Брашно тип 500 се състои основно от частици чист ендосперма. Поради това пепелното му съдържание е под 0,55%.

Брашно тип 700 съдържа малко количество обвивки и трябва да има пепелно съдържание $\leq 0,7\%$.

Брашно тип 1150 съдържа повече обвивки и пепелното му съдържание е $\leq 1,15\%$.

Брашно тип 1850 се нарича пълнозърнесто, тъй като цялото зърно, заедно с триците е смляно до брашно. Пепелното му съдържание е близко до това на цялото зърно и е $\leq 1,85\%$.

²Терминът “пепелно съдържание” идва от метода за определяне на минералните вещества. Пробите се изгарят при температура 600°C и остатъкът (пепелта) представлява минералното съдържание на пробата.

3.5. Витамини

Витамините са органични вещества, които в нищожни количества са необходими за нормалното функциониране на човешкия и животинския организъм.

В зърното се срещат:

- Провитамин А и провитамин D - в алейроновия слой, зародиша и малко в ендосперма.
- Витамин Е - в зародиша на пшеницата.
- Витамини В1, В2, В6, РР - в алейроновия слой и ендосперма.
- Витамин С - в не покълналото зърно *не се съдържа*. При покълване, количеството му рязко нараства.

Витамините са основно концентрирани в обвивките и алейроновия слой, следователно, колкото един продукт е по-богат на обвивки, толкова витамините в него ще бъдат повече.

4. Качествени показатели на зърното

4.1. Влажност

Влажността представлява масата на отделящата се при сушене влага. Изразява се най-често в % ($W, \%$). При търговията на зърно, влагата се определя на база общата маса на влажното зърно, тъй като така директно се вижда количеството на влагата в изкупуваната партида.

Тя се изчислява по следния начин:

$$\begin{aligned} W &= \frac{\text{маса на влажното зърно} - \text{маса на сухото в-во}}{\text{маса на влажното зърно}} \cdot 100 \\ &= \frac{\text{маса на влагата}}{\text{маса на влагата} + \text{маса на сухото в-во}} \cdot 100 \\ &= \frac{\text{маса на влагата}}{\text{маса на влажното зърно}} \cdot 100 \end{aligned}$$

В инженерните изчисления и в науката, често влагата се изразява в % спрямо масата на сухото вещество ($W_{с.в.}, \%$). Тя се изчислява както следва:

$$\begin{aligned} W_{с.в.} &= \frac{\text{маса на влажното зърно} - \text{маса на сухото вещество}}{\text{маса на сухото вещество}} \cdot 100 \\ &= \frac{\text{маса на влагата}}{\text{маса на сухото вещество}} \cdot 100 \end{aligned}$$

Влагата е неразделна част от зърното и зърнопродуктите (брашна и трици и др.) и се заплаща на същата цена, както и сухото вещество. И продавачът и купувачът са заинтересовани да знаят, колко от тази скъпа вода продават или купуват. Поради това към методите за определяне на влажността се предявяват специални изисквания:

- Влагосъдържанието да се определя бързо и точно.
- Една и съща проба, анализирана от различни анализатори в различни лаборатории, трябва да даде близки резултати.

За всяка зърнена суровина има базисни стойности на влагата, над- или под- които се прави корекция на масата при търговията. Базисната влага е 13% или 14% при повечето зърнено-житни, а при маслодайните е по-ниска.

4. Качествени показатели на зърното

Примери за корекция на масата (при базисна влага 13%):

- 100 kg зърно при 13% влажност тежи точно 100 kg и се заплаща за 100 kg.
- 100 kg зърно при 14% влажност тежи 99 kg (приблизително), т.е. заплаща се 99 kg.
- 100 kg зърно при 12 % влажност тежи 101 kg (приблизително), т.е. заплаща се 101 kg.

В една партида може да има зърна с различна влажност. Това се дължи на смесване на партиди, неточно определяне на влажността, струпване на примеси или зърно с висока влажност в отделни части на насипа, придвижване на влагата от места с по-висока температура към места с по-ниска температура и др.

Изискванията за продажба и съхранение са различни. При продажбата е важно да се знае средната влажност на партидата, докато при съхранението е важно да се знае максималната влажност в партидата. От максималната влажност зависи вероятността от развала (виж тема 5).

4.2. Обемна маса

Обемната маса е масата на единица обем зърно. Зърнената маса е смес от зърна и свободни пространства между тях. Съотношението на зърна към свободни пространства зависи от размера и формата на зърната и от състоянието на тяхната повърхност.

При равни други условия насип от зърна с груба повърхност ще съдържа повече свободни пространства, спрямо насип от зърна с гладка повърхност. Следователно, плевестите зърна ще имат по-малка обемна маса от голите. Обемната маса се измерва в килограми на хектолитър и варира от 60 до 85 *kg/hl*.

За всеки вид зърно съществува минимална стойност на хектолитровата маса, под която то не се изкупува или при изкупуването му цената се намалява. Обемната маса е под тази минимална стойност, когато зърното е отглеждано при неблагоприятни условия или е нападнато от болести и неприятели. В тези случаи в общата маса има множество повредени и недоразвити зърна.

Обемната маса се измерва чрез специални устройства, наречени *храномери*. Методът за определяне е относително прост, но трябва да се внимава, да не се уплътнява зърното при запълването на цилиндрите.

4.3. Стъкловидност

Виж тема 2 част: Ендосперм.

4.4. Киселинност

Показателят е титруема киселинност и определя количеството на кисело реагиращите вещества в зърното. Измерва се в киселинни градуси и представлява количеството 1 N натриева основа (в cm^3), необходима за неутрализирането на киселите вещества в 100 g смляно зърно.

Кисело реагиращите вещества в зърното са:

- протеини с карбоксилни групи;
- мастни киселини, получени при разграждането на мазнините;
- фосфорна киселина и други органични киселини.

Повишаването на киселинността е показател за влошаване качеството на зърното. Получава се при продължително съхранение или краткотрайно, но неправилно съхранение. Плесенясването, самозагряването или прорастването също водят до повишаване на киселинността.

Киселинността се определя на суспензии от смляно зърно, водни или алкохолни извлеци. Тези методи не дават ясна и точна представа за условията и продължителността на съхранението, затова като по-добър метод се счита определянето на количеството свободни мастни киселини в пробата.

4.5. Органолептични качествени показатели

Органолептичните качествени показатели са *цвят, мирис и вкус*. Те се определят чрез човешките сетива. Определянето им е бързо и евтино, но изисква “скъпи хора”. От друга страна човешките сетива са относителни и зависят от физиологичното и психическо състояние на анализатора.

Цветът е един от първите показатели, които човекът възприема, поглеждайки даден обект. Зърното трябва да има характерен за вида, сорта и подвида цвят. Всяко отклонение от него е признак за развала. Тази развала може да се получи от полето, по време на съхранение или при преработка. Например: зърна повредени от плесенни гъби могат да придобият розов, зелен или черен цвят; зърна повредени от пресушаване или неправилно съхранение биват тъмнокафяви, сиви или обезцветени.

Мирисът се дължи на летливите ароматни вещества, които човекът възприема. Здравото, прясно прибрано зърно, без примеси има характерен мирис на слама.

Мирисът се променя поради две причини:

- Сорбиране на страничен мирис от плевелни примеси, съдържащи етерични масла. Този мирис е неустойчив и се отделя при почистване, проветряване или преработка.

4. Качествени показатели на зърното

- Разграждането на химични вещества в зърното може да доведе до появата на складов мирис, малцов мирис, мирис на прораснало зърно, плесенен мирис, мирис на запарено или гнилостен мирис.

Развитието на складови вредители също променя мириса.

Вкусът може да бъде сладникав - характерен за пораснало или измръзнало зърно, горчив - от разграждане на мазнини или кисел - от ферментация.

5. Дишане на зърното при съхранение

5.1. Същност

Дишането е сложен биохимичен процес на разграждане на въглеhidрати (и не само въглеhidрати) под действието на ензими (фиг. 5.1).

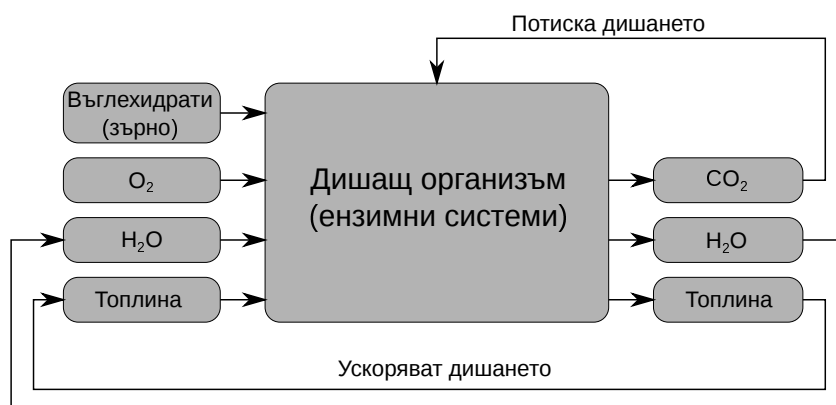
За да започне процеса дишане е необходимо да имаме: *въглеhidрати*; *кислород*; *вода*, в която да протичат процесите; *топлина* и разбира се жив организъм със своите *ензимни системи*.

В резултат на дишането се отделят: *въглероден диоксид*; *влага* и *топлина*. Въглеродният диоксид, натрупан в големи количества потиска дишането, докато влагата и топлината ускоряват дишането.

Посоченият по-горе механизъм е валиден за аеробното дишане. Тоест дишане с участието на кислород. При изчерпване на кислорода някои живи организми преминават към анаеробно дишане (без участието на кислород), при което се образува алкохол, млечна киселина и др.

В насаipa дишат *всички живи организми*. Ранните изследвания на дишането не правят разлика между дишането само на зърното и дишането на микроорганизмите по него. Понастоящем се счита, че зърното отговаря за едва 10% от дишането, а останалите 90% се дължат на микроорганизмите, главно плесенните гъби. Това, разбира се, е валидно за зърно в покой - при влажности до 30%. При покълване на зърното интензивността на дишането му рязко нараства.

Плевелните примеси и складовите вредители в насаipa също дишат при наличие на кислород.



Фигура 5.1.: Схема на процеса "дишане".

5. Дишане на зърното при съхранение

5.2. Следствия от процеса дишане

Дишането е нежелателен процес, тъй като води до загуба на сухо вещество, изменение в състава на междузърнения въздух, повишаване на влажността и температурата на насипа.

Загубата на сухо вещество зависи от интензивността на дишането. Например: при влажност на зърното 16,6 - 17% за 45 дни се загубва до 0,15% сухо вещество, а за 90 дни - до 0,26%. При добро съхранение, т.е. ниска интензивност на дишане, загубите на сухо вещество са незначителни.

Кислородът в междузърнения въздух постепенно намалява, а количеството на въглероден диоксид нараства. С изчерпването на кислорода започва анаеробно дишане т.е. алкохолна или млечнокисела ферментация. Следствие на това зародишът загива и кълняемостта на зърната намалява. Този процес може да има и положително влияние при съхранението - получава се *самоконсервиране*¹.

Увеличаването на влажността от дишането води до по-благоприятни условия за развитие на микроорганизмите, нарастване на броя им и следствие от това до допълнително интензифициране на процеса.

10% от енергията на дишането се използва за поддържане на жизнените процеси. Останалите 90% се отделят в пространството във вид на *топлина*. Тази топлина ускорява дишането и спомага за развитието на микроорганизми и складови вредители. Зърненият насип е относително изолирана система. Образованата топлина не може лесно да се отдели. Тя се акумулира в насипа и води до повишаване на неговата температура. Процесът се нарича САМОЗАГРЯВАНЕ и ако не се спре навреме, може бързо да ескалира и да доведе до пълна развала на зърното.

5.3. Фактори, определящи интензивността на дишането

Главните фактори, които определят интензивността на дишането са: влажността; температурата; състава на газовата среда и състоянието на зърното.

Влажност Влажността е най-важният показател, от който зависи устойчивостта на зърното при съхранение. Понастоящем *плесенните гъби се считат за основна причина за развалата на зърното и зърно продуктите* от жътвата до крайната им употреба и консумация. Три фактора на околната среда определят развитието на плесенните гъби - влажността, температурата и продължителността на съхранение. От тях най-същественят е влажността.

В обхвата 14-18 % разлика във влажността от +/-0,5% или дори по-малка оказва съществено влияние върху вида на плесенните гъби, скоростта на развитието им и щетите, които нанасят като цяло². При влажности по-ниски от 14% зърното е сухо

¹Използва се за съхранение на влажно зърно, но поради промените в мириса и вкуса и настъпването на някои други нежелателни процеси, самоконсервирането се прилага рядко и само за зърно, предназначено за фуражни цели.

²Тези примери се отнасят за зърнено-житните суровини. Аналогични са разсъжденията и за маслодайните, но при по-ниски стойности на влажността.

5.3. Фактори, определящи интензивността на дишането

Таблица 5.1.: Препоръчвани максимални влажности на някои зърнени суровини за продължително съхранение.

Вид зърно	Продължителност на съхранение	
	< 1 година	> 1 година
Ечемик	13%	13%
Царевица	14%	13%
Фасул	14%	14%
Соя	12%	11%
Слънчоглед	8%	8%
Рапица	8%	7,5%
Пшеница	13%	13%

и устойчиво на продължително съхранение. В интервала от 14 до 17% зърното се счита за влажно и се съхранява краткотрайно чрез вентилиране и охлаждане, а над 17% зърното е мокро и задължително трябва да се подсуши преди съхранение.

За всяка зърнена суровина съществува критична влажност, над която влагата в зърното е слабо свързана (нарича се свободна влага) и може да участва в биохимични процеси. За повечето зърнени суровини критичната влажност е в интервала 13-14%. Продължителното съхранение трябва да се извършва при влажности по-ниски от критичната, т.е. да се съхранява сухо зърно (табл. 5.1).

