ЖЕМЕЛА Г.П., БАРАБОЛЯ О.В.

ТЕХНОЛОГІЯ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ТА КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Полтава 2011

УДК 664.71(075.8)
ББК 36.82я73
Ж 53

Рецензенти:

Осокіна Н.М., доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва;

Пузік Л.М, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри плодівництва та зберігання Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва;

Писаренко П.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, декан агрономічного факультету Полтавської державної аграрної академії.

Жемела Григорій Пимонович, Бараболя Ольга Валеріївна

Ж 53. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва: навчальний посібник для студентів вищих агротехнологічних навчальних закладів. – Полтава: 2011. - 292 с.

ISBN – 5 – 9532. – 0033-1

ЗМІСТ

ВСТУП 7

Частина 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА БОРОШНОМЕЛЬНИХ ТА КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР 9

Розділ 1. АНАТОМІЧНА БУДОВА ЗЕРНІВКИ …... 9

Контрольні питання 24

Розділ 2. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА 25

2.1. Геометрична характеристика зерна 25

2.2. Структурно - механічні властивості зерна . 28

2.3. Консистенція ендосперму 31

2.4. Питома маса зерна 34

Контрольні питання 36

Розділ 3. ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА 38

3.1. Білкові речовини 38

3.1.1. Білкові речовини пшеничного зерна .. 43

3.1.2. Білки зерна жита 55

3.1.3. Білки зерна трітікале 57

3.1.4. Білки ячменю 58

3.1.5. Білки вівса 61

3.1.6. Білки кукурудзи 62

3.1.7. Білки проса 64

3.1.8. Білки гречки 66

3.1.9. Білки зерна рису 68

3.1.10. Білки насіння бобових культур 69

3.2. Вуглеводи 72

3.3. Ліпіди 77

3.4. Мінеральні речовини 81

3.5. Вітаміни 86

3.6. Ферменти 91

3.7. Вода 93

Контрольні питання 97

Розділ 4. ОЗНАКИ СВІЖОСТІ І ДЕФЕКТНОСТІ ЗЕРНА ………………………………… 98
4.1. Запах …………………………………….. 98
4.2. Смак …………………………………..... 101
4.3. Проросле зерно ………………………… 102
4.4. Морозобійне зерно …………………..... 103
4.5. Суховійне зерно ……………………….. 104
4.6. Стікання зерна ……………………….. 105
4.7. Зерно, пошкоджене шкідниками ……..... 106
4.8. Зерно, уражене хворобами …………….. 109
4.9. Отруйне зерно ……………………….... 111
4.10. Зерно, пошкоджене сушінням ……….. 112
Контрольні питання ……………………… 113
Розділ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА ……………………………….. 114
Контрольні питання ……………………… 119
Частина 2. ТЕХНОЛОГІЯ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ……………… 121
Розділ 6. ФОРМУВАННЯ ПОМЕЛЬНИХ ПАРТІЙ ЗЕРНА ………………………………… 121
Контрольні питання ……………………… 126
Розділ 7. СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ 127
7.1. Основи сепарування 127
7.2. Сепарування за геометричними ознаками 135
7.3. Сепарування за аеродинамічними властивостями 140
7.4. Сепарування компонентів за щільністю, металомагнітними властивостями 143
Контрольні питання 147
Розділ 8. ГІДРОТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗЕРНА ….. 149
8.1. Призначення гідротермічної обробки зерна …………………………………... 149

8.2. Способи і режими гідротермічної обробки зерна ……………………………………... 157
8.3. Машини і апарати для гідротермічної обробки зерна ………………………………... 167
8.4. Технологічна ефективність гідротермічної обробки зерна ………………………………... 170
Контрольні питання ……………………… 171
Розділ 9. ТЕХНОЛОГІЯ РОЗМЕЛЮВАННЯ ЗЕРНА ……………………………... 173
9.1. Призначення і технологія подрібнення зерна ……………………………………... 173
9.2. Технологія борошна для макаронних виробів ………………………………………... 187
9.3. Сортові помели зерна жита ……………... 194
Контрольні питання ……………………… 196
Розділ 10. АСОРТИМЕНТ І ЯКІСТЬ БОРОШНА 197
Контрольні питання ……………………… 202
Розділ 11. ЗБЕРІГАННЯ БОРОШНА …………… 203
Контрольні питання ……………………… 210
Частина 3. ТЕХНОЛОГІЯ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА …………………… 211
Розділ 12. СИРОВИНА ТА ЇЇ ЯКІСТЬ ………….. 211
Контрольні питання ……………………… 216
Розділ 13. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА КРУП …………... 218
13.1. Структурна схема технологічного процесу …………………………………… 218
13.2. Відокремлення домішок ……………… 222
13.3. Гідротермічна обробка зерна ………... 225
13.4. Лущення зерна ……………………….…... 229
13.5. Сортування продуктів лущення …… 236
13.6. Шліфування, полірування і подрібнення ядра …………………….. 238

Контрольні питання 241
Розділ 14. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА КРУП ТА ЇХНЯ ЯКІСТЬ…………………. …. 242
14.1. Пшоно …………………………………... 242
14.2. Гречана крупа …………………………… 247
14.3. Рисова крупа …………………………… 251
14.4. Вівсяні крупи …………………………... 256
14.5. Крупи з зерна ячменю ………………… 258
14.6. Пшеничні крупи ……………………… 264
14.7. Горохова крупа ………………………... 267
14.8. Кукурудзяна крупа …………………… 270
14.9. Комбіновані крупи та крупа швидкого приготування ……………… 276
Контрольні питання ……………………… 281
Розділ 15. ЗБЕРІГАННЯ КРУП …………………... 283
Контрольні питання ……………………… 290
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ……………... 291

ВСТУП

Борошно і крупа є основою для одержання безчисленної кількості харчових продуктів. За рахунок них забезпечуються життєві потреби людини в енергії, білку, біологічно активних сполуках і мінеральних речовинах. Одержати якісні показники борошна і крупи можна лише за умови правильної організації і ведення технологічного процесу на зернопереробних підприємствах. Вони повинні базуватися на сучасних наукових основах з використанням ефективного і надійного в експлуатації технологічного обладнання. Особливо важливе значення мають методи і засоби управління технологічними властивостями зерна з метою доведення їх до оптимальних значень для переробки в борошно і крупу. Для цього необхідно оволодіти теорією і практикою процесів технології борошна та крупи і чітко уявляти процеси, що відбуваються в зерні у відповідь на заподіяні на нього механічні впливи. Зерно являє собою складну термодинамічну відкриту систему і є живим організмом. Воно пов'язане з зовнішнім середовищем великим числом прямих і зворотніх зв'язків і його стан постійно змінюється відповідно зі змінами зовнішніх параметрів. Знання механізму процесів, що відбуваються в зерні в часі, за зміни вологості, тем-ператури та інших факторів, є основою грамотних дій технолога щодо управління технологічними властивостями зерна.

Для виробництва борошна і крупи використовується зерно пшениці, жита, трітікале, вівса, ячменю, рису, проса, гречки, гороху і кукурудзи. Їхнє зерно, що

надходить на переробку, повинне відповідати нормативним вимогам якості за фізико-технологічними властивостями, засміченістю, ураженням хворобами, пошкодженням шкідниками, хімічним складом. Порушення таких норм незворотньо тягне за собою різке погіршення якості виробленого борошна та крупи.

Вивчення технологій борошномельного та круп'яного виробництв базується на досконалому знанні таких складових:

- об'єкта переробки (анатомічної будови, фізико-технологічних властивостей та хімічного складу зерна);
- факторів, які впливають на процеси, що відбуваються в зерні під час підготовки його до переробки;
- машин і обладнання, які використовуються в технологічному процесі, та різні види технологій переробки зерна;
- наукових основ технологічних процесів виробництва борошна та крупи;
- технологічного і хімічного контролю якості переробленої продукції.

Все це висвітлено в навчальному посібнику «Технологія борошномельного та круп'яного виробництва», автори якого плекають надію, що він допоможе студентам агротехнологічних спеціальностей, працюючи на виробництві, забезпечити населення високоякісною продукцією борошна та крупи.

Частина 1
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА БОРОШНОМЕЛЬНИХ ТА КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР

Розділ 1
АНАТОМІЧНА БУДОВА ЗЕРНІВКИ

Зерно борошномельних і круп'яних культур має складну анатомічну будову. Її особливості мають суттєве значення в формуванні технологгічного потенціалу зерна. Співвідношення мас анатомічних частин зерна визначає потенційний вихід продуктів його переробки. Наявність квіткових плівок у таких культур, як ячмінь, овес, просо, рис вимагає введення в технологічний процес операції лущення. Наявність глибокої борозенки у зерна пшениці, жита і трітікале істотно впливає на організацію подрібнення крохмалистої частини ендосперму за сортового помелу.

Зернівка злакових культур (пшениця, жито, трітікале) має досить схожу будову і складається з трьох основних частин: ендосперму, оболонок і зародка (рис. 1, 2).

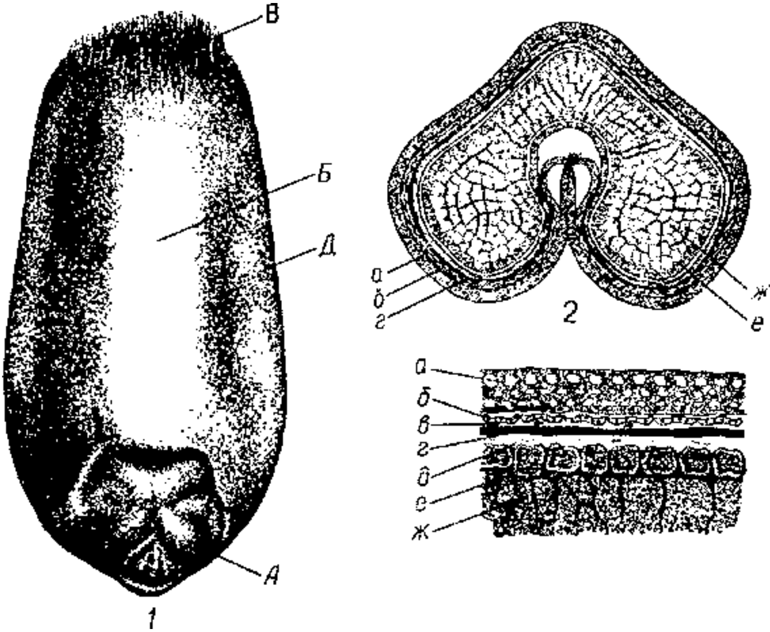


Рис. 1. Вигляд зернівки пшениці з боку спинки:
1 – А – зародок, Б – спинка, В – чубок, Д – бочок; 2 – поперечний розріз;
3 – деталь поперечного зрізу: а – поздовжній шар плодової оболонки,
б – поперечний шар плодової оболонки,
в – трубчастий шар плодової оболонки,
г – водонепроникний і пігментний шар,
д – набухаючий (гіаліновий) шар насінної оболонки,
е – алейроновий шар,
ж – ендосперм.

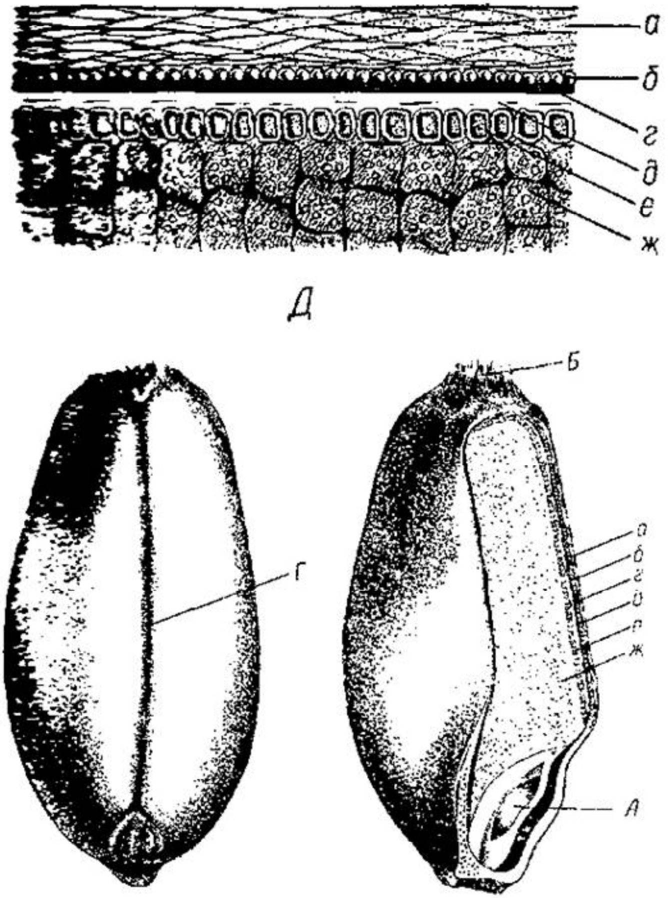


Рис. 2. Вигляд зернівки пшениці з боку борозенки

А – зародок, Б – чубок, Г – борозенка. Д – деталь поздовжнього зрізу:
а – поздовжній шар, б – поперечний шар,
г – пігментний шар, д – гіаліновий шар,
е – алейроновий шар, ж – ендосперм.

Зародок складається із зародкового корінця, стебельця і листків, розміщених у вигляді бруньки. Між ендоспермом і брунькою розміщується щиток – сім'ядоля зародка, що відіграє важливу роль у його живленні (рис. 3).

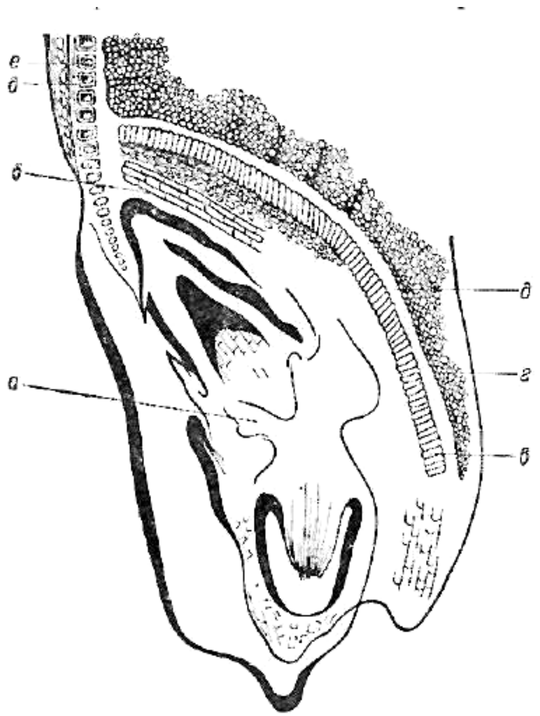


Рис.3. Зародок:

а – зачаточний росток і корінці, б – щиток зародка; в – всмоктуючі клітини щитка; г – клітини ендосперму; д – набухаючий (гіаліновий шар); е – алейроновий шар.

Зародок у зернівці з'єднаний з ендоспермом щитком, який має рихлу структуру і призначений для передачі за певних умов органічних речовин зародка в ендосперм у розчинному стані і навпаки – з ендосперму в зародок. Це біологічне значення зародка використовують в технології зерна до помелу для направленої зміни його технологічних властивостей. За сортових помелів зародок виділяють окремо, тому що в ньому міститься значна кількість жирів, внаслідок окислення яких погіршується якість борошна під час зберігання. У зародку зерна також міститься досить велика концентрація білка, вітамінів, мінеральних речовин.