Температура За да имаме дишане е необходима топлина. При *температури под 10 °C* дишане не се наблюдава (но под *0 °C* има опасност от измръзване на зърното, което също е нежелателно).

Дишането е много слабо при *температури от 0 до 10 °C* и на практика, не се наблюдава, дори при зърно с повишена влажност. В този температурен интервал дишат само акарите³.

Температури от 23 до 40 °C са оптимални за развитието на микроорганизмите (плесенните гъби) и близки до оптималните за развитието на складовите вредители. Следователно интензивността на дишането в този интервал е най-голяма. За продължително безопасно съхранение на зърното се препоръчва температурата му, възможно най-бързо, да се понижи под *20 °C*, най-добре - под *10 °C*.

Температури по-високи от 50 °C водят до постепенна смърт на всички живи организми и дишането рязко намалява. При тези температури могат да дишат само някои термофилни бактерии.

Състав на газовата среда С изключение на някои видове бактерии и дрожди, всички живи организми в насипа се нуждаят от кислород, за да дишат. В хода на дишането, кислородът в междузърненото пространство постепенно се изчерпва и

³Складови вредители от клас паякообразни. Студотолерантен клас. Акарите се развиват при температури над *7 °C*.

5. Дишане на зърното при съхранение

интензивността на дишането намалява.

Състояние на зърното *Недозрелите зърна* дишат 2-3 пъти по-интензивно от добре узрелите, а обикновено имат и по-висока влажност.

Спаружените и начупените зърна, както и тези с *повредени обвивки* дишат по-интензивно, поради повечето микроорганизми по повърхността им. Обвивките служат като защита на зърното от микроорганизми. При тези зърна обвивките са нарушени и микроорганизмите имат лесен достъп до богатия на хранителни вещества ендосперм.

Някои примеси като *недозрели (зелени) зърна на плевели, зелени части от растения и др.* имат много интензивни метаболитни процеси. Затова дишат много интензивно и отделените от дишането им топлина и влага "стартират" дишането на микроорганизмите.

Минералните примеси действат индиректно върху дишането като увеличават микроорганизмите в насипа.

Следователно, за да се ограничи дишането е необходимо зърното преди съхранение да се почисти от примеси.

Насекомите и паякообразните могат да дишат интензивно при ниска влажност на зърното. От една страна те увеличават броя на микроорганизмите в насипа, а от друга - отделената от дишането им влага и топлина вече позволява на микроорганизмите да започнат интензивно дишане. Дишането бързо ескалира и температурата на насипа рязко се увеличава. Процесът се нарича **СУХО САМОЗАГРЯВАНЕ** и е много опасен, тъй като може да протече при зърно с *ниска първоначална влажност*.

5.4. Обобщение

Дишането е силно нежелателен процес, тъй като води до загуба на сухо вещество и цялостна развала на зърното. За да се ограничи, зърното трябва да се съхранява *сухо* при възможно *най-ниски температури*, предварително да се *почисти* от примесите и *да не се допуска* появата и развитието на *насекоми и паякообразни*.

6. Зърнохранилища - изисквания, видове, вентилиране

6.1. Изисквания

6.1.1. Функционални

- Да осигуряват необходимата вместимост.
- Да осигуряват механизирано запълване и изпразване.
- Да позволяват съхранение на различни видове зърно и разделянето им на партии по качество.
- Да позволяват активно вентилиране на зърнения насип.
- Да осигуряват автоматичен контрол на състоянието на зърното по време на съхранение.

6.1.2. Строителни

- Да издържат на налягането на насипа, упражнявано върху стените и пода. Това са *статичните натоварвания*.
- Да издържат на *динамични натоварвания* като:
 - Удари на зърното по пода и стените при запълване.
 - Вибрации от машините в зърнохранилището.
 - Вибрации от околната среда като: движение на автомобили и влакове по транспортните артерии в близост до зърнохранилището; земетресения; ветрове и др.
- Да имат оптимална дълговечност.

6.1.3. По отношение защитата на зърното

- Да предпазват зърното от дъжд, мъгла, сняг, почвена влага и навлажняване от термовлагопроводност¹.

¹Представлява придвижване на влагата от места с по-висока температура към места с по-ниска температура.

6. Зърнохранилища - изисквания, видове, вентилиране

- Да предпазват зърното от гризачи, птици, домашни животни, несвойствен мирис, крадци и биотероризъм.
- Да са устойчиви на огън и да предотвратяват прахови експлозии.
- Да позволяват ефективна борба с вредителите, включително газово обеззаразяване. Да бъдат лесни за почистване, без застойни зони за развитие на вредителите в тях.
- Да позволяват лесен достъп до зърното за инспектиране и вземане на проби. Да имат подходящи стълби, люкове, пасарелки и др., които да бъдат безопасни за хората.

6.1.4. Изисквания за защита на околната среда

- Да не замърсяват околната среда с прах, примеси и зърно.

6.1.5. Изисквания по отношение здравето на обслужващия персонал

- Да осигуряват подходяща защита на персонала от производствени аварии, прах, шум, вибрации и др.
- Всички дейности да се извършват с възможно най-малко труд, а там където това не е възможно - трудът да бъде максимално облекчен.

6.2. Видове

Съществуват много видове зърнохранилища. Теоретично всяка вместимост може да бъде зърнохранилище. По-долу е дадена класификация на най-често използваните индустриални и фермерски зърнохранилища (фиг. 6.1).

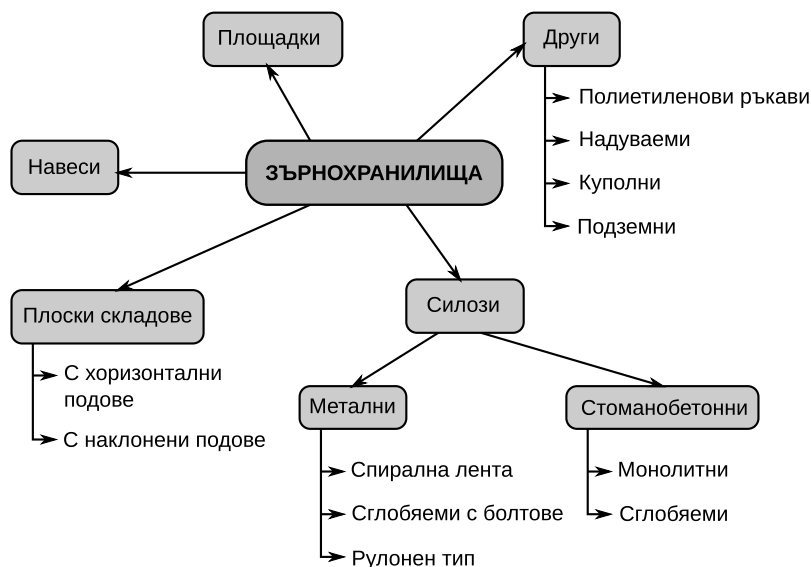
6.2.1. Плоски складове

Плоските складове представляват правоъгълни масивни сгради. Подът им е плосък, бетониран, обикновено повдигнат над земята на височина $0,5 - 0,8\text{ m}$.

Размерите на складовете са: дължина $42, 48, 54, 60\text{ m}$ (през 6 m), ширината е $15, 18, 20, 24\text{ m}$, височината на стената е $2,5 - 3\text{ m}$, а центърът на насипа е висок $7 - 8\text{ m}$. Вместимостта на един склад е до 3500 t .

Запълването става изцяло механизирано чрез транспортър (редлер), разположен по цялата дължина на склада. Редлерът има отвори през разстояние 3 m , от които зърното изтича и запълва склада.

Изпразването на склада става като в центъра, по цялата му дължина, е изграден проходим тунел. В тунела е поставен транспортър, свързан чрез самотечни тръби с правоъгълни отвори в пода на склада. Този транспортър може да извади до $2/3$ от зърното. Останалата част остава натрупана покрай стените и се изважда с подвижна механизация, която придвижва зърното до най-близкия отвор.



Фигура 6.1.: Класификация на видовете зърнохранилища.

Предимства: ниската височина на насипа позволява активно вентилиране с голям дебит на въздуха и възможности за съхранение на зърно с влажности по-високи от критичните.

Недостатъци: ниска степен на механизация, т.е. много ръчен труд; заемат голяма площ за съхранение на единица обем зърно.

6.2.2. Метални силозни клетки

Металните силозни клетки са изградени от стоманена ламарина. Основен проблем при тях е корозията. Понастоящем поцинковането осигурява до 50-те години устойчивост.

Металните клетки са най-често с кръгли напречни сечения (фиг. 6.2). Диаметърът им е 3 – 23 m, а височината на цилиндричната част - до 22 m. Покривът е метален, конусен.

Дъната са два типа:

- метални, конусни - използват се при клетки с диаметър по-малък от 7 m;
- бетонни, плоски - използват се при клетки с диаметър над 7 m.

Вместимостта варира в широки граници от 50 до 16 000 t.

При най-масовата конструкция, стените и покривът са изградени от отделни листов ламарина, свързани с болтове. Листовете са с вълнообразен профил за по-голяма здравина.

Цялото зърно не може да се извади по самотек при клетките с голям диаметър. Известно количество зърно остава покрай стените. То се изважда чрез *планетарен*

6. Зърнохранилища - изисквания, видове, вентилиране



Фигура 6.2.: Силоз с метални клетки.

шнек, наречен още “измитац” (фиг. 6.3). Планетарният шнек представлява шнек, който се върти около собствената си ос и едновременно с това обикаля около центъра на клетката. Въртейки се той придърпва зърното към централния отвор, откъдето то се извежда.

Предимства: евтини, лесно и бързо се изграждат; относително добре механизирани.

Недостатъци: кратък експлоатационен срок; стените и покривът имат голяма топлопроводност. Колебанията в температурата на околния въздух бързо се предават на зърното, при което може да се стигне до кондензиране на водни пари и от там до навлажняване и развала.

6.2.3. Стоманобетонни силози

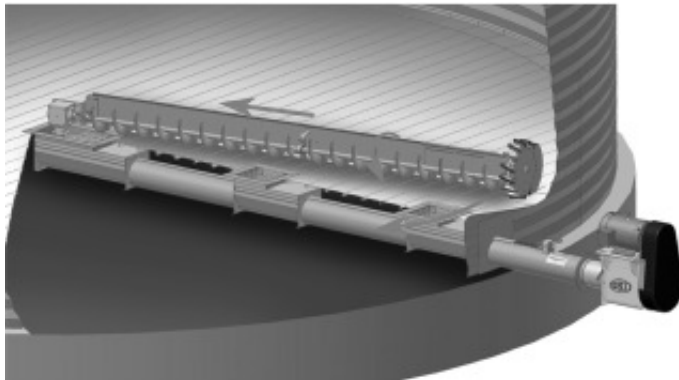
Стоманобетонът представлява мрежа от стоманени пръти, наречена арматура, запълнена с бетон. Тази комбинация метал + бетон дава много добра якост на конструкцията, както на натиск и опън, така и на огъване.

Сечението на клетките може да бъде цилиндрично, правоъгълно или многоъгълно. Цилиндричните клетки се строят прилепени една към друга. Група от няколко клетки образуват силозен корпус. Между всеки четири цилиндрични клетки се образува пространство със звездообразно сечение. То също се използва за съхранение на зърно и се нарича “звездочка” (фиг. 6.4).

Диаметърът на клетките е 5 – 7 m.

Височината им зависи от товарносимостта на почвата и е най-често 20 – 40 m.

Предимства: висока степен на механизация и автоматизация; дълговечни; съхраняват големи количества зърно върху малка площ.



Фигура 6.3.: Схема на планетарен шнек. Шнекът се върти около собствената си ос и придърпва зърното към централния отвор, като едновременно с това обикаля около центъра на клетката и “измита” пода.

Недостатъци: скъпи; бавно строителство; неефективно вентилиране поради голямата височина на насипа; затворени с опасност от прахови експлозии и сериозни щети, включително човешки жертви.

6.3. Активно вентилиране

Процесът на активно вентилиране е известен от далечни времена, но масовото му използване започва след 1950 година. Възможностите за икономично поддържане качеството на зърното го прави неизменна част от всяко съвременно зърнохранилище.

Вентилирането представлява принудително придвижване на атмосферен въздух през зърнения насип, чрез вентилатори, подходящо разположени вентилационни канали и отвори (“комини”) за отделяне на преминалия през зърното въздух².

Вентилирането се основава на свойството поръзност. Зърненият насип не е плътен. Между отделните частици има захванат въздух и структурата на насипа е пореста. Това позволява придвижването на флуиди, в случая въздух, през порите.

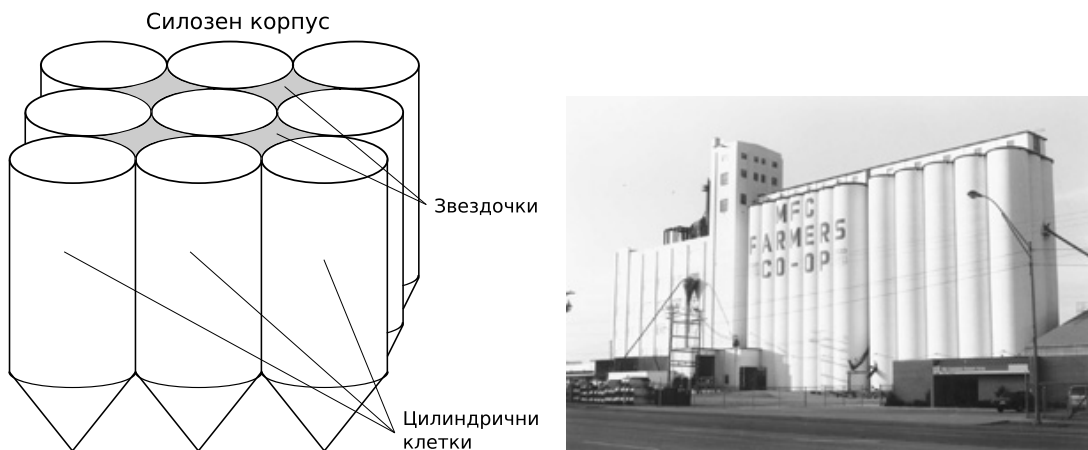
Целите на вентилирането се разделят на *основни и спомагателни*.

ОСНОВНИТЕ ЦЕЛИ са:

- *Охлаждане* - служи за подтискане на всички жизнени процеси в насипа, предотвратяване на самозагряването и спиране на вече започнал процес на самозагряване.

²Това определение се отнася за нагнетателна вентилация, при която въздухът навлиза в основата на насипа, придвижва се нагоре и излиза през “комините” на зърнохранилището.

6. Зърнохранилища - изисквания, видове, вентилиране



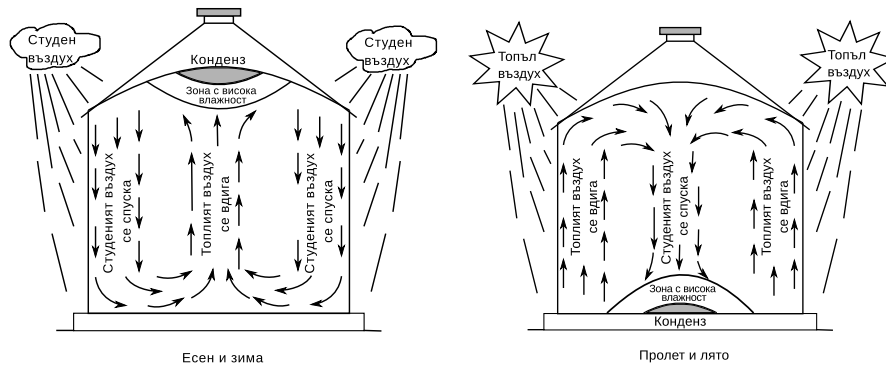
Фигура 6.4.: Схема и снимка на стоманобетонен силоз. Пространствата между клетките също се използват за съхранение и се наричат “звездочки”.

- *Подсушаване* - т.н. нискотемпературно сушене.

СПОМАГАТЕЛНИТЕ ЦЕЛИ са:

- Изравняване на температурата и влажността в целия насип. Разлики в температурите на отделни зони в насипа създават условия за придвижване на влагата от места с по-висока температура към места с по-ниска температура (нарича се *термовлагопроводност*). По този начин отделни слоеве на насипа се навлажняват и започва развитието на нежелателни процеси на развала. Освен това, ако температурата на насипа не е еднаква, топлият въздухът в междузърненото пространство се придвижва нагоре, а студеният - надолу. Топлият въздух може да срещне слоеве с ниска температура и влагата в него да кондензира по повърхността на студените зърна и да започне развала. Тези явления се наблюдават през есента и зимата или през пролетта и лятото (фиг. 6.5). Вентилирането изравнява влажността и температурата в целия насип и така ограничава описаните нежелателни процеси.
- Премахване на нехарактерен мирис.
- Запазване на жизнеността и кълняемостта на зърното. Вентилирането поддържа концентрацията на O_2 на нивата на околния въздух и запазва и понякога увеличава кълняемостта.
- Прилагане на фумиганти (газови пестициди) за борба със складовите вредители.
- Кратковременно съхранение на влажно зърно преди сушене.
- Охлаждане на зърното след сушене.

6.3. Активно вентилиране



Фигура 6.5.: Движение на междузърнения въздух при неговото охлаждане или загряване и местата за образуване на конденз. Тези явления се дължат на сезонните изменения на температурата на околния въздух.

Вентилирането на зърнените суровини, които се жънат в топлите летни месеци се извършва на три цикъла - *летен, ранно есенен и късно есенен*. Използва се студеният нощен въздух, като влажността му се следи, за да не се допусне навлажняване на зърното³.

Летният цикъл започва след или по време на жътвата. Температурата на насипа се понижава до $24 - 25^{\circ}\text{C}$.

Ранно есенният цикъл се извършва през септември и октомври и понижава температурата на насипа до под 20°C . При тези температури развитието на почти всички складови вредители е прекратено или силно забавено. Ограничава се и дишането на микроорганизмите.

Късно есенният цикъл се извършва в края на ноември или началото на декември и понижава температурата до 10°C . При тези температури всички жизнени процеси в насипа са силно ограничени и зърното може да се съхранява продължително време без опасност от развала. Охлаждане до температури под 10°C не се препоръчва.

³Използват се специални контролери за оптимално управление на вентилаторите.

Част II.

Технология на мелничарството

7. Въведение - основни технологични операции

В тази част е разгледано смилането на меки пшеници до брашна. Принципите залегнали в нея са общи за мелничарството и с известни разлики се прилагат и при смилането на твърди пшеници, ръж, ечемик, овес, царевица и други зърнени суровини.

Основните операции в една мелница са: приемане и съхранение на зърното; подготовка на зърното за смилане; смилане; и съхранение и обработка на брашната и другите зърнопродукти (фиг. 7.1).

Първите операции са приемане, грубо почистване и съхранение. Зърното пристига чрез автотранспорт, ЖП транспорт или чрез речни и морски кораби. Съвременните мелници са с високи производителности (100 - 400 t/24h и повече) и изискват регулярни доставки на зърно. Съоръженията за приемане са с много висока производителност, тъй като разтоварването трябва да става бързо, без задържане¹. Мелниците разполагат с достатъчни вместимости за съхранение на сухо зърно. Те осигуряват равномерна работа в рамките на няколко денонощия.

Следващите операции подготвят зърното за смилане и обхващат смесването, почистването и кондиционирането. Сухото зърно се съхранява на партиди с различно качество. Мелничарят смесва партидите така, че получената смес да притежава оптимални за смилане свойства и произведеното брашно да удовлетворява изискванията на потребителите.

Вече подготвеното зърно се смилва чрез валцмашини. Схемата за смилане е сложна и включва последователност от различни процеси.

Последните операции са съхранение на готовите брашна, смесване на брашна с различни показатели, тяхното коригиране, обогатяване с биологично активни вещества (витамини, микроелементи и др.), пакетиране и експедиция.

¹Задържането на транспортните средства се заплаща допълнително.

7. Въведение - основни технологични операции



Фигура 7.1.: Схема на основните технологични операции при производството на брашна.

8. Почистване на зърното от примеси

Зърното пристига в мелниците по няколко пътя: директно от полето; от зърнохранилища или от внос през зърнохранилища към мелниците. Следователно зърното ще съдържа примеси, които могат да дойдат от полето, да се появят по време на съхранението и транспорта или да попаднат случайно.

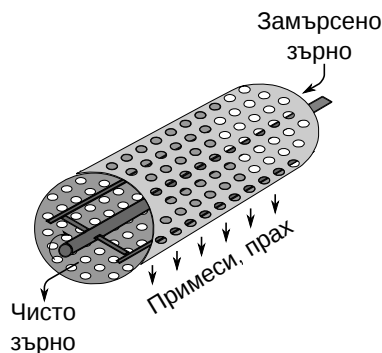
Примесите се разделят на следните групи:

- Чужди:
 - инертни:
 - * органични - цветни плевни, сламки, клечки, листа, екскременти на гризачи, косми, хартия, дърво, чували и др;
 - * минерални - камъчета, пръст, прах и др;
 - * метални - стружки, парчета от машини, болтове, пирони и др.
 - плевелни - семена на плевели. Те биват:
 - * влошаващи цвета, мириса и вкуса на брашната;
 - * отровни плевелни примеси - семена на отровни растения;
 - * влошаващи условията на съхранение - зелени, незрели семена на плевели, които дишат интензивно.
 - зърна повредени от болести - главни, фузариози, мораво рогче и др.
- Зърнени:
 - семена на други зърнени култури;
 - начупени зърна от основната култура;
 - покълнали зърна;
 - зърна, повредени от самозагриване или сушене при високи температури;
 - силно недоразвити, спарушени зърна;
 - механично смачкани зърна.

Примесите трябва да се премахнат преди смилане, защото:

- Някои от тях са отровни.
- Променят цвета, мириса и вкуса на брашната.
- Камъчетата и металните примеси могат да предизвикат искри и пожари.

8. Почистване на зърното от примеси



Фигура 8.1.: Схема на машина за повърхностна обработка на зърното.

- Примесите повреждат машините.

Почистването на зърното се основава на разлики в размерите и физичните характеристики на чистото зърно и примесите.

8.1. Сухо почистване

Целта на сухото почистване е да се премахнат полепналите по зърното прах, кал и микроорганизми. Премахва се и брадичката. При тази обработка зърното частично се *стерилизира*.

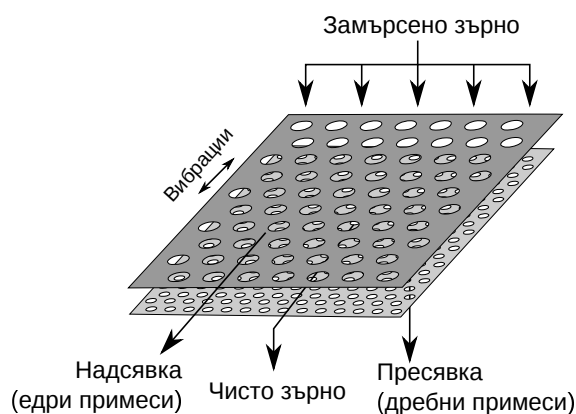
Повърхностната обработка се извършва на така наречените *шелмашини* (фиг. 8.1). Машината се състои от перфориран метален цилиндър, в който се върти ротор с перки. Зърното попада в единия край на машината. Роторът поема зърното и го удря и стрива по металния цилиндър. Така повърхността му постепенно се изгъргва и зърното се придвижва към изхода. Прахът преминава през отворите на цилиндъра и се отделя. След машината почистеното зърно трябва да премине и през въздушен сепаратор (аспирационна колонка) за отделяне на останалия прах.

8.2. Почистване по разлика във формата и размерите

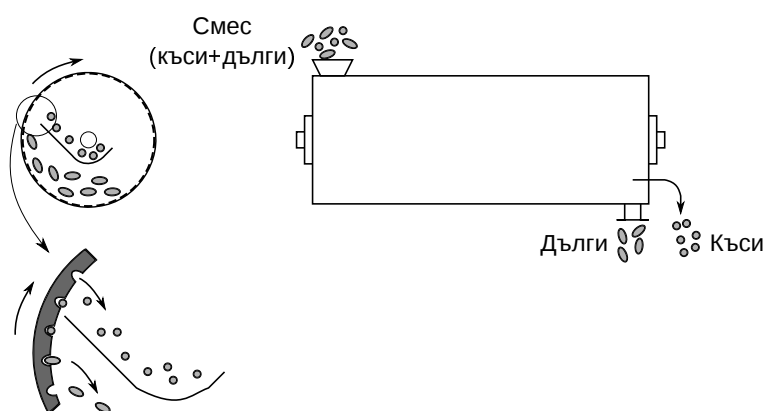
Примеси, *по-големи или по-малки* от зърното се отделят на сита от перфориран метал. Отворите на ситата зависят от размера на зърното. Обикновено ситата се комбинират по двойки - едро и дребно сито, разположени едно над друго. Над едрото сито се отделят примеси с размери по-големи от зърното, а през дребното сито преминават примеси с размери по-малки от зърното. Между двете сита се отделя почистеното зърно (фиг. 8.2).

Замърсеното зърно се подава в единия край на ситата, равномерно разпределено по цялата ширина на рамките. Ситата извършват възвратно постъпателни или вибриращи движения. Повърхността им се почиства чрез гумени топчета или други механизми.

8.3. Почистване по разлика в дължината



Фигура 8.2.: Схема на разположението на ситата в ситовия сепаратор.



Фигура 8.3.: Схема на цилиндричен триор за разделяне на късите от дългите частици.

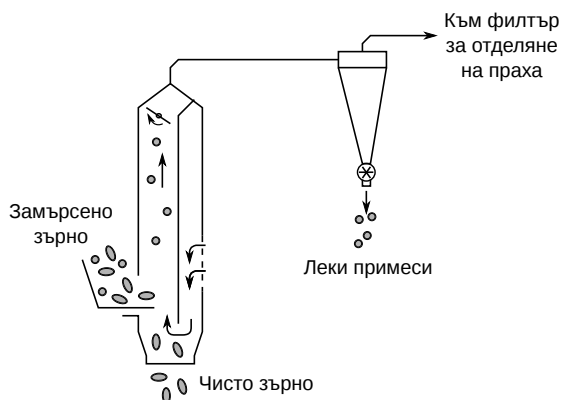
Машината се нарича *ситов сепаратор* и най-често завършва с аспирационна колонка за отделяне на леките примеси (виж по-долу). Тази комбинация се нарича *ситово-въздушен сепаратор*.

8.3. Почистване по разлика в дължината

Частичи *по-дълги или по-къси* от зърното, но с *подобни диаметри*, се отделят чрез *триорни* цилиндри или дискове. По повърхността на цилиндрите или дисковете са оформени килийки. В тях попадат целите зърна и примесите. Цилиндърът или дискът, въртейки се, се издигат и по-дългите частици падат по-рано от по-късите. Късите се събират в специално корито и чрез шнек се отделят от машината (фиг. 8.3).

Тези машини се наричат *триори*.

8. Почистване на зърното от примеси



Фигура 8.4.: Аспирационна колонка за отделяне на праха и леките примеси от зърното. Леките примеси се утаяват в циклон, а прахът се отделя във филтър.