Ендосперм – внутрішня частина зернівки, тобто борошнисте ядро, в якому зосереджені основні поживні речовини зерна. Крупні клітини ендосперму заповнені крохмальними зернами, між якими знаходяться білкові речовини. В ендоспермі відносно мало мінеральних речовин, жиру, вітамінів. Виняток становить зовнішній шар ендосперму, який складається з одного ряду чітко виражених крупних клітин. Його називають алейроновим шаром (рис. 4).

Він в одних культур (пшениця, жито, овес) складається з одного ряду, в інших (ячмінь) – з декількох рядів клітин. Алейроновий шар міцно зрісся з гіаліновим шаром насінної оболонки. Клітини алейронового шару прямокутні, товсто стінні, заповнені так званими алейроновими зернами, що складаються з білків, жиру і мінеральних речовин. Білки алейронового шару належать переважно до групи альбумінів (розчинна фракція) і істотно від-

різняються від білків ендосперму, що утворюють клейковину.

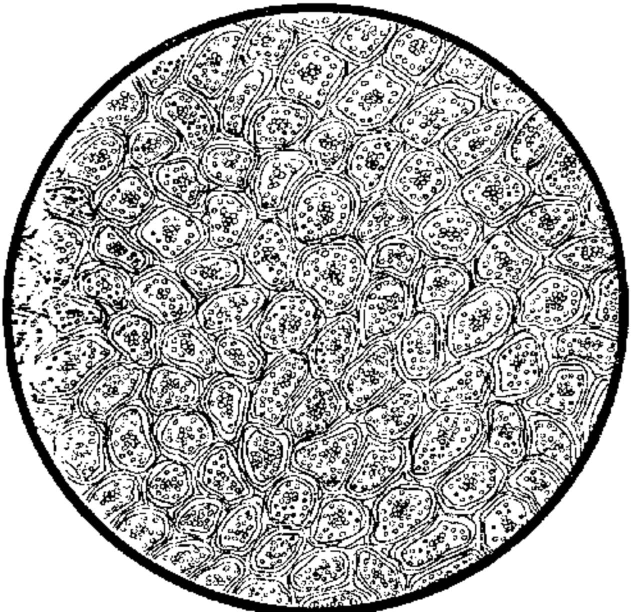


Рис.4. Алейроновий шар

Жир у клітинах алейронового шару розподілений у вигляді крапельки. Алейроновий шар містить також ензими, вітаміни, цукри. Крім того, важливою функцією цього шару є передача запасних речовин ендосперму до проростаючого зародка і тим доповнює роботу щитка. Розчинення крохмалю ендосперму відбувається безпосередньо під алейроновим шаром.

Розміщені під алейроновим шаром крупні тонкостінні клітини різноманітної форми займають всю внутрішню частину ендосперму. Ці клітини

заповнені крохмальними зернами різного розміру, в проміжках між ними знаходяться білкові речовини.

Алейроновий шар впливає на борошномельні властивості пшениці. В технологічному процесі простих помелів алейроновий шар направляють в борошно, а за складних сортових помелів основна його кількість йде в висівки із-за складності здрібнювання до розмірів, що відповідають розмірам частинок борошна.

До покривних частин належить гіаліновий шар, насінна і плодова оболонки. Клітини, які прилягають до щитка зародка і є спресованим шаром оболонок, утворюють так званий набухаючий (гіаліновий) шар (рис. 5).

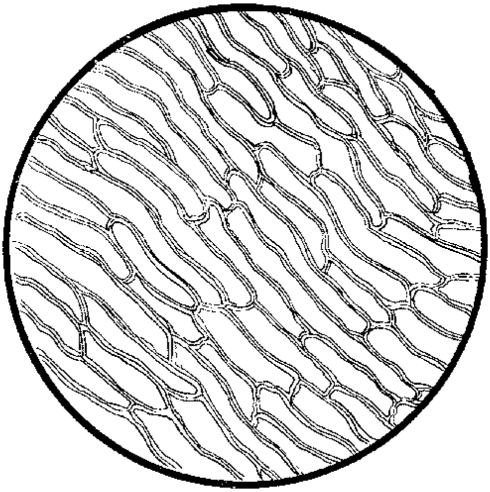


Рис. 5. Набухаючий (гіаліновий) шар

Він являє собою змінений одношаровий епідермміс, що розрісся з внутрішньої стінки і насінньового зачатка. Гіаліновий шар оточує весь ендосперм зерна і дуже щільно зрощений з алейроновим шаром та насінною оболонкою.

Насінна оболонка (інтегумент), що утворюється з покривів насінного зачатка квітки, складається з двох шарів клітин: зворотнього – водонепроникного, прозорого і внутрішнього – пігментного, що яскраво забарвлений. Розміри клітин 100…120× 15…20 мкм, товщина перших двох шарів 9…12, третього – 7 мкм.

Плодова оболонка складається з трьох шарів клітин:

- повздовжнього шару, що має кілька рядів поздовжніх клітин, які йдуть вздовж головної осі зерна. З верху зерна клітини поздовжнього шару утворюють виросток – чубок, цей шар блідо-солом'яно-жовтого кольору. Його клітини розміром 80…300×28…48 мкм, товщиною 3,0…5,7 мкм;
- поперечного шару (перикарпію), клітини якого розташовані перпендикулярно до головної осі зерна. Він забарвлений більш інтенсивно в жовтий колір. Між поперечним і поздовжнім шарами часто бувають розриви, або вони зовсім відстають один від одного. Розміри поперечних клітин 100…300×15…20 мкм, товщиною 10…15 мкм;
- трубчастого шару, який складається з окремих або з'єднаних між собою трубочок. Біля зародка він суцільний, а в інших частинах зер-

на зустрічаються окремі клітини трубчастого шару. Товщина трубчастих клітин 120…300×12…15 мкм.

Повздовжний шар плодової оболонки подано на рисунку 6, поперечний і трубчастий – на рисунку 7.

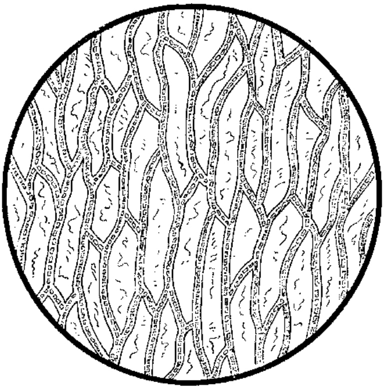


Рис. 6. Поздовжній шар плодової оболонки

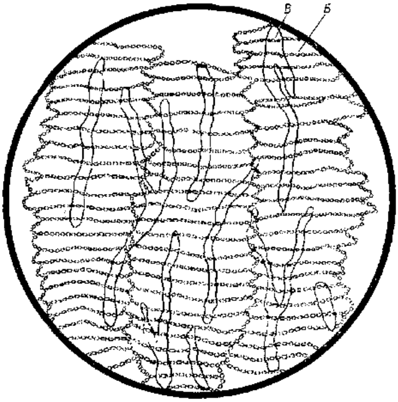


Рис.7. Поперчний і трубчастий шар плодової оболонки:

Б – поперечний шар плодової оболонки; В – тручастий шар плодової оболонки

Вагове співвідношення в зерні оболонок, ендосперму і зародка має важливе значення, тому що від цього залежить вихід борошна і крупи. Це співвідношення може змінюватись (табл. 1).