8.4. Почистване по разлика в аеродинамичните характеристики

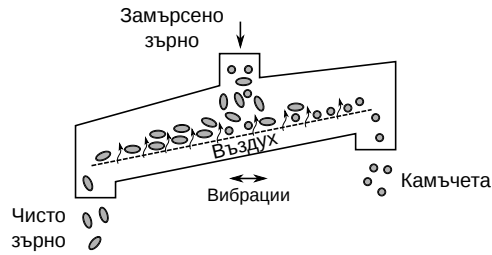
Скоростта, с която частиците падат във вертикален въздушен поток, зависи от силата на гравитацията и въздушното съпротивление на частиците. По-леките могат да си отнесат, а тежките падат надолу. Това зависи от масата на частиците и съотношението - външна повърхност:обем.

Отделянето на леките примеси се извършва на машини наречени *аспирационни колонки* (фиг. 8.4). Зърното се среща с вертикален въздушен поток, който отнася по-леките примеси, а чистото зърно и тежките примеси падат надолу.

Скоростта на въздуха се регулира, чрез специални клапи или чрез промяна в сечението на въздушния канал. Въздушният поток се регулират така, че в отнесените примеси да не попадат цели и здрави зърна.

8.5. Камъкоотделителна машина

Тази машина отделя примеси по-тежки от зърното, като: камъчета; пръст и др. Машината се състои от вибрираща наклонена повърхност, върху която се разстила замърсеното зърно (фиг. 8.5). През зърното се пропуска въздух, при което слой се флуидизира (придобива свойства на течност). По-тежките частици "потъват" в долната част на слоя и застават в непосредствен контакт с вибриращата повърхност. Минералните частици имат по-голям коефициент на триене с наклонената повърхност и вибрациите ги придвижват нагоре по наклона, а зърното се спуска надолу.



Фигура 8.5.: Схема на камъкоотделителна машина.

8.6. Магнитни сепаратори

Металните примеси попадат в зърното от машините, използвани при жътвата, транспорта, съхранението и преработката. Тези примеси са нежелателни, защото могат да преминат в крайните продукти. Ако фините и остри частици попаднат в храносмилателната система на хората и животните те могат да причинят тежки травми с усложнения и дори смърт.

Отделянето на металните примеси става чрез магнити. Зърното преминава в равномерно тънък слой покрай повърхността на магнита, при което металните примеси залепват и се отделят от общия поток.

8.7. Примерна последователност на машините в почистващото отделение на мелницата

В зърнопреработвателната промишленост масово се използва гравитацията за придвижване на продуктите от една машина към друга. На посочената схема (фиг. 8.6), замърсеното зърно се издига с транспортър, след което последователно преминава през машините за почистване.

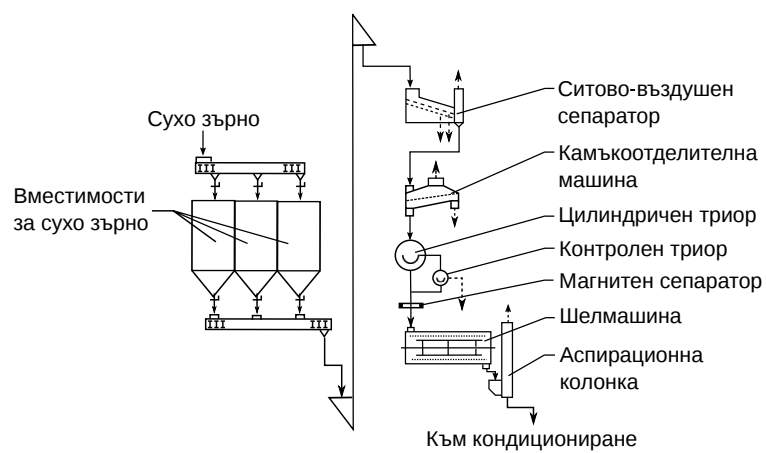
Първата почистваща машина обикновено е ситов сепаратор с аспирационна колонка. След нея следва камъкоотделителна машина за отделяне на минералните примеси. Тя се поставя преди триора, тъй като триора отделя плевелни примеси и начупено зърно, които се използват за фураж и те не трябва да съдържат минерални примеси.

Магнитните сепаратори се поставят задължително преди машини с ударно или стриващо действие, защото при удар могат да предизвикат искри и да възпламенят органичния прах в машините. При това възниква мощна прахова експлозия и пожар¹. Затова преди шелмашината е поставен магнитен сепаратор.

Почистеното от примесите зърно се отправя към следващата операция - кондициониране.

¹Праховите експлозии причиняват тежки разрушения и човешки жертви в зърнопреработвателната промишленост. Затова тази промишленост е поставена на челните места по клас на пожароопасност.

8. Почистване на зърното от примеси



Фигура 8.6.: Типично разположение на машините за почистване на зърното в подготвителното отделение на мелницата.

9. Кондициониране на зърното

9.1. Същност и цели

Основната задача на мелничарството е ендоспермът да се отдели, колкото се може по-пълно от обвивките. Така биха се получили максимално количество бели брашна. Съхраняваното зърно не притежава оптималните физични свойства за превръщането му в брашно. Преди смилане то трябва да се преведе в подходящо състояние, тоест да се кондиционира.

Целите на кондиционирането са:

- Обвивките да станат по-жилави и по-трудно смилаеми.
- Обвивките да се отделят по-лесно от ендосперма.
- Ендоспермът да стане по-крехък и лесно смилаем.
- Да се подобри пресяването на брашната.

Всичко това ще доведе до получаването на повече брашна от чист ендосперм, без обвивки в тях, т.е. бели брашна. Кондиционирането води и до намаляване на енергията за смилане и свързаните с нея разходи.

9.2. Как се кондиционира зърното?

Кондиционирането се постига *чрез навлажняване*. С увеличаване на влажността обвивките стават по-жилави, а ендоспермът по-крехък. Навлажняването над определена оптимална влажност има отрицателен ефект - слепването между обвивките и ендосперма е по-силно и ендоспермът по-трудно се отделя. Освен това ендоспермът става "лепкав" и пресяването на брашната се затруднява.

Оптималната влажност зависи от:

- *твърдостта на зърното;*

За оптимални физични свойства твърдото¹ зърно трябва да се навлажнява до по-висока влажност от мекото.

- *необходимата влажност на крайните, готови продукти.*

Крайните продукти трябва да бъдат устойчиви на съхранение. За всеки продукт съществува максимално допустима влажност, над която микроорганизмите започват да се развиват и продуктът се разваля. (Виж въпрос 5). За

¹Физически по-твърдото.

9. Кондициониране на зърното

климата на България тези влажности са в интервала от 14 до 15%. Зърното се кондиционира до такава влажност, че максимално допустимите влажности на крайните продукти да не се надвишават.

От друга страна влажността на крайните продукти не трябва да бъде много ниска, тъй като производителят ще продава повече сухо вещество и по-малко вода, което е неизгодно.

9.3. Механизъм на придвижване на влагата

Когато зърното се навлажнява, външните му слоеве бързо поемат влагата, но семенната обвивка е по-слабо пропусклива и пречи на бързото ѝ навлизане в ендосперма. Зародишът, обаче, не е защитен от семенна обвивка и влагата лесно навлиза през него.

Придвижването на влагата в ендосперма зависи от неговата твърдост и стъкловидност. Твърдите, уплътнени ендосперми поемат влагата по-бавно от меките и брашнестите.

Целта в края на процеса е влагата да бъде *равномерно разпределена* в целия обем на зърното. Затова, за всяка партида има оптимално време за кондициониране при съответната температура.

9.3.1. Влияние на топлината

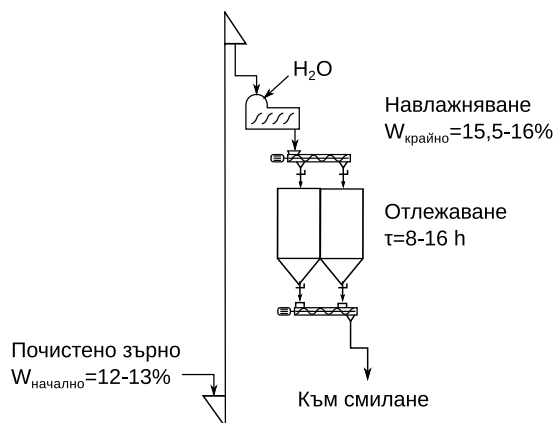
Колкото зърното е по-топло, толкова водата прониква и се разпределя по-бързо в него. Поради това, навлажняването на студено зърно със студена вода протича бавно. През зимните месеци някои мелници използват топла вода, но това увеличава разходите им.

Навлажняването е процес, при който се отделя топлина и температурата на зърното се повишава. Това, донякъде компенсира бавното придвижване на влагата през студените месеци на годината.

9.3.2. Влияние на времето

Навлажняването не е мигновен процес. Равномерното разпределяне на влагата в целия обем на зърното отнема дълго време при нормална температура. Затова след навлажняване зърното трябва да отлежи в специални вместиимости. Тези вместиимости трябва да осигурят еднакво време за отлежаване на всяко зрънце. Спазва се принципът: *първо влязло - първо излязло*. Използват се най-малко две вместиимости. Докато едната се запълва, другата се освобождава, след което се разменят.

Времето за отлежаване зависи от твърдостта на ендосперма. Зърната с мек ендосперм отлежават 6-8 часа, докато твърдите изискват 15-20 и повече часа.



Фигура 9.1.: Едностепенно кондициониране.

9.4. Теория на кондиционирането

Първото обяснение е свързано с образуването на микропукнатини в ендосперма. Влагата навлиза постепенно в зърното като се образуват слоеве с по-висока влажност, граничещи със слоеве с по-ниска влажност. Слоевете с по-висока влажност набъбват повече от тези с по-ниска и между тях се образуват пукнатини. Обратно, слоевете с по-висока влажност постепенно отдават влагата си към тези с по-ниска. Първите "изсъхват" и се свиват, а вторите се навлажняват и набъбват ("раздуват"). Между тях се получават физични напрежения, водещи до появата на пукнатини.

Друго обяснение е свързано с белтъчните вещества. Влагата се поема от белтъчните вещества в ендосперма и силите на привличане вътре в самите молекули и между молекулите отслабват. Водните молекули играят ролята на "разделителен слой" за химичните връзки. С увеличаване на влажността ендоспермът все повече омеква, загубва ронливостта си и се превръща в тесто.

Влагата се поема и от целулозните тъкани на обвивките. Те набъбват и стават по-здрави, по-жилави и по-трудно смилатели.

9.5. Методи за кондициониране

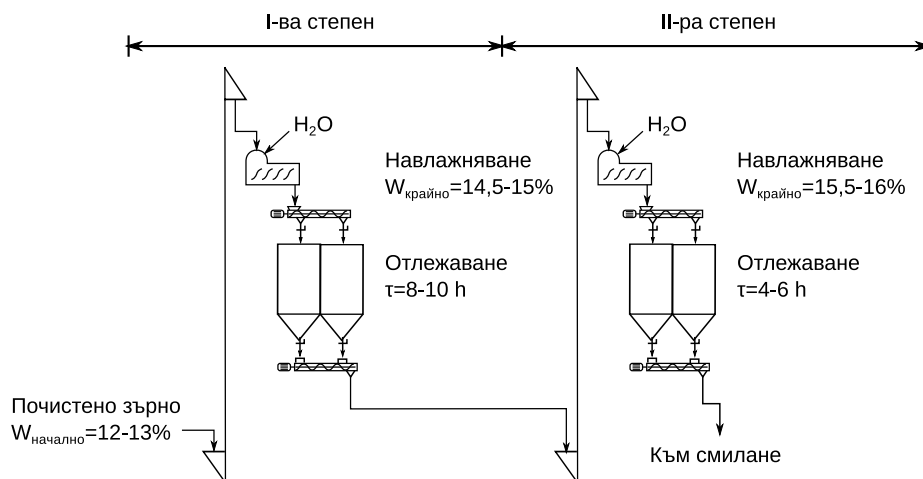
Едностепенно Представлява еднократно навлажняване и последващо отлежаване (фиг. 9.1).

Прилага се при меко зърно и зърно с относително висока изходна влажност - близка до 13%.

Предимствата на метода са малките първоначални инвестиции за вместимости, ниския разход на енергия и простото управление на процеса.

Основният недостатък е трудното навлажняване на зърно с ниска първоначална влажност. Необходимо е да се подаде голямо количество вода, която не се поема от зърното, а изтича като мокреща влага в клетките за отлежаване.

9. Кондициониране на зърното



Фигура 9.2.: Двустепенно кондициониране.

Двустепенно Състои се от две едностепенни кондиционирания, извършени едно след друго (фиг. 9.2). Първото, обикновено, подава по-голямото количество вода и затова времето за отлежаване е по-продължително. Следва второ навлажняване с по-малко вода и по-кратко отлежаване.

Двустепенното кондициониране се прилага при твърдо зърно и зърно с ниска изходна влажност.

Предимството на метода е по-доброто кондициониране².

Недостатъците са големите първоначални инвестиции за вместимости, по-сложното управление и по-големия разход на енергия за транспортиране на зърното. Въпреки това двустепенното кондициониране се счита за оптимално за българските мелници.

² Някои мелничари считат, че ползите от двустепенното кондициониране не оправдават разходите за провеждането му, но въпросът е спорен.

10. Смилане с мелничен валц.

Пресяване с планзихтер

10.1. Смилане с мелничен валц

Мелничният валц е главната мелеща машина (фиг. 10.1).

Смилането се извършва с чифт хоризонтални, успоредно разположени, чугунени цилиндри (валове), движещи се срещуположно. Продуктът попада между валовете и се смилва. Разстоянието между валовете се регулира и това определя степента на смилане. Въздействието върху продукта е мигновено. Това мигновено въздействие раздробява ендосперма, но запазва относително цели обвивките на зърното.