Таблиця 1. Співвідношення анатомічних частин зерна різних культур, %

Культура	**Квіткові плівки**	**Оболонки**		
		плодові	**насінні**	**всього**
Пшениця	-	3,5…4,4	1,1…2,0	5,6…8,9
Жито	-	5,1…7,5	4,7…7,0	11,1…14,4
Трітікале	-	-	-	9…13
Ячмінь	8…15	3,5…4,0	2,0…2,5	2,5…3,5
Овес	20…40	2,5…4,0	2,0…2,4	3,0…4,5
Рис	14…35	1,2…1,5	1,0…1,5	1,5…2,5
Гречка	-	17…25	1,5…2,0	19,5…26,0
Просо	16…22	-	-	7…8
Сорго	5…6	-	-	2…3
Горох	-	-	6…11	6…11
Кукурудза	-	-	-	5…8

Оболонки містять велику кількість клітковини та інших речовин, які не засвоюються організмом людини, а також мінеральних речовин. Плодові і насінні оболонки різняться за хімічним складом. У насінних оболонках втричі більше білка, ніж у плодових, в яких, навпаки, зосереджена основна кількість клітковини і пентозанів. В технологічних процесах простих помелів зерна вилучають, в основному, плодові оболонки, а насінні направляють

в борошно. За складних багатосортних помелів вилучають як плодові, так і насінні оболонки, які негативно впливають на колір і зольність борошна.

Продовження таблиці 1

Культура	**Ендосперм**			**Зародок зі щитком**
	алейро-новий шар	**крохма-листа частина**	**всього**	
Пшениця	6,3…8,9	77…85	83,5…92,0	1,4…3,8
Жито	9,2…12,2	70,8…77,7	81,7…89,2	3,4…4,3
Трітікале	-	-	82…87	2…4
Ячмінь	4…5,5	72…78	75,0…81,5	2,5…3,0
Овес	9…12,5	49…63	61,5…65,0	2,8…3,5
Рис	3…6	64…78	70…75	1,5…4,5
Гречка	3…5	57…65	60…70	10…15
Просо	6	-	65…75	3…4
Сорго	-	-	82…88	6…10
Горох	1…1,5	-	-	88…94
Кукурудза	2,2…3,3	77…82	78…84	8…14

Борозенка – це специфічне утворення складної форми на черевному боці поверхні зерна справжніх хлібів: пшениці, ячменю жита, вівса і трітікале. Наявність її істотно відбивається на організації і веденні сортових помелів. Борозенка характеризується шириною і глибиною залягання. Відношення глибини борозенки до товщини зерна пшениці знаходиться в межах 43…71%, а відношення розмаху петлі борозенки до ширини зерна – 7…36%. Таке

значне варіювання пояснюється як сортовими властивостями, так і умовами вирощування. У зерна жита розміри і форма петлі варіює менше, ніж у пшениці. Перше відношення знаходиться в межах 36…47%, друге – 2…4%.

У вівса за збільшення розмаху петлі погіршуються технологічні властивості, а під час лущення збільшується роздрібненя зерна.

Зерно кукурудзи складається з тих же частин, що і зерно колосових культур, але має деякі особливості. Воно різне за формою – кругле, видовжене, зубоподібне або з дзьобоподібно-загостреною верхівкою, крупніше, зародок більшого розміру, він глибоко занурений у зерно і становить 8…12 % маси зернівки. На кінчику зародка чітко видно чохлик. Ендосперм у зерна кукурудзи буває борошнистим або кременистим. У кременистих зерен майже весь ендосперм склоподібний і лише у самому центрі є незначна частка борошнистої консистенції.

Анатомічна будова зерна плівчастих культур відрізняється від анатомічної будови зерна пшениці, жита, трітікале наявністю квіткових плівок. У зернівки проса квіткові плівки суцільно облягають ядро, зростаються біля рубчика (зародка). Їхня товщина 0,1…1,5 мм, вони жорсткі і складаються з 3…4 шарів клітин. Маса плівок становить 14…23% від маси зерна. Плодові та насінні оболонки тонкі, безбарвні, складають 3 %, алейроновий шар тонкий, складається з одного шару клітин, становить 6% від маси ядра. Зародок проса заходить в середину зернівки, лише

злегка виступаючи над поверхнею ядра, складаючи 3…5% маси зерна, вихід крупи 78…81%.

Хімічний склад анатомічних частин зерна проса має суттєві відміни (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічний склад зерна проса та його анатомічних частин, %

Частини зерна	Білок	Безазотисті екстрактивні речовини	Жир	Клітковина	Мінеральні речовини
Зерно	13,4	60,9	4,3	11,2	3,8
Ядро	14,9	71,3	4,7	0,8	1,0
Ендосперм	12,9	81,6	1,4	0,6	0,5
Зародок	25,4	9,6	23,1	4,1	6,9
Квіткові плівки	4,2	0,3	0,4	54,1	12,1

Плід гречки складається з плодової, насінної оболонок, алейронового шару, ендосперму та зародка. Зовнішня (плодова) оболонка охвачує ядро, зростаючись з ним лише в середині основи, її товщина 0,12…0,18 мм, складається вона з чотирьох рядів клітин. Плодова оболонка складається ніби з трьох пластинок, які утворюють грані плоду, що зростаються на ребрах, за надавлювання вона легко розпадається на три частини. Плодова оболонка складає плівчастіть, яка знаходиться в межах від 17 до 27%. Недозріле зерно гречки (рудяк) має плівчастість 40…50%.

Ядро гречки покрите насінною оболонкою, яка має в достиглого зерна забарвлення від кремового до рожевого, а в недозрілого – світло-зелене. Насінна оболонка складається з трьох рядів клітин, містить пігментний, який під час нагрівання темніє. Вона становить 1,5…2,0% від маси зерна. Алейроновий шар однорядний, складається з тонкостінних клітин, становить 3…5% від маси зерна. Зародок знаходиться всередині ендосперму і становить 10…20% маси зерна. Крохмальні зерна дрібні, розміром 4…10 мкм. Жир гречки невиси-хаючий, стійкий в процесі зберігання і містить речовину, яка заважає утворенню холестерину в організмі людини. Вихід крупи залежно від сорту становить 70…78%. В зерні багато інших хімічних речовин (табл.3).

Насіння бобових не має ендосперму, а запасні речовини відкладаються в зародку та сім'ядолях. Насінна оболонка є дуже щільною і зверху покрита кутикулою. Суцільна тонка плівка кутикули не пропускає повітря та воду. В недозрілому насінні між насінною оболонкою та сім'ядолями знаходиться тонкий шар ендосперму. Насіння бобових має різну форму та забарвлення. Під насінною оболонкою знаходиться зародок, що складається з двох сім'ядоль, які прикріплені до вкороченого стебла, що зверху переходить у брунечку, а знизу в корінчик.

Таблиця 3. Хімічний склад зерна гречки та його анатомічних частин, %

Частини зерна	**Бі-лок**	**Крох-маль**	**Цу-кор**	**Жир**	**Клітко-вина**	**Міне-ральні рєчо-вини**
Зерно	13,1	60,1	1,6	2,6	13,4	2,2
Ядро з зародком	14,0	76,6	2,0	3,0	1,2	1,7
Плодові оболонки	4,1	0,5	0,2	0,5	68,1	2,6

Співвідношення основних частин насіння гороху і квасолі знаходиться в таких межах: насінна оболонка – 6,4…11,0, сім'ядолі – 87,2…92,5%.

Хімічний склад насіння бобових культур характерризується такими показниками (табл. 4).