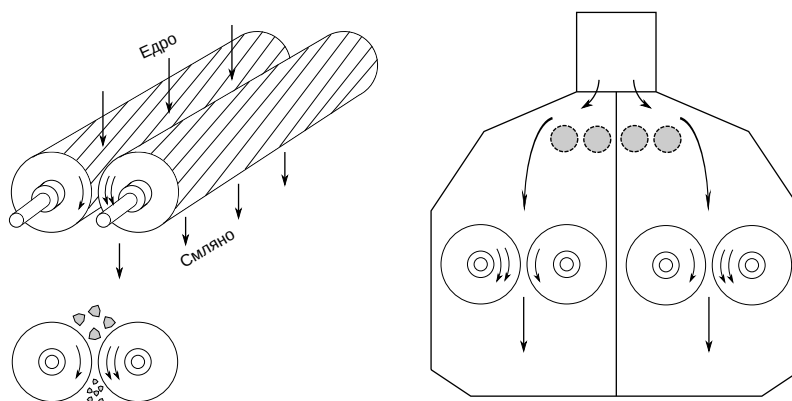
Повърхността на валовете е гладка (или матова) и въздействието върху продукта е основно смачкване. Повърхността на валовете може да бъде и назъбена, нарича се още рифелована. При тези валове въздействието върху продукта е срязване, разкъсване и остъргване.

С цел икономия на място две двойки валове се монтират в един корпус и заедно образуват, така наречената *валц машина*.

10.1.1. Фактори, определящи интензивността на смилане

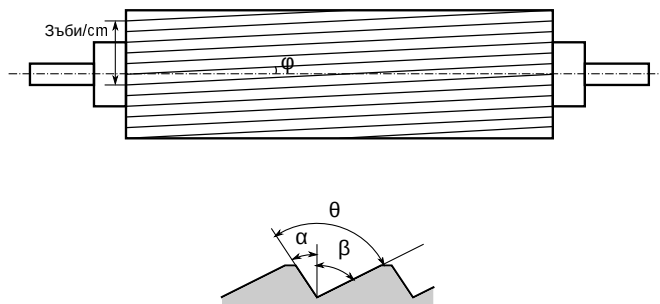
Назъбване

Степента на смилане при рифелованите валове се определя от *броя на зъбите* в един сантиметър от обиколката на вала (Брой зъби/cm). Тя бива от 3 до 12 зъба/cm.



Фигура 10.1.: Схема на мелничен валц.

10. Смилане с мелничен валц. Пресяване с планзихтер



Фигура 10.2.: Параметри на назъбването при рифеловани валове.

Назъбването се избира от технолога и зависи от едрината на частиците. Едрите частици се смилат на валове с малък брой зъби на сантиметър и обратно.

Друг параметър на назъбването е *наклона на зъбите* (φ). Той представлява наклона, който образуват ръбовете на зъбите, спрямо образувателната на вала. Най-често наклонът е от 2 до 14%. Колкото е по-голям, толкова пресечните точки между двата вала са повече и въздействието е повече на срязване, отколкото на изстъргване.

Профилът на зъба се определя от 2 ъгъла - *ъгъл на зъба* (α) и *ъгъл на гърба* (β). Те определят дълбочината и остротата на зъба. По-дълбоките зъби смилат по-интензивно, но с тях се мелят едри продукти, тъй като дребните попадат между зъбите и не изпитват въздействие. От друга страна, ако назъбването е прекалено плитко зъбите не могат да навлязат дълбоко и не могат добре да изстъргват ендосперма от обвивките. Получава се повече смачкване, отколкото изстъргване.

Ъглите са най-често: $\alpha/\beta = 20/70^\circ$; $25/70^\circ$; $40/70^\circ$; $35/65^\circ$ и др.

Диференциал

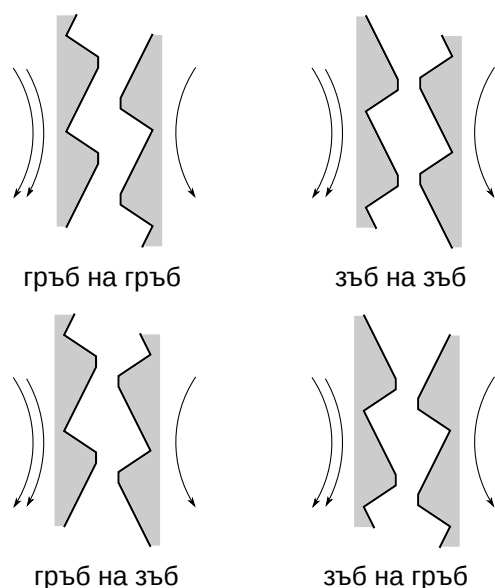
Двата вала се движат срещуположно, но с различни скорости. Отношението между скоростта на бързия и скоростта на бавния валц се нарича *диференциал* (K).

$$K = \frac{v_{\text{бърз вал}}}{v_{\text{бавен вал}}}$$

По-бавният вал задържа продукта, а бързият изстъргва ендосперма от обвивките. Следователно, когато целим изстъргване, диференциалът е голям - 2,5:1. Когато целим смачкване, диференциалът е малък - 1,5:1 до 1,2:1.

Положение на зъбите

Съществуват четири варианта за разполагане на зъбите между бързия и бавния вал (фиг. 10.3). Когато при въртенето зъбът на бързия вал се среща със зъба на бавния, това положение е *зъб на зъб*. При него имаме най-интензивно срязване и разкъсване, но и най-добро изстъргване на ендосперма от обвивките. Обратно, когато гърбът на бързия вал се среща с гърба на бавния това разположение е *гръб на гръб* и при него имаме по-малко разкъсване и повече смачкване. Това положение



Фигура 10.3.: Положения на бързия и бавния вал във валцмашините.

(*грѐб на грѐб*) е най-масово използвано, тъй като при него разкъсването на обвивките е относително слабо. Съществуват и междинни положения като *зѐб на грѐб* и *грѐб на зѐб*, но те се използват рядко¹.

10.1.2. Пресяване с планзихтер

Технологията за получаване на брашна включва сложна последователност от смилания и пресявания. При смилането се получават частици с различна едрина и различно количество ендосперм и обвивки в тях. Тази смес се разделя по-едрина чрез пресяване. Всяка фракция се отправя към последващо смилане или друга обработка, а готовото брашно се отделя като краен продукт.

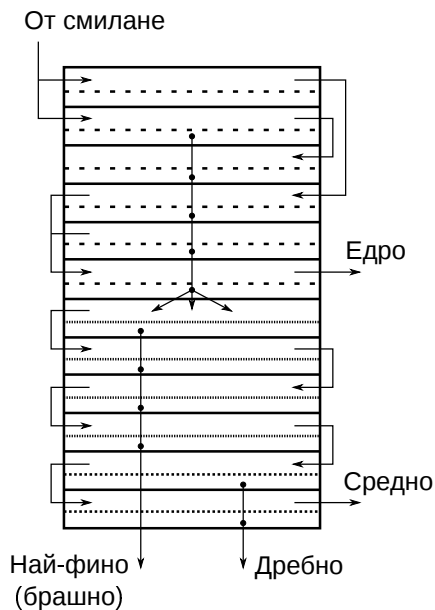
Пресяването се извършва с *планзихтери*. Планзихтерът представлява “шкаф”, в който са разположени хоризонтални сита едно над друго. Ситата са монтирани към ситови рамки. Шкафът (нарича се още пасаж) извършва кръгово постъпателно движение (↻). Продуктът се подава в горната част на първото сито и последователно преминава от едно сито към друго. В един шкаф (пасаж) може да има от 12 до 26 и повече рамки². Няколко шкафа (от 2 до 10) могат да се обединят в един корпус с общо задвижване и цялата машина се нарича *планзихтер*.

Пресяването зависи от скоростта на движение на частиците върху ситата. Тя се избира такава, че частиците да не прелитат над отворите, а да се пресяват. Скоростта

¹Когато някои от валовете е вече износен, може да се обърне и временно да се отложи назъбването му.

²Съществуват конструкции, при които рамките в един шкаф могат да се разделят на две секции една над друга. Горните част от ситата разделят един продукт, а долната - друг. Така двете секции работят напълно независимо.

10. Смилане с мелничен валц. Пресяване с планзихтер



Фигура 10.4.: Схема на движение на продуктите в един пасаж на планзихтер с 12 рамки. Сместа от частици се разделя на 4 фракции по едрина.

на движение на частиците върху ситото зависи от амплитудата на колебание на рамките и честотата на това колебание. Честотата на колебание, от своя страна се определя от оборотите на въртене на ексцентрика, определящ движението на рамките.

Една група от сита може да разделя продукта на две, три, четири или повече фракции по-едрина. За да се получи такова сложно разделяне е необходимо ситата да бъдат различни и продуктът да се движи по определена схема (фиг. 10.4).

11. Смилане на пшеница

11.1. Цели и задачи на съвременното мелничарство

Съвременното мелничарство има две основни цели:

- Първата е да отдели, колкото е възможно по-пълно ендосперма от обвивките и зародиша така, че брашната да бъдат без тричави частици и с възможно най-бял цвят, т.е. най-ниско пепелно съдържание.
- Втората цел е отделеният ендосперм да се раздробява до фини частици (брашна) без да се раздробят останалите полепнали по него обвивки и зародиш.

Тези задачи се постигат с процеси на многостепенно раздробяване. Зърното и неговите части се смилат чрез последователност от относително “нежни” етапи.

Всеки процес обхваща една или няколко млевни системи. *Млевната система* се състои от двойка операции: смилане и последващо пресяване. След смилането се получава смес от частици с различни размери. Пресяването сортира (разделя) частиците по едрина на две или повече фракции. Всяка фракция се насочва към следваща млевна система или друга обработка и т.н.

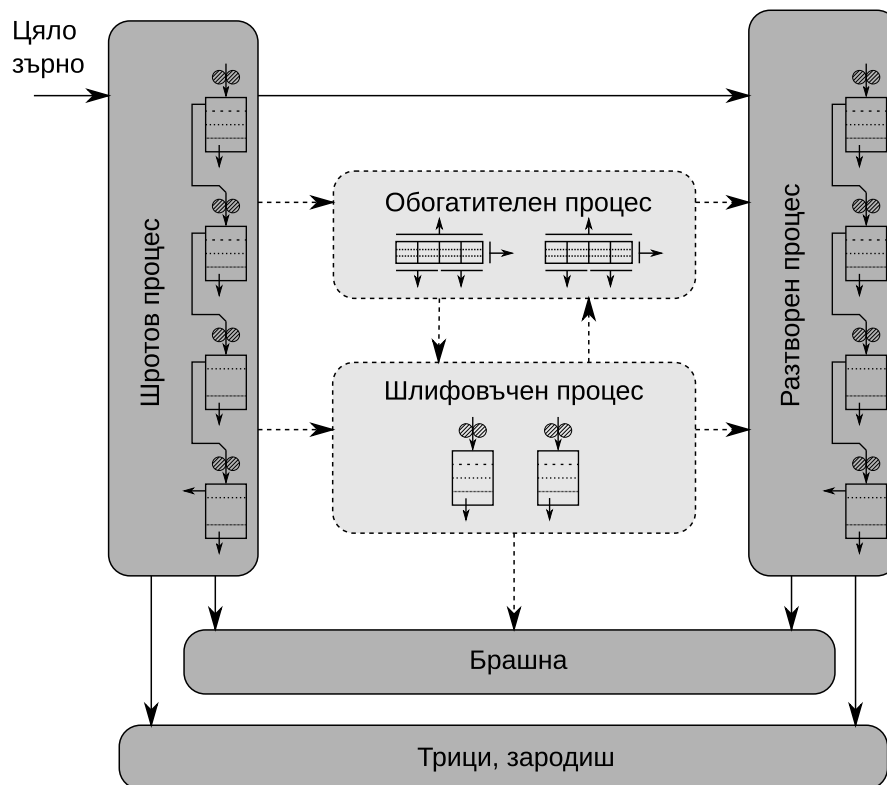
Разделянето на ендосперма от обвивките се базира на разликата във физичните им свойства. *Ендоспермът е крехък* и при смилане се раздробява до по-дребни частици, а *обвивките са жилави* и остават по-едри. Пресяването разделя частиците по едрина и по този начин разделя ендосперма от обвивките.

След всяко смилане се получават най-дребни частици, които съставляват *брашната*. Те се отделят при пресяването и са основния краен продукт на мелничарството.

Мелниците използват няколко процеса:

- шротов (шротуване);
- разтворен (разтваряне);
- шлифовъчен (шлифоване);
- обогатителен (обогатяване) и др.

От тях шротовият и разтвореният процес са основни.



Фигура 11.1.: Блокова схема на операциите при смилане на пшеница.

11.2. Шротов процес

Целта на шротовия процес е да се отделят обвивките от ендосперма. Той се състои от 3 до 5 млевни системи, при меките пшеници и до 6-7 млевни системи при твърдите.

В първата шротова система постъпва цялото зърно. Тя разрушава зърното и го "отваря". Следващите шротови системи "изстъргват" ендосперма от обвивките.

Тъй като процесът не е съвършен при "изстъргването" се получават частици чист ендосперм и частици ендосперм с полепнали по тях обвивки. Тези частици се наричат *грисове* и в зависимост от едрината им се разделят на едри, средни и дребни. Грисовете се насочват към разтворния процес, където се смилат до брашна.

В края на шротовия процес се отделят обвивки с малко полепнал по тях ендосперм. Тези обвивки образуват краен продукт, наречен *трици*. Триците се ценна храна за животните и се използват в производството на комбинирани фуражи.

От шротовия процес се отделя и минимално количество брашна.

Смилането се извършва с назъбени валове с диференциал по-голям от 2:1. Конфигурацията на зъбите е *гръб на гръб*. Целта е да преобладава изстъргващото действие и същевременно да се избегне прекомерното раздробяване на обвивките.

11.3. Разтворен процес

Разтворният процес раздробява грисовете, получени от шротовия процес, до фини частици (брашна), като същевременно полепналите по грисовете обвивки се запазват цели.

Разтворният процес се състои от 6 до 15 последователни млевни системи. Смилането става на гладки валове с диференциал от 1,2:1 до 1,5:1. Преобладаващото въздействие е смачкването, при което се добива максимално количество брашна.

Като резултат от процеса се получават основните количества брашна в мелниците.

След последната разтворна система се отделя дребен продукт, състоящ се предимно от обвивки. Този продукт се продава отделно за храна на животни или се смесва с триците от шротовия процес.

11.4. Шлифовъчен процес и процес на обогатяване

Това са два спомагателни процеса. Целта им е да отделят обвивките, полепнали по грисовите частици от шротовия процес, преди тяхното разтваряне. Шлифоват се и се обогатяват едрите и средните грисове, рядко дребните.

Шлифоването се извършва на гладки, а понякога и назъбени валове, които отделят обвивките от ендосперма и същевременно намаляват едрината на частиците. Така следващият разтворен процес ще раздробява по-чист продукт и получените брашна ще имат по-светъл цвят. Разтварянето ще протича по-лесно, с по-малък разход на енергия и смилането ще бъде по-плавно и нежно.

На шлифоване могат да се подложат и средни и едри (рядко) грисове от разтворния процес с полепнали по тях обвивки. Тези системи се наричат още *надсевъчни*.

Обогатяването се извършва на специални *грис машини*, които отделят “светлите” (без полепнали по тях обвивки) от “тъмните” (с полепнали по тях обвивки) грисове. “Светлите” грисове се подават директно за разтваряне, а “тъмните” се шлифоват и след това се разтварят.

11.5. Образуване на потоците брашна

От всяка млевна система се отделят брашна. Те се различават по цвят, едрина, белтъчно съдържание, съдържание на нишесте и др. Технологиът групира брашната в потоци, съобразно изискванията на пазара.

Например: брашната с най-бял цвят могат да се групират в общ поток и да се използват за производството на фини сладкарски изделия. Брашната с високо белтъчно съдържание могат да се отделят в самостоятелен поток. Те се продават като високобелтъчни брашна и служат за производството на кроасани, точени кори, пудови хлябове и др.

Най-често групирането става по цвят, като се произвеждат бели и по-тъмни брашна. Образуването на един или друг поток не трябва да бъде самоцелно. Необходимо

11. Смилане на пшеница

Таблица 11.1.: Български наименования на системите.

Процес	“Х. Саймън”	Български наименования
Шротов	$Bk1...Bk4$	1-ви шрот...4-ти шрот
Шлифовъчен	A	Шлифовка едри грисове
Шлифовъчен	B	Шлифовка дребни грисове
Шлифовъчен	$B2$	Зародишна система
Разтворен	C	1-ви разтворен
Разтворен	D	2-ри разтворен
Разтворен	E	3-ти разтворен
Шлифовъчен	F	Надсевъчна система
Разтворен	G	4-ти разтворен
Разтворен	H	5-ти разтворен
Разтворен	K	6-ти разтворен

е да се държи сметка за това, какво остава за другите потоци и представлява ли то продукт, който може да се продаде на приемлива цена.

11.6. Схема на млевен процес

На фиг. 11.2 е показана принципна схема за смилане на пшеница. Схемата е първоначално представена от фирмата “Хенри Саймън Лимитед” в първата половина на 20 век и оттогава стои в основата на съвременното мелничарство¹. От уважение към създателите са използвани оригиналните означения, а съответните български наименования са посочени в табл. 11.1. Основното правило при съставянето на схемата е: *частиците се насочват за обработка, групирани по едрина и по цвят.*

ШРОТОВИЯТ ПРОЦЕС се състои от четири млевни системи - $Bk1$, $Bk2$, $Bk3$ и $Bk4$. В $Bk1$ попада цялото зърно и се “отваря”. Най-едрата фракция (обвивки с полепнал ендосперм) преминава последователно през $Bk2$, $Bk3$ и $Bk4$, които “изстъргват” ендосперма и след $Bk4$, почти чистите обвивки се отделят като краен продукт - трици.

От $Bk1$ и $Bk2$ се получават едри грисове (точка α), които се насочват за ОБОГАТЯВАНЕ в грис машина 1 ($ГМ1$). От $Bk1$, $Bk2$ и $Bk3$ се отделят средни и дребни грисове (точка β). Те са по-светли на цвят, с голямо количество ендосперм и се обогатяват в грис машина 2 ($ГМ2$).

Последната шротова система $Bk4$ отделя средни и дребни грисове с по-тъмен цвят. Тези грисове се считат за второкачествени и се насочват съответно: средните (най-тъмни) към шлифовъчна система F , а дребните (по-светли) - към крайните разтворни системи G или H .

¹Тук посочената схема се отличава незначително от оригиналната. Отсъства система J , която аналогично на F “шлифова” тъмни надсевки (не са показани) от системи G и H .

Обогатените грисове от шротовия процес се подават за шлифование и разтваряне в зависимост от едрината си.

ШЛИФОВЪЧНИЯТ ПРОЦЕС включва четири системи, разделени на: шлифовка първокачествени грисове (системи *A* и *B*) и шлифовка второкачествени грисове (системи *B2* и *F*). Едрите грисове се шлифват в система *A*, а средните в система *B*. Дребните се подават директно за разтваряне в система *C*.

Едрите надсевки от системи *A* и *B* представляват грисове с полепнали по тях обвивки. Те се насочват към система *B2*, която отделя чистия ендосперм от обвивките и го подава към система *D* за разтваряне².

Най-едрата надсевка от *B2* представлява почти чист пшеничен зародиш и се отделя като краен продукт. Средната надсевка на *B2*, която вече е относително бедна на ендосперм се насочва към последната шлифовъчна система *F*.

В шлифовка *F* се смилат тъмните надсевки от системи *B2*, *C*, *D* и *E*, и грисовете от *B2*. При някои варианти, системи *C* и *D* не отделят надсевки, а техните надсевки се отделят от система *E*. От система *F* се получават ситни трици, като краен продукт и относително по-богати на ендосперм частици, които се “разтварят” до брашна в следващите системи (*G*, *H*, *K*).

РАЗТВОРНИТЕ СИСТЕМИ в схемата са шест – *C*, *D*, *E* и *G*, *H*, *K*. Грисовете последователно се смилат до пълното “разтваряне” на ендосперма в брашна. От *C*, *D* и *E* се получават най-белите брашна, а от останалите системи (*G*, *H*, *K*) се извличат брашна с по-тъмен цвят. В края на процеса остава малко количество тричево брашно, състоящо се основно от ситно смлени обвивки.

Шротовите системи са назъбени, а шлифовъчните и разтворните работят с гладки валове. Изключение се прави при мелници с къс разтворен процес, при които в системи *A*, *B* или *C* могат да се използват назъбени валове, но получените брашна неминуемо ще бъдат с по-тъмен, кремав цвят.

Описаната схема позволява получаване на над 70% бели брашна с пепелно съдържание до 0,550%³.

Широко се използват и варианти на схемата без грисмашини. В тези случаи едрите грисове (точка α) се подават в система *A*, а останалите грисове (точка β) се подават в система *B*.

²Тези грисове са получени от надсевки и не са толкова чисти, за да се подадат в *C*.

³Някои автори считат, че добивът на бели брашна надхвърля 75% при качествена пшеница и правилно настроен технологичен процес.

Част III.

Технология на комбинираните фуражи

12. Комбинирани фуражи - видове, суровини за производството им, технологични операции

12.1. Определение, видове

Комбинираните фуражи представляват изкуствено приготвени храни за животни. Целта на комбинираните фуражи е животното да произведе това, което човекът желае от него. Комбинираните фуражи са по-добри от нашите храни, защото животните, често, нямат избор.

Произвеждат се няколко вида комбинирани фуражи:

- Пълноценни - представляват готова храна за животни.
- Белтъчно-витамино-минерални смеси = белтъчни биоконцентратни смеси (наричат се още ББС) = биоконцентрати - това е полуфабрикат или микс, който съдържа всичко без въглехидратните компоненти, обикновено идващи от зърното.
- Целодажбени или целостеблени фуражи - състоят се от растения в млечна зрялост, които се дават цели или смлени.
- Корено-, клубено-, сочно- плодни фуражи - представляват цели или смлени цвекла, моркови, ряпа, картофи, топинамбур, маниока, тикви, тиквички, дини, плодове и др.

Комбинираните фуражи трябва да осигурят всички необходими вещества за правилното функциониране на животинския организъм, а именно: белтъчини; мазнини и въглехидрати, и микроелементи като: витамини; минерални соли; метали и др.

12.2. Суровини за производството на комбинирани фуражи

- Зърнено-житни суровини - те са основен източник на въглехидрати и по-малко на белтъчини.
- Зърнено-бобови суровини - те са основен източник на протеини, включително незаменими аминокиселини. Използват се граха, соята, баклата, нахута, фия и др. Някои от тях като соята съдържат и голямо количество мазнини. Зърнено-бобовите суровини могат да бъдат и токсични за животните!

12. Комбинирани фуражи - видове, суровини, технология

- Сенни брашна - люцерново брашно, брашна от иглолистни и др.
- Вторични продукти от зърнопреработвателната промишленост - примеси от почистването на зърното и трици - пшенични, царевични, оризови и др.
- Вторични продукти от маслодобивната промишленост - кюспета, шротове, експелери.
- Вторични продукти от захародобивната промишленост - меласа, цвеклови резанки.
- Вторични продукти от пивоварната и винарската промишленост - пивоварни кашаи, пивоварни дрожди (съдържат до 47% протеини), джибри, гроздови семки и др.
- Вторични продукти от млекопреработвателната промишленост - сухи млека, течни суроватки.
- Минерални вещества - натриев хлорид, калциев карбонат, фосфати, микроелементни смеси, доставящи магнезий, желязо, манган, мед, цинк и др.
- Сухи фуражни дрожди.
- Други компоненти - витамини, ензими, антибиотици, пробиотици, хормони (не са разрешени в Европа), транквиланти (подтискат невротата и страха, но са забранени в много държави), овкусители, оцветители, антиоксиданти и др.

12.3. Рецепти за комбинирани фуражи

За да се получи един пълноценен комбиниран фураж в него участват множество компоненти. Всеки от тях се добавя в точно определено количество. Това количество е зададено в специална рецепта. Рецептите са съставени въз основа на знанията и опита при храненето на животните и желаният резултат, който искаме да получим.

Рецептите са специфични за всеки вид животно, неговата възраст и състояние. Например: има специални храни за прасета майки, прасета бременни, прасета за угояване и получаване на бекон, прасета за угояване и получаване на месо и др.

12.4. Схема на технологичните операции

Основните процеси във един фуражен завод са (фиг. 12.1):

1. Подготовка на суровините.
2. Дозиране, чрез което се реализира рецептата.
3. Хомогенизиране на дозираните компоненти.

4. Гранулиране, екструдирание и др.
5. Съхранение и експедиция на готовия фураж.

Подготовката на суровините включва: приемане; съхранение; почистване; олющване и смилане. Приемането и почистването са аналогични на тези при мелничното производство, като изискванията към чистотата на суровините са по-ниски.

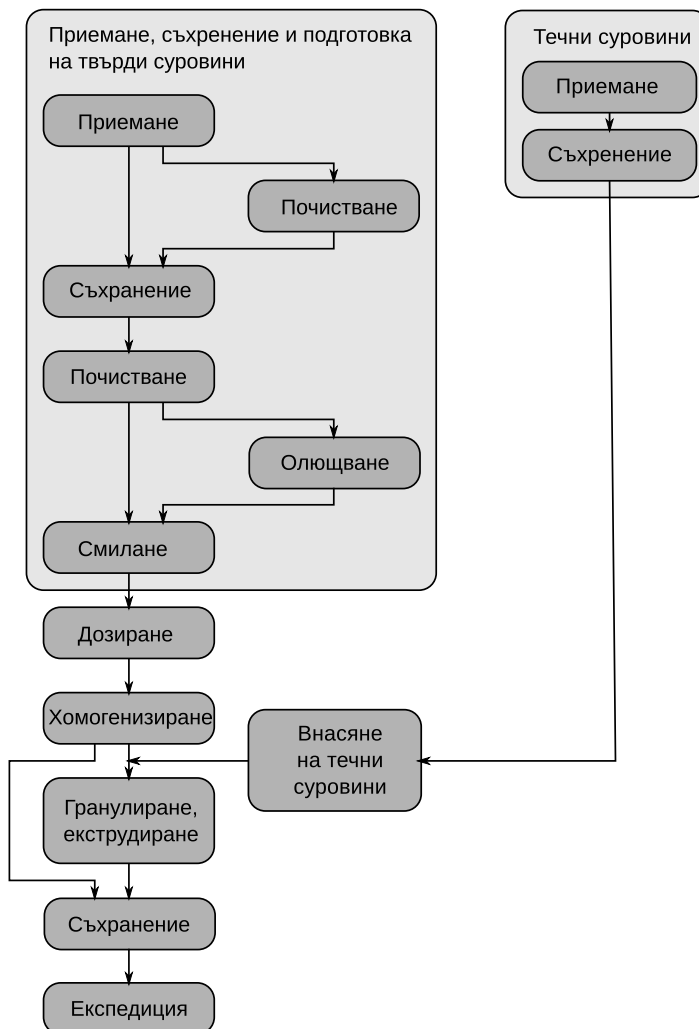
Цветните плевни могат да бъдат *опасни за животните*, затова преди производството на някои фуражи е необходимо плевестите суровини да се олющят. Този процес се извършва на лющачни машини, последвани от аспирационни колонки - за отделяне на люспите и от триори - за разделяне на неолощеното от олющеното зърно¹. Последната операция, подготвяща суровините, е смилането им до подходяща едрина.