Таблиця 4. Хімічний склад насіння бобових культур, %

Культура	**Білок**	**Вугле-води**	**Клітко-вина**	**Жир**	**Мінеральні речовини**
Горох	21,8	60,8	5,9	2,4	2,9
Чина	24,9	59,9	6,9	2,8	2,8
Сочевиця	29,9	59,5	4,2	2,3	3,1
Квасоля	29,1	58,5	5,4	2,3	3,5
Соя	42,4	26,9	5,8	20,6	5,6

Контрольні питання

1. З яких частин складається зернівка злакових культур?
2. Які хімічні речовини входять до складу ендосперму зерна?
3. Що таке алейроновий шар і з чого він складається?
4. Який хімічний склад оболонок зерна і як вони впливають на якість борошна?
5. Який хімічний склад зародка і як він впливає на якість борошна?
6. Яка анатомічна будова зерна круп'яних культур?
7. Чим характеризується борозенка зерна справжніх хлібів?

Розділ 2
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА

2.1. Геометрична характеристика зерна

Лінійні розміри – довжина, ширина, товщина – найважливіші показники, які дають зерну геометр-ричну характеристику. Довжиною вважається відстань між верхівкою і основою зерна, шириною – найбільша віддаль між боками, товщиною – віддаль між спинкою і черевцем. Визначення цих розмірів характеризує крупність зерна.

Геометрична характеристика зерна визначає щільність укладання під час формування шару (шпаруватість) і особливо під час переміщення чи транспортування. Важливе значення показники геометричної характеристики мають для процесів перенесення тепла і води, особливо під час гідротермічної обробки зерна. Усі показники геометричної характеристики зерна змінюються досить суттєво. В зв'язку з цим варіюють значення об'єму, площі зовнішньої поверхні зерна, їхнє співвідношення і сферичність (табл. 5).

Таблиця 5. Геометрична характеристика зерна

Культура	**Лінійні розміри, мм**			**Об`єм (V), мм^3**	**Площа зовнішньої поверхні (F), мм^2**	**Сферичність**	**Співвідношення V/F, мм**
	довжина	**ширина**	**товщина**				
Пшениця	4,2…8,6	1,6…4	1,5…3,8	11…56	40…75	0,82…0,85	0,49…0,64
Жито	5…10	1,4…3,6	1,2…3,5	10…30	30…45	0,45…0,75	0,28…0,42
Ячмінь	7…14,6	2…5	1,4…4,5	20…40	35…60	0,76…0,83	0,45…0,65
Овес	8…16,6	1,4…4	1,2…3,6	19…36	30…65	0,64…0,77	0,36…0,54
Рис	5…12	2,5…4,3	1,2…2,8	12…35	30…55	0,73…0,87	0,35…0,60
Кукурудза	5,5..13,5	5…11,5	2,5…8	140…260	80…145	0,55…0,80	0,70…0,90
Просо	1,8…3,2	1,2…3	1…2,2	5…6	10…18	0,90	0,50…0,80
Сорго	2,6…5,8	2,4…5,6	2…5	50…85	60…95	0,95	0,75…0,85
Горох	4…10	3,7…10	3,5…10	114…320	150…270	0,96	0,80…0,95
Гречка	4,4…8	3…5,2	2…4,2	9…20	30…55	0,60…0,65	0,50…0,70

Лінійні розміри зерна характеризують його крупність, а однорідність партії зерна за крупністю визначає її вирівняність. Якщо в партії зерно в основному однакове за розмірами, то її вважають вирівняною.

Вирівняність зерна за крупністю має важливе значення в технології одержання борошна. В процесі переробки виповненого зерна округлої форми одержують більше борошна, ніж за переробки зерна, яке має гранчасту форму та загострені краї. Для того, щоб правильно провести процес розмелювання, зерно ділять на фракції:

- крупна – схід з сита з отворами розміром 2,8×20, мм;
- середня – прохід крізь сито з отворами розміром 2,8×20, мм, схід з сита з отворами 2,2 × 20, мм;
- дрібна – прохід крізь сито з отворами розміром 2,2 × 20, мм, схід з сита з отворами 1,7 × 20, мм.

Якщо відносний вміст зерен крупної і середньої фракцій в зерновій партії складає 85%, то зерно вважають однорідним або вирівняним за крупністю. Прохід крізь сито з отворами розміром 1,7×20 мм відносять до неповноцінних зерен.

Вирівняне зерно краще очищається від домішок, тому що можна точніше підібрати відповідний розмір отворів сит для сепарування, розмір і форму чарунок в трієрах, швидкість повітряного потоку в аспіраційних машинах.

2.2. Структурно - механічні властивості зерна

Важливе значення під час переробки зерна в борошно чи крупу має його міцність, тобто здатність протистояти руйнуванню в процесі технічного впливу. Цю величину можна встановити, якщо врахувавти витрати електроенергії на подріблення певної наважки зерна і визначити утворену поверхню подрібнених часток. Розмелювання проводять за допомогою лабораторного валкового станка із заданими геометричними і кінематичними параметрами валків, а поверхню утворених частинок визначають шляхом просіювання крізь сита з отворами різного діаметра. На основі цих даних розраховують величину міцності як роботу, затрачену на утворення поверхні зерна під час подрібнення, обчислюючи її за формулою:

$$M = A/\Delta S,$$

де: M – міцність зерна (кгм/м^2);

A – робота на подрібнення (кгм);

ΔS– поверхня, утворена після подрібнення (м^2).

Для повнішнього уявлення про структурно-механічні властивості зерна необхідно знати харатеритику не лише зерна в цілому, а й його окремих анатомічних частин – оболонок, зародка і ендосперму , які в процесі розмелювання піддаються дії робочих органів машин в неоднаковій мірі. Для цього потрібно визначити мікротвердість зернівки і її окремих частин. Мікротвердість – це опір значній

пластичній деформації, яка визначається спеціальним приладом ПМТ–3 (рис. 8). На зернівку або її окремі частини діють індектором за різного навантаження. Таким інструментом є алмазна піраміда з квадратною основою і кутом 136^0 з вершиною між протилежними боками, яка дає відбитки на поверхні досліджуваного об'єкта.

За однакового навантаження глибина вдавлювання алмазної піраміди буде залежати від твердості досліджуваного матеріалу, яку визначають за формулою :

$$\mathbf{H = P/F = 1.854P/d^2, кг/мм^2,}$$

де: H – твердість (кг/мм^2);

P – нанесене навантаження (кг);

F – бічна поверхня відбитку (мм^2);

d – величина діагоналі відбитку (мм^2).

Структурно-механічні властивості зерна значною мірою залежать від багатьох факторів: сортових властивостей, грунтово-кліматичних умов, технології вирощування, фази стиглості зерна, особливо його вологості. Зі збільшенням вологості зерна його міцність збільшується, на розмелювання вологого зерна витрачається більше енергії, ніж на подрібнення сухого зерна (табл. 6).

Мікротвердість же зерна, його опір пластичній деформації зменшується. Сухе зерно поводить себе як крихке тіло, вологе – як еластичне.

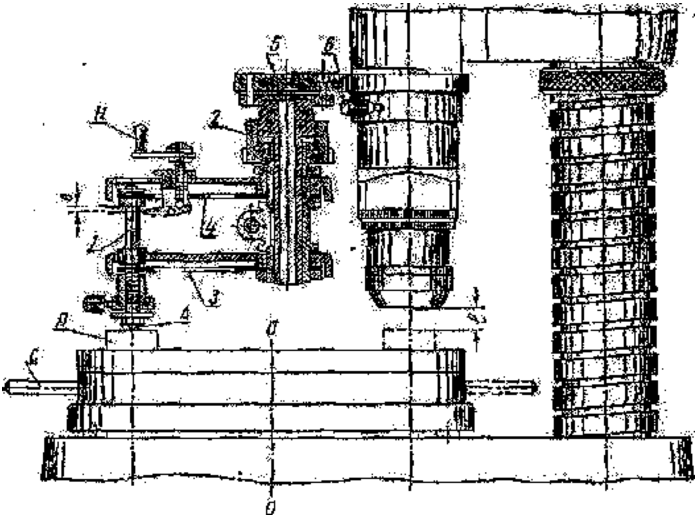


Рис. 8. Схема механізму навантаження приладу ПМТ-3 для визначення мікротвердості зерна:

1 - шток; 2 - гайка підйому механізму навантаження; 3 - нижня і 4 - верхня пружні пластини; 5 – корпус; 6 – центрований гвинт правий; А – алмазна піраміда; Н – рукоятка аретира; С – рукоятка стола; П – предмет; 0 ~ 0 – вісь обертання столика; " – вільна віддаль між предметом і об'єктивом; є – зазор між фланцем штока і аретирним важелем.

Таблиця 6. Вплив вологості на міцність зерна пшениці

Вологість, %	Міцність, кгм/м^2	Мікротвердість, кг/мм^2	
		оболонок	ендосперму
9,5	285	6,25	15,25
14,0	345	4,21	11,20
16,6	422	3,17	8,33
19,6	517	2,57	6,35

Певний вплив на структурно-механічні властивості зерна має температура. Зі зменшенням температури міцність зернівки зменшується, а мікротвердість збільшується, зерно стає крихкішим. Це відбувається як в склоподібному, так і в борошнистому зерні.

2.3. Консистенція ендосперму

На технологічну, а інколи на харчову цінність зерна впливає консистенція ендосперму. Якщо роздивлятись зернівку в поперечному розрізі, то там будуть ділянки з характерною склоподібною структурою і ділянки борошнисті, непрозорі. Розрізняють три фракції консистенції:

1) повністю склоподібні, до цієї фракції відносять також частково борошнисті зерна, борошнистість яких не перевищує ¼ частини поверхні поперечного розрізу зерна;
2) повністю борошнисті, або не більше ¼ частини поверхні зерна зі склоподібним ендоспермом;

3) частково склоподібні – решта зерен.

Ендосперм може бути повністю склоподібним або повністю борошнистим, або склоподібні і борошнисті ділянки комбінуються в ньому в різному співвідношенні. Ця різниця у зовнішньому вигляді склоподібного і борошнистого ендосперму є виразом глибоких розбіжностей в структурі клітинного вмісту його тканин. Крохмальні зерна і білкові речовини в клітинах ендосперму знаходяться в певних морфологічних взаємовідносинах. В склоподібному ендоспермі значна частина білка тісно пов'язана з крохмальними зернами, утворюючи широкі прошарки так званого прикріпленого білка, які не відокремлюються від них за інтенсивної механічної обробки. Інша частина білка в процесі розмелювання відокремлюється. Цей білок називають проміжним. В борошнистому ендоспермі зерна крохмалю слабко зв'язані з шаром прикріпленого до них білка і з проміжним білком. Ендосперм же склоподібної консистенції являє собою монолітну систему «крохмаль-білок», в якій проміжний білок міцно з'єднаний з зернами крохмалю. Під час подрібнення зерна борошнистих пшениць проміжний білок відокремлюється значно легше, вивільнюючи крохмальні зерна з прикріпленим до них білком. Якщо подрібнюють склоподібний ендосперм, проміжний білок руйнується разом з міцно включеними в нього крохмальними зернами.

Консистенція ендосперму має неабияке значення для розмелу зерна пшениць. Від цього залежить режим і схеми розмелу, набір крупок і їхня

якість, відокремлювання висівок і розподіл часток борошна за величиною. Склоподібне зерно пшениці краще вимелюється і дає більше крупи поліпшеної якості.

Останніми науковими дослідженнями встановлено, що за однакової склоподібності зерна різні сорти пшениці характеризуються неоднаковими технологічними властивостями: кількістю крупок і дунстів, вимелюванням, виходом і структурою борошна, витратами електроенергії на розмелювання. Пояснюється це різною твердістю зерна. Ендосперм твердозерної пшениці руйнується переважно по краю клітин. З такого зерна одержують борошно питльоване, воно добре просіюється крізь сита, частинки мають форму, близьку до кубічної. Під час подрібнення м'якозерної пшениці ендосперм руйнується по внутрішній частині клітини, внаслідок чого частинки борошна мають неправильну форму, багато дрібних фрагментів клітин і навіть окремих крохмальних гранул. У такому борошні міститься багато «коржиків» і злиплих частинок, що істотно утруднює виділення борошна в розсійниках і спричинює замазування отворів сит.

Твердозерність є показником борошномельних властивостей зерна, вона є стійкою сортовою ознакою. Зерно пшениці виявляє властивості твердо – чи м'якозерності залежно від властивостей структури ендосперму, генетично зумовленої належності до визначеного сорту. Борошномельні властивості твердозерних пшениць погір-

шуються лише від запалу зерна, а також коли, під час вирощування не вистачає азоту, особливо якщо цей дефіцит поєднується з надмірним зволоженням.

Твердозерність пшениці оцінюють за питомою поверхнею борошна, проходом крізь сито з визначеними розмірами отворів (наприклад, 74 мкм). Використовують також вимір затрат електроенергії на подрібнення проб зерна. У вітчизняній практиці твердозерними вважаються сорти пшениці, розмір питомої поверхні борошна яких менший 2600 $см^2$/г, і м'якозерними, якщо він більший 3000 $см^2$/г.

2.4. Питома маса зерна

Питома маса, або щільність зерна має важливе значення для обробки його. Вона залежить в основному від хімічного складу і анатомічної будови зерна. До складу його входять речовини з різною питомою масою: крохмаль – 1,5 г/мл, білок – 1,345, клейковина 1,25…1,28 г/мл, жир – менше 1. Тому зі збільшенням вмісту крохмалю питома маса зерна буде більшою, а білка або жиру – меншою.

Різна консистенція ендосперму також впливає на питому масу зерна – склоподібний має більшу питому масу, ніж борошнистий ендосперм. Повітряні порожнини в тканинах зерна значно зменшують цей показник, що спостерігається у плівчастих культур (ячмінь, овес, рис).

Питома маса зерна залежить також від ступеня стиглості і буває найбільшою в повну стиглість (табл.7).

Таблиця 7. Питома маса зерна залежно від фаз його стиглості, г/ мл

Культура	Молочний стан	Воскова стиглість	Повна стиглість
Пшениця	1,15	1,24	1,33
Жито	1,11	1,17	1,26

Анатомічні частини зерна з різною будовою і різним хімічним складом характеризуються і різною питомою масою (табл. 8).

Ендосперм, у якому переважає крохмаль, має найбільшу питому масу. Багатий жиром зародок відзначається значно меншою питомою масою, ще менша вона у оболонки, яка містить багато клітковини і має капілярний простір, заповнений повітрям.

Отже, якщо зерно погано виповнене, ендосперм його недорозвинутий, а вміст оболонок, навпаки, збільшений, то таке зерно буде мати і меншу питому масу, ніж зерно добре виповнене. У склоподібного ендосперму, хоч в ньому й міститься, як правило, більше білкових речовин, питома маса більша, ніж у борошнистого.

Таблиця 8. Питома маса цілого зерна і його частин, г/ мл

Пшениця	Ціле зерно	Ендосперм	Зародок	Оболонка
Озима м`яка	1,374	1,472	1,275	1,106
Яра м`яка	1,366	1,471	1,290	1,066
Яра тверда	1,482	1,383	1,285	1,115

Після подрібнення питома маса однакових за розміром часток склоподібного і борошнистого ендосперму буде однаковою. Очевидно, різниця у величині цього показника до подрібнення пояснюється особливостями структури їхніх тканин. Найвірогідніше, в борошнистому ендоспермі є повітряні порожнини. Зі збільшенням вологості зерна його питома маса закономірно зменшується.