Същинското производство на фуража включва дозирането на компонентите, съгласно рецептурата и тяхното хомогенизиране. Получената смес може да представлява готов фураж, но съвременните заводи включват и хидротермични обработки като гранулиране или екструдирание.

Готовият фураж се съхранява насипно и се експедира с фуражовози или обикновени камиони. Възможно е и пакетиране в чували и експедирането им на палети.

¹Олющените зърна са по-къси от неолощените. Триорът не е най-съвършената машина за разделяне. Съществуват т.н. падимашини.

12. Комбинирани фуражи - видове, суровини, технология



Фигура 12.1.: Основни технологични операции при производството на комбинирани фуражи.

13. Смилане на фуражните компоненти

13.1. Необходимост и изисквания

Смилането цели:

- По-добро хомогенизиране на отделните компоненти.
- По-добро усвояване на фуража от животните. Предварително смлените суровини по-бързо и по-лесно се атакуват от ензимните системи в организма на животните.

Изисквания към процеса на смилане:

- Да бъде универсален за различни суровини с различна влажност.
- Да позволява регулиране на степента на смилане.
- Смляната суровина да е еднородна по едрина на частиците.
- Висока производителност при нисък разход на енергия.
- Надеждност и безопасност за хората и околната среда.

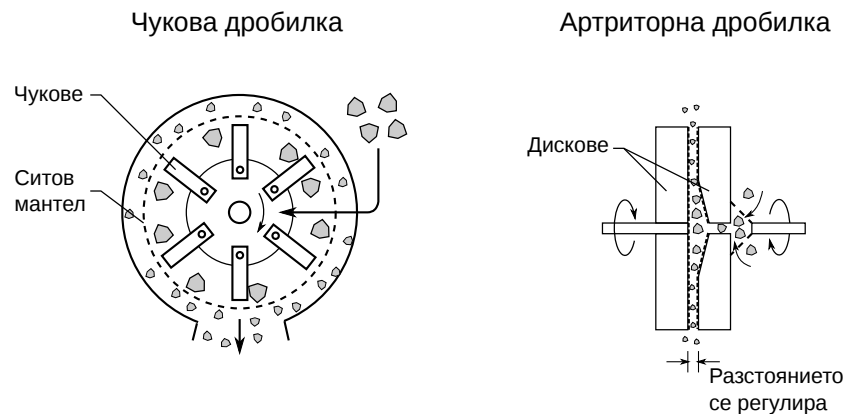
На смилане се подлагат всички зърнени суровини и някои едри суровини като кюспета, шротове и др. Смилат се и меки компоненти като трици, сено и др. Във фуражната промишленост са възприети три степени на смилане, наречени *модули на едрина*:

- едри - с размер на частиците от 1,8 до 2,6 mm;
- средни - с размер на частиците от 1 до 1,8 mm;
- дребни - с размер на частиците от 0,2 до 1 mm.

Едрината трябва да отговаря на изискванията за хранене на животните и нуждите на технологичния процес.

Тук са разгледани три от най-често използваните машини за смилане: чукова дробилка, артриторна дробилка и мелничен валц.

13. Смилане на фуражните компоненти



Фигура 13.1.: Схема на чукова и артриторна дробилка.

13.2. Чукова дробилка

Чуковата дробилка представлява въртящ се ротор със закрепени в периферията му твърдосплавни метални пластини, наречени чукове (фиг. 13.1). Роторът е обхванат от сито, наречено *ситов мантел*. Продуктът за смилане попада вътре в дробилката и въртящите се чукове го удрят и стриват в ситовия мантел. Когато частите станат по-малки от отворите на ситото те преминават през него и напускат машината. Едрината се регулира чрез смяна на ситовия мантел.

Производителността на дробилката варира в широки граници и зависи от вида на смиланата суровина, нейната влажност, отворите на ситовия мантел, вида на чуковете и скоростта на движението им, натоварването на дробилката и др.

13.3. Артриторна дробилка

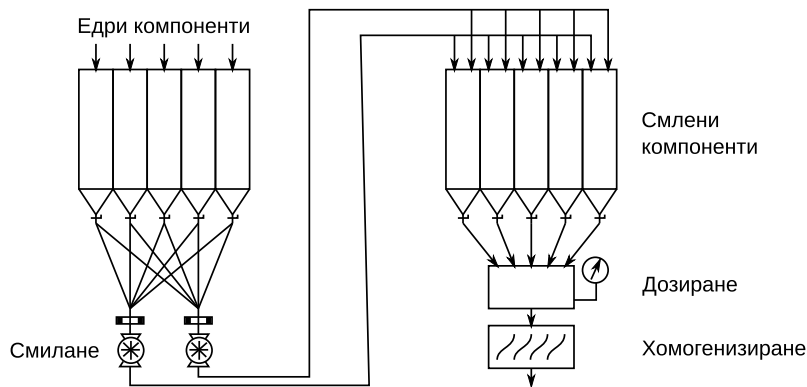
Артриторната дробилка представлява два стоманени диска с назъбени (рифеловани) повърхности, обърнати една срещу друга (фиг. 13.1). Двата диска се въртят в противоположни посоки. Продуктът попада в центъра между дисковете, стрива се и излиза от периферията им. Едрината на смилане се регулира плавно чрез промяна на разстоянието между дисковете.

Артриторните дробилки са здрави, трайни, регулират едрината в широки граници, но са скъпи, сложни и с трудна поддръжка.

13.4. Мелничен валц

Суровините за производство на комбинирани фуражи могат да се смилат и на мелнични валци с аналогична конструкция на тези в мелничарската промишленост.

Предимствата им са: висока степен на смилане, по-малко отделяне на прах, еднородност на смления продукт по-едрина, висока производителност.



Фигура 13.2.: Предварително разделно смилане на компонентите.

Недостатъци: необходимо е различно назъбване на валовете за различните суровини, а смяната на валовете е трудно и бавно; сложна конструкция, скъпи и трудни за поддръжка.

13.5. Схеми на смилане

13.5.1. Предварително разделно смилане

При тази схема суровините се смилат предварително, т.е. преди дозиране и хомогенизиране. Всяка от суровините се смела самостоятелно и се насочва в клетките над дозатора. Различните суровини се смилат последователно, една след друга (фиг. 13.2).

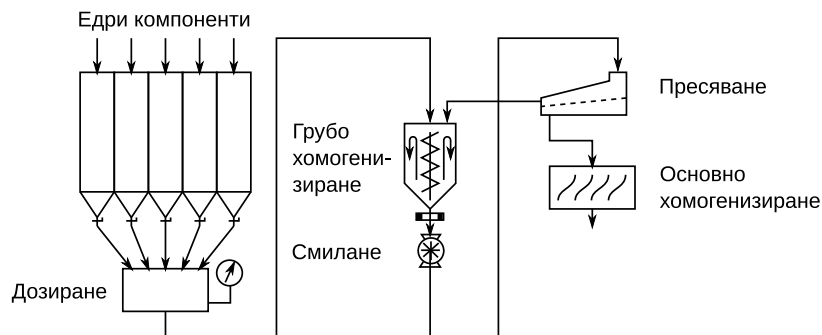
Предимства на схемата:

- Линията за смилане може да работи самостоятелно със собствена производителност, тъй като смилането е подготвителен етап и не е свързан директно с основното производство.
- Инсталираната мощност е по-малка, защото смилане само част от суровините.
- По-лесно се регулира едрината на готовия фураж.

Недостатъци:

- Необходими са много вместимости за съхранение на смлените компоненти и свързаните с тях големи първоначални инвестиции и последваща поддръжка.
- По-трудно управление и по-голяма вероятност от допускане на грешки.

13. Смилане на фуражните компоненти



Фигура 13.3.: Смилане след дозиране на компонентите.

13.5.2. Смилане след дозиране

При тази схема рецептата се реализира с нераздробени суровини. Готовата смес грубо се хомогенизира, след което се смилва и пресява. Едрата фракция се връща за повторно смилане, а дребната се насочва за основно хомогенизиране (фиг. 13.3).

Предимства:

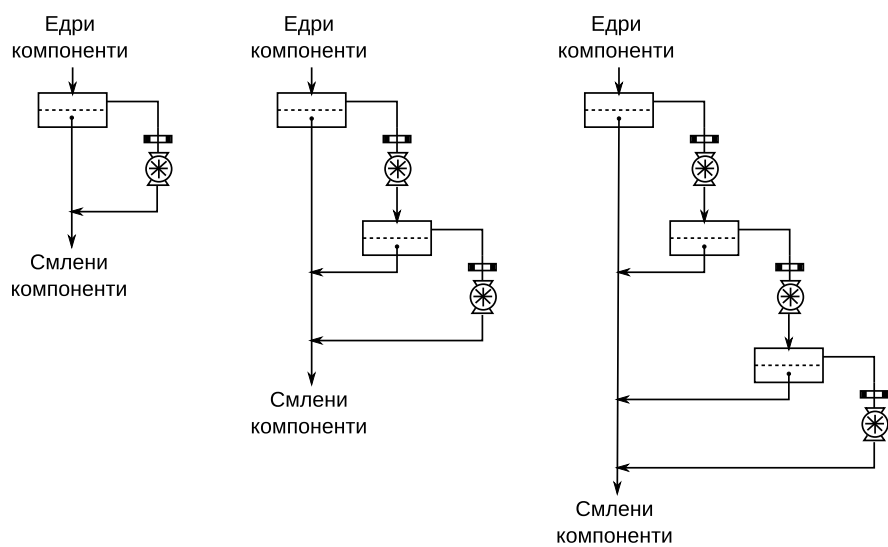
- Малко вместимости.
- Лесно управление и адаптиране към честа смяна на произвежданите асортименти.

Недостатъци:

- Производителността на линията за смилане пряко влияе върху производителността на целия завод.
- Изисква повече енергия.
- Необходими са два етапа на смесване, което усложнява управлението.

13.6. Многостепенно смилане

В повечето фуражни заводи се използват схеми с еднократно смилане. Съществуват варианти на смилане с няколко последователно работещи млевни машини (фиг. 13.4). На смилане се подават само едрите фракции, които предварително са отделени от дребните чрез пресяване. Едрината на частиците се намалява плавно. Така се постига висока производителност на млевната линия при по-нисък разход на енергия. Методът позволява финно смилане на трудносмилаеми компоненти. Освен това, едрината на смлените частици е относително еднородна.



Фигура 13.4.: Едностепенно, двустепенно и тристепенно смилане с чукови дробилки.

14. Дозиране и хомогенизиране

14.1. Дозиране

Целта на дозирането е да се реализира рецептата. Съвременните рецепти включват от 6 до 12 и повече отделни компоненти. Дозиращите системи трябва да бъдат универсални по отношение на всички компоненти.

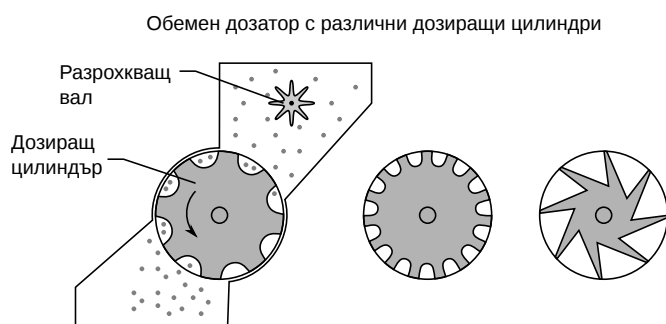
Според принципа си на действие дозаторите се разделят на две групи: обемни и тегловни.

14.1.1. Обемни дозатори

Обемните дозатори се разполагат непосредствено под вместимостите за съхранение на компонентите. Те представляват въртящ се цилиндър (барабан), затворен в корпус (фиг. 14.1). На повърхността на цилиндъра са “вдълбани” надлъжни канали. Компонентът запълва гравитационно каналите и след завъртане на цилиндъра отмереният обем изтича.

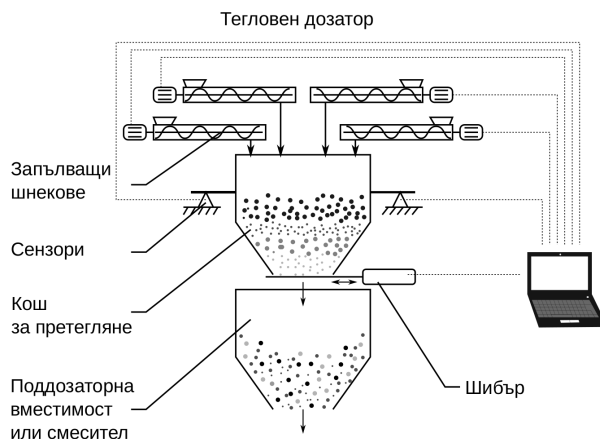
Дозирането зависи от скоростта на въртене на цилиндъра, която може да се променя в широки граници. Формата и размерите на каналите зависят от насипните свойства на компонентите. Дозиращият компонент трябва лесно да запълва и напуска канала, затова цилиндрите са подвижни и при нужда се подменят.

Фуражните заводи с обемни дозатори са с непрекъснато действие и технологичната им схема е проста. В началото на производството всеки от дозаторите се “засича”, какво количество отмерва за единица време и оборотите му се настройват. След настройване, всички дозатори се пускат едновременно. По време на работа периодично



Фигура 14.1.: Схема на обемен дозатор с различни конфигурации на каналите в дозиращите цилиндри.

14. Дозиране и хомогенизиране



Фигура 14.2.: Схема на тегловен дозатор. Компонентите се претеглят последователно.

се следи количеството на дозираните компоненти и в случаи на промяна, дозаторите се настройват наново.

Този вид дозатори са прости, но неточни. Точността им зависи от обемната маса на дозирания компонент, а тя от своя страна зависи от неговата едрина, влажност, плътност, чистота, електростатични свойства и др.