Контрольні питання

1. За якими показниками визначають геометрричну характеристику зерна?
2. Яке значення має вирівняність зерна в технології одержання борошна?
3. На які фракції поділяють зерно, щоб правильно провести процес розмелювання?
4. Що таке структурно-механічні властивості зерна і від чого вони залежать?
5. Як характеризується консистенція ендосперму зерна пшениці?
6. Яке значення має консистенція ендосперму зерна для розмелювання?

7. Що таке твердозерність?
8. Від чого і як залежить питома маса зерна?

Розділ 3
ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА

За хімічним складом зерно і насіння поділяють на три групи: багате на крохмаль; багате на білки; багате на жири. До першої групи відносять зерно злакових культур і насіння гречки. Вони містять вуглеводів 70…80%, основну частину яких становить крохмаль, білків 10…16% і жиру 2…5%. До другої групи належить насіння бобових культур, яке містить білків 25…30, вуглеводів 60…65 і жиру 2…4%. До третьої групи належать олійні культури, в насінні і плодах яких жиру міститься 25…50, білків 20…40%, а також бобові (соя, арахіс).

Кількісне співвідношення хімічних речовин зерна має дуже важливе значення для використання його у продовольчих і харчових цілях. Харчова цінність продуктів переробки залежить в першу чергу від вмісту в зерні білкових речовин, вуглеводів, жирів, вітамінів і мінеральних речовин. В процесі виробництва хліба, макаронних виробів і інших цінних продуктів суттєву роль відіграють ферменти зерна, від активності яких залежить перетворення білків і вуглеводів на різних етапах виготовлення цих продуктів.

3.1. Білкові речовини

Це складні високомолекулярні сполуки, до складу яких входять вуглець (51…55%), азот (16,5…18,5%), кисень (21…23%), водень

(6,6…7,3%), сірка (0,3…2,4%), до складу деяких білків входять фосфор (0,2…2,0%), залізо та інші елементи. Білки – найважливіші речовини, які входять до складу живої клітини. В зерні білкових речовин міститься менше ніж вуглеводів, але в побудові живої матерії та здійсненні процесів життєдіяльності вони мають найважливіше значення. Майже всі реакції в організмі відбуваються за участю білків. Вони утворюють основу протоплазми будь-якої живої клітини, разом з ліпідами утворюють структуру усіх клітинних мембран і органел. Лежать в основі імунітету організму до інфекційних агентів і сторонніх речовин.

Білки являють собою високомолекулярні сполуки, побудовані з решток амінокислот. Основними структурними елементами білків є такі двадцять амінокислот: глікокол, аланін, норвалін, валін, лейцин, ізолейцин, лізин, аргінін, аспарагінова кислота, глютамінова кислота, треонін, серин, цистин, цистеїн, метионін, фенілаланін, тирозин, пролін, гістидин, триптофан. Усі ці амінокислоти синтезуються рослинним організмом і мають важливе значення для усіх живих істот, тому що за рахунок них здійснюється синтез білка.

Особливо суттєве значення мають незамінні амінокислоти. Організм людини не може синтезувати ці амінокислоти і повинен одержувати їх у готовому вигляді з продуктами харчування. Незамінними для людини вважаються 8 амінокислот: лізин, триптофан, метионін, фенілаланін, валін, треонін, ізолейцин і лейцин, для тварин – ще аргінін і гістидин. Їхній

вміст залежить від культури, її сорту, а також умов вирощування.

Лізин потрібний для синтезу складних білків – нуклепротеїдів, які містяться в значній кількості в ядрах клітин і відіграють першочергову роль в явищах спадковості.

Триптофан потрібний для синтезу гемоглобіну крові і нікотинової кислоти (вітамін РР), яка стимулює процеси біологічного окислення. Нестача вітаміну РР викликає захворювання шкіри. В організмі людини нікотинова кислота може синтезуватися із триптофану, внаслідок чого потреба у вітаміні РР змінюється залежно від вмісту в продукті триптофану (тобто від рівня білковості продукту харчування).

Метионін, цистин і цистеїн є джерелом сірки, вони беруть участь в окислювально-відновних процесах організму. Метионін потрібний для синтезу гормону адреналіну і біологічно важливих речовин – креатину і холіну.

Лейцин сприяє утворенню холестерину і каротиноїдів. В організмі людини і тварини каротиноїди відіграють важливу роль як вихідна речовина для синтезу вітамінів групи А.

Фенілаланін бере участь в утворенні гормону адреналіну, який впливає на обмін речовин. Порушення обміну фенілаланіну викликає у немовлят недоумкуватість.

Вмістом незамінних амінокислот визначається біологічна цінність білка. Відсутність або нестача цих амінокислот в продуктах харчування викликає

порушення нормальної діяльності організму людини. Якщо людина щоденно не одержить 1 г триптофану, 4…6 – лейцину, 3…4 – ізолейцину, 4 – валіну, 2…3 – треоніну, 3…5 – лізину, 2…4 – метионіну, 2…4 – фенілаланіну (в сумі всього від 21 до 31 г), то рівновага між процесами розпаду і синтезу порушиться, і людина буде голодувати, не відчуваючи почуття голоду. Отже, білки зерна злакових культур не-повноцінні за деякими незамінними амін окислотами, перш за все за лізином, метионіном, триптофанном і треоніном. Для харчування тваринного організму і організму людини важливе значення має збалансованість амінокислотного складу білків.

У білку знаходяться різні форми зв`язку. Велика і складна молекула білка утворюється внаслідок виникнення різноманітних зв`язків різної міцності. Найміцніші – ковалентні зв`язки. До них належать пептидні, дисульфідні і складноефірні.

Пептидним зв`язком (-CO-NH-) з`єднуються між собою рештки амінокислот. Дисульфідний зв`язок (-S-S-) утворюється за рахунок двох сульфгідрильних груп (-SH) решток цистеїну. Для фосфопротеїнів характерне утворення ефірів фосфорної кислоти і серину.

Важливим є також іонний зв`язок (сольовий), характерний для солей і обумовлений притяганням між протилежно зарядженими іонами.

В білках існують також слабкі водневі зв`язки. Водневий зв`язок проявляється між атомами водню з атомами найбільш електровід’ємних елементів (O, N, Fe тощо). Він слабкіший, ніж ковалентний чи

іонний зв`язок, але сильніший, ніж слабкі сили міжмолекулярного притягання. Ще слабкіші гідрофобні взаємодії – особливий різновид слабких між молекулярних сил, які діють лише між неполярними молекулами (радикалами) і тільки у водяному середовищі. Гідрофобною взаємодією володіють рештки (радикали) валіну, лейцину, фенілаланіну, а також, можливо, проліну, аланіну, триптофану і цистину.

За сучасним уявленням білки мають декілька послідовних типів просторової організації структури. Розрізняють чотири рівні структури або організації білкової молекули: первинна, вторинна, третинна і четвертинна.

Первинна структура виникає завдяки пептидним зв`язкам між α-карбоксильною і α-аміногрупою:

$$R\text{–}CH\text{–}CO\text{–}OH + R'\text{–}CH\text{–}COOH \rightarrow H_2O + R\text{–}CH\text{–}CO\text{–}NH\text{–}CH\text{–}COOH$$

NH_2 NH_2 NH_2 R'

Вторинна структура утворюється завдяки водневим зв`язкам. Хоч водневі зв`язки слабкі, але вони присутні в молекулі білка в значній кількості і тому відіграють важливу роль в підтриманні структури білкової молекули.

Третинною структурою називають упаковку в просторі поліпептидного ланцюга, окремі ділянки якого мають вторинну структуру. За формою білкової молекули, яка склалася на третьому рівні просторової її організації, розрізняють білки глобулярні і фібрилярні. Глобулярні білки – розчинні речовини з компактною третинною структурою. За формою вони наближаються до кулі або еліпсоїда обертання. Фібрилярні білки мають ниткоподібну форму. Вони, як правило, нерозчинні, виконують захисні функції.