14.1.2. Тегловни дозатори

Тези дозатори са по-съвършени, тъй като претеглят директно масата на компонентите. Поради това, понастоящем, са най-масово използвани във фуражното производство.

Тегловният дозатор представлява кош поставен върху сензори за измерване на масата (фиг. 14.2). Отделните компоненти се претеглят последователно (един след друг) до реализиране на рецептата.

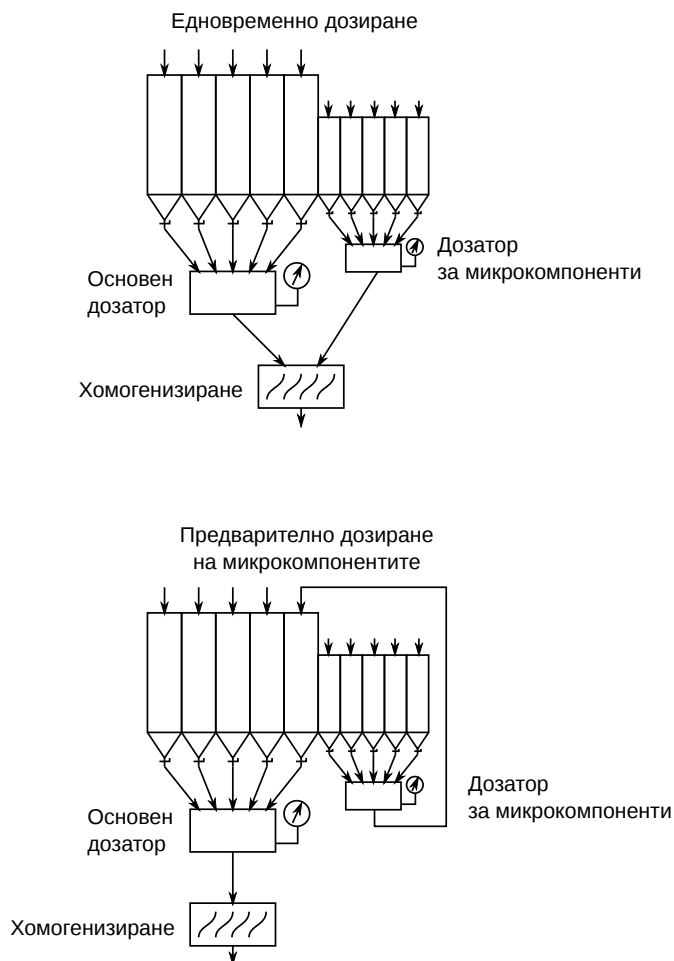
Компонентите запълват дозатора чрез подаващ (захранващ) механизъм, най-често шнек. В началото оборотите на шнека са високи и запълването става бързо. При доближаване до желаната маса оборотите му се намаляват, запълването се забавя и претеглянето става по-точно. Цялостната работа на дозатора, пускането и спирането на шнековете, както и промяната в оборотите им се управлява от компютърна система.

Тегловните дозаторите са с вместимост на коша от 50 до 2000 kg. Микрокомпонентите се дозират в малки дозатори за по-голяма точност.

Предимствата на тегловните дозатори са: точни, гъвкави - много лесно се преминава от производството на една рецепта към друга.

Недостатъците им са: сложни, капризни и работят порционнно.

Фуражните заводи обикновено имат два дозатора - голям за основно дозиране и малък за дозиране на микрокомпонентите. Те могат да работят едновременно, но тази схема изисква синхронизация в работата на двата дозатора. По-често, микрокомпонентите се дозират и смесват предварително, след което се дозират в основния дозатор като един общ компонент (фиг. 14.3).



Фигура 14.3.: Схема на едновременно дозиране на микрокомпонентите и основните компоненти и схема на предварително дозиране на микрокомпонентите и последващото им дозиране като един съвкупен компонент.

14.2. Хомогенизиране

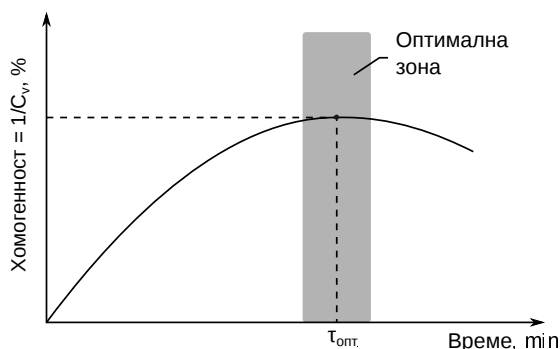
Целта на хомогенизирането е всички компоненти да се разпределят равномерно в целия обем на фуража. Това се постига чрез механично смесване. Хомогенизаторите биват: вертикални, хоризонтални, работещи периодично или непрекъснато.

Хомогенизирането зависи от: формата, размерите и повърхността на частиците;

14. Дозирание и хомогенизиране

тяхната плътност; електростатичните им свойства; склонността им към слепване и сбиване и др. Частиците с малки размери трудно се разпределят равномерно, но и трудно се разслояват при механични въздействия, като стръскане, изсипване, транспортиране и др .

Степента на хомогенизиране се регулира чрез промяна на времето за работа на хомогенизатора. Колкото по-продължително е хомогенизирането, толкова по-равномерно се разпределят компонентите до достигане на максимум. След това започва обратен процес на агломериране и разслояване, при което хомогенността намалява. Следователно за всеки хомогенизатор и всяка смеска съществува оптимално време за хомогенизиране ($\tau_{\text{опт}}$), при което се постига най-равномерно разпределяне на частиците в сместа.



Степента на хомогенизиране се определя чрез вземане на проби от различни точки на сместа и във всяка проба се определя количеството на даден микрокомпонент. Избира се микрокомпонент, който се определя *лесно и бързо*.

Числова оценка на хомогенизирането е *коэффициента на вариации* (C_v). Хомогенизирането е добро при коэффициент на вариации $C_v < 5\%$ и незадоволително при $C_v > 10\%$.

15. Гранулиране на комбинирани фуражи

15.1. Същност

Гранулирането е технологичен процес, при който смлените (раздробените или наричани още брашнени) фуражи се превръщат в късове с цилиндрична или друга форма. Фуражът претърпява хидротермична обработка с пара или топла вода, след което се нагнетява (пресова) през отворите на матрица.

15.1.1. Цели на гранулирането

- Избягване на избирателното хранене¹ на някои животни чрез агломериране на всички съставки на фуража в едно цяло.
- По-лесно съхранение и транспортиране.
- Избягване на самосортирането (разслояването) при стръскване, изсипване, изтичане, транспортиране и други механични въздействия.
- Фуражната смеска е претърпяла хидротермична обработка, при което е настъпила клейстеризация на нишестето, денатурация на белтъчините и някои ензимни разграждания. Това повишава усвояемостта на фуража и неговата хранителна стойност.
- Частична стерилизация.
- По-добър външен вид и вкусови качества.

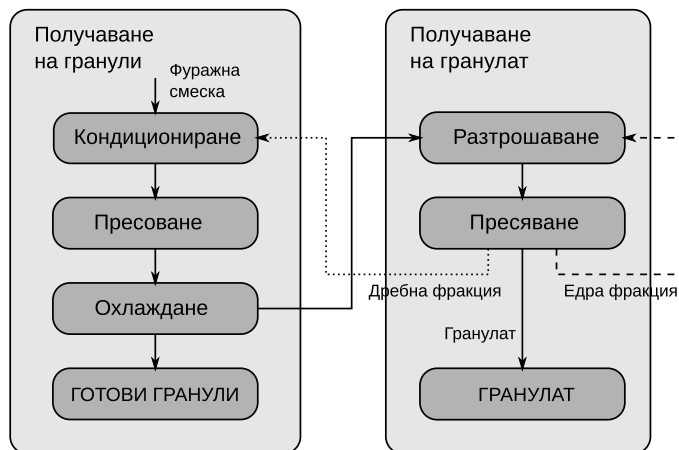
15.1.2. Форма и размери на гранулите

Формата на гранулите е най-често цилиндрична с диаметър от 2,5 до 20 *mm*. Височината им е от 1 до 1,5 пъти диаметъра.

Производството на гранули с размери под 4,5 *mm* е неефективно, затова дребните гранули се получават чрез разтрошаване на по-едри. Разтрошените гранули се наричат *гранулат*.

¹Например птиците или рибите ще предпочетат едни частици от фуража, а други ще пренебрегнат.

15. Гранулиране на комбинирани фуражи



Фигура 15.1.: Основни операции при гранулирането на насипни фуражи.

15.2. Получаване на гранули

Гранулирането обхваща няколко последователни операции, посочени на схемата (фиг. 15.1).

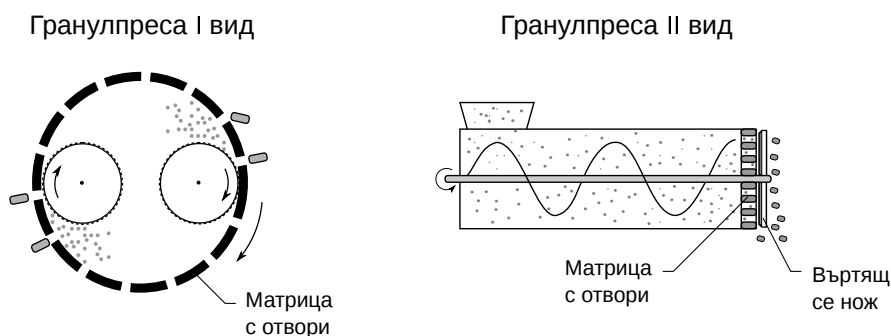
Готовата фуражна смес първо се кондиционира с пара или топла вода, след което се пресова и охлажда. Така се получават готови гранули с по-големи размери. Ако е необходимо производството на гранулат, охладените гранули се разтрошават и пресяват.

15.2.1. Кондициониране

Кондиционирането е предварителна хидротермична обработка. Фуражната смес се обработва с пара или топла вода. Параметрите, които контролираме са: температура на сместа ($t_{\text{смес}}$); влажност на сместа ($W_{\text{смес}}$) и време за отлежаване.

- Смески с голям процент зърнени суровини се кондиционират при: $t_{\text{смес}} = 80 \div 85^{\circ}\text{C}$ и $W_{\text{смес}} = 17 \div 18\%$.
- Смески с топлочувствителни суровини се кондиционират при: $t_{\text{смес}} = 50 \div 60^{\circ}\text{C}$ и $W_{\text{смес}} = 13 \div 15\%$.
- Смески с голям процент груби фуражи (слама и др.) се кондиционират двустепенно с междинно отлежаване.

Правилното кондициониране води до омекване на сместа и от там до висока производителност на гранулпресата, нисък разход на енергия за пресоване и бавно износване на матрицата.



Фигура 15.2.: Схеми на гранулпреси.

15.2.2. Пресоване

Съществуват две основни конструкции преси (фиг. 15.2). Първата представлява въртящ се пръстен (матрица) с отвори. Две ролки притискат и нагнетяват сместа през отворите на пръстена (матрицата). Този вид преси работят добре, както за меки, така и за по-твърди смеси.

Втората конструкция представлява камера с шнек, който нагнетява сместа през отворите на матрицата. След матрицата има въртящ се нож, който реже гранулите до необходимата дължина.

15.2.3. Охлаждане на гранулите

Гранулите напускат пресата с висока температура и влажност и поради това са неустойчиви на продължително съхранение. Топлите гранули се охлаждат в сушилни, като през тях се продухва околния въздух.

15.2.4. Разтрошаване и пресяване

Това са две спомагателни операции и се извършват само при необходимост от получаване на гранули с малки размери (т.е. гранулат). Машината за раздробяване е най-често мелничен валц с назъбени валове.

Пресяването се извършва на ситов сепаратор с 2 рамки – горна с големи отвори и долна с малки. Над горната рамка остават едрите частици, които се връщат обратно за разтрошаване, а под долната остават дребните частици (прах и др.), които се връщат за повторно пресоване. Готовият гранулат се получава между двете рамки и се отправя към вместимостите за съхранение и експедиция.

Библиография

- [1] Boumans, G., 1985. Grain handling and storage. Elsevier Science Publishers.
- [2] Kent, N.L., 1966. Technology of Cereals with Special Reference to Wheat, First. ed. Pergamon Press Ltd., London UK.
- [3] Khan, K., Shewry, P.R., 2009. Wheat chemistry and technology, Fourth. ed. AACCC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- [4] Lockwood, J.F., 1945. Flour Milling. The Northern Publishing Co. LTD., London, UK.
- [5] Posner, E.S., Hibbs, N.H., 2005. Wheat Flour Milling (2nd edition), AACCC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- [6] Sauer, D.B., 1992. Storage of Cereal Grains and Their Products, D.B. Sauer, ed. St. Paul, Minnesota, USA: AACCC.
- [7] Балджиев, Д.Н., 1984. Технология на зърнопреработването. Издателство “Христо Г. Данов,” Пловдив.
- [8] Колева, А.Ж., 2013. Технология на комбинираните фуражи, Първо издание. Интелексперт-94, Пловдив.
- [9] Кузманов (Николов), Д., 1993. Технология на зърносъхранението. Пловдив.
- [10] Маринов, В., Йотов, Й., Шаханов, Д., Данова, Л., Комитова, Л., 1993. Технология на мелничарството и комбинираните фуражи. Земиздат, София.

ТЕХНОЛОГИИ В ЗЪРНОПРЕРАБОТВАНЕТО
Кратък лекционен курс

Автор: Николай Димитров Димитров

Рецензенти: доц. д-р Анна Желева Колева
доц. д-р Божидар Василев Бозаджиев

Издателство „Интелексперт-94”
Пловдив 4002 ул. Атанас Каменаров №5а
Електронна поща: *info@intelexpert94.com*
ISBN: 978-619-7220-61-2

Българска. Първо издание.
2020 г.