Четвертинна структура – це асоціація декелькох мономерів, які утворені окремими поліпептидними ланцюгами. Четвертинну структуру утворюють водневі зв`язки.

Білки зерна за здатністю розчинятись у різних розчинниках поділяють на альбуміни – розчинні в чистій воді і в сольових розчинах; глобуліни – розчинні тільки в сольових розчинах, але не розчинні в чистій воді; проламіни – нерозчинні у воді і в сольових розчинах, специфічним розчинником для цих білків є етиловий або метиловий спирт у концентрації від 50 до 70 %; глютеліни – розчинні тільки в слабких кислотах або лугах.

3.1.1. Білкові речовини пшеничного зерна

Для використання зерна на харчові цілі важливе значення мають запасні білки, які в пшениці зумовлюють хлібопекарські властивості борошна. Ці запасні білки: проламіни (у пшениці вони називаються гліадином) і глютеліни (у пшениці – це

глютенін) утворюють клейковину, яка відіграє першочергову роль у хлібопекарській і макаронній промисловості. Раніше вважали, що кращі хлібопекарські якості пшениці проявляються, якщо співвідношення між гліадином і глютеніном близьке до одиниці. Проте останнім часом встановлено, що чим більший вміст глютеніну, тим повноцінніший хліб, бо глютенін має більший вміст незамінних амінокислот.

Великий вміст клейковини не лише поліпшує харчову цінність хліба, а є основною умовою добрих хлібопекарських якостей борошна і значною мірою зумовлює об`ємний вихід хліба, співвідношення між висотою череневого хліба і його діаметром, шпаристість і зовнішній вигляд. Від кількості клейковини і її якості в основному залежать реологічні властивості тіста. Якість клейковини визначається сукупністю її фізичних властивостей, таких як пружність, еластичність, розтяжність, в`язкість, зв`язність, а також здатністю зберігати ці властивості в процесі виготовлення хліба. За цими властивостями клейковина поділяється: на сильну, яка має помірну пружність, зв`язність і достатню розтяжність; слабку – досить розтяжну й недостатньо пружну; міцну коротскорвучу – досить пружну і малорозтяжну; крихку – недостатньо зв`язну.

За фізичними властивостями клейковину поділяють на три групи: до першої належить клейковина з доброю еластичністю і середньою розтяжністю, або з показниками від 45 до 75 одиниць, що

визначаються за допомогою спеціального приладу ВДК-1 (вимірювач деформації клейковини); до другої – з задовільною еластичністю і сильною чи слабкою розтяжністю, або ж з показниками цього приладу від 20 до 40 чи від 80 до 100; до третьої – клейковина з незадовільною еластичністю і сильною чи слабкою розтяжністю, або з показниками від 0 до 15 чи від 105 до 120.

Останнім часом встановлено, що якість клейковини визначається неоднаковим агрегатним складом її білкових молекул, які утворюють своєрідну просторову структуру міцності за рахунок неоднакової кількості різних поперечних зв`язків, або "місточків", які з`єднують окремі поліпептидні ланцюги в єдине ціле. Структура молекули сильної, пружної клейковини відрізняється від структури слабкої, розтяжної більшою кількістю поперечних зв`язків. Однак, фізичні властивості її визначаються не лише загальною кіль-кістю поперечних "місточків", а й їхньою природою та просторовим розміщенням. Сукупність цих факторів зумовлює ступінь взаємодії білкових макромолекул клейковини, доступність гідрофільних і хімічно активних угруповань для дії розчинників, ступінь здатності до утворення ще високомолекулярніших комплексів між собою або з речовинами іншої природи. При цьому важливе значення для якості клейковини мають дисульфідні зв`язки. Було встановлено, що клейковина сортів сильної пшениці містить більше цих зв`язків, ніж слабкої. Проте кількість дисульфідних зв`язків зазнає істотної мінли-вості під впливом умов вирощування і зберігання, тому цей

критерій не може бути достатнім для визначення якості клейковинного комплексу. Очевидно, основну причину мінливості якості клейковини треба шукати в гетерогенності й поліморфізмі білків.

Важливо, що синтез кожного білка регулюється генетично і, можливо, кожний простий білок є безпосереднім продуктом діяльності структурного гена. Встановлено, що гени, які контролюють синтез гліадину пшениці, локалізовані в хромосомах 1А, 1В, 1Д, 6А, 6В, 6Д. Вивчено не лише амінокислотний склад, але й послідовність амінокислотних залишків деяких проламінів. Доведено, що ці білки насичені амінокислотними залишками глютамінової кислоти і проліну.

Запасні білки зерна синтезуються на рибосомах, які прикріплені до мембран ендоплазматичного ретикулуму. Поліпептидні ланцюги проникають крізь мембрану, з`єднуються з залишками глюкози і утворюють, так звані білкові тіла. Надзвичайно важливо, що під час синтезу запасних білків вони зразу ж виходять із цитоплазми і не утворюють розчинного продукту. У зв`язку з цим, незалежно від загальної кількості в зерні запасних білків, їхня концентрація в цитоплазмі не збільшується. Тобто, теоретично частка білка в зерні може бути значно збільшена без втрат для метаболічних процесів у клітинах. Певно, причини, які зумовлюють відносно невелику білковість пшениці, не пов`язані з негативною дією підвищеної концентрації білка на інтенсивність його біосинтезу.

Встановлено, що за збільшеної білковості зерна під впливом умов вирощування синтез спирто-

розчинних білків відбувається швидше. Це зумовлює зменшення вмісту лізину в білку зі збільшенням його в зерні. Така залежність пов`язана зі збільшенням проламінів у сумарному білку, які в пшениці мають усього 0,5…0,7 % лізину. Виявлена закономірність дозволяє розраховувати вміст лізину в білку певного сорту з різним рівнем білковості. Але треба мати на увазі, що ця залежність має криволінійний характер і за вмісту білка більше 14…15% майже не проявляється.

Незважаючи на таку залежність, вміст лізину в одиниці маси зерна за збільшення його білковості зростає. Це пояснюється тим, що деяке зменшення лізину в білку менше впливає на його вміст в зерні, ніж збільшення білковості. Наприклад, якщо вміст білка в пшеничному зерні дорівнює 10%, а в ньому лізину 2,8%, то в 100 г зерна буде 2,8 г лізину. Якщо ж вміст білка досягне 14% і кількість лізину в ньому зменшиться до 2,6%, то в 100 г зерна його буде 3,6 г, або на 0,8 г більше.

Вміст клейковини і її якість, а звідси й хлібопекарська цінність пшениці змінюються в значних межах. Фактори, які впливають на клейковину, можна об`єднати в три групи:

1) внутрішні причини, властиві сорту (генетичні);
2) умови вирощування рослин і достигання зерна (екологічні);
3) дія фізичних і хімічних агентів, якими обробляють зерно, борошно чи клейковину (екзогенні).

Усі сорти м`якої пшениці за генетичними властивостями поділяються на три групи: сильні,

середні і слабкі. Сильними, або поліпшувачами, називають сорти м`якої пшениці, з борошна яких за відповідного технологічного процесу приготування тіста одержують формостійкий хліб великого об`єму, з доброю шпаристою м`якушкою. Характерна особивість клейковини з борошна цих пшениць полягає в тому, що за весь період виготовлення тіста (бродіння і механічної обробки) вона гідролізується в межах, які не порушують добру газоутримуючу здатність тіста. Додавання таких пшениць до партій з поганими хлібопекарськими властивостями забезпечує одержання борошна, доброго в хлібопекарському відношенні.

Середні, або цінні пшениці, їх ще називають філерами, дають борошно і хліб доброї якості без додавання сортів-поліпшувачів.

У слабких пшениць генетично слабка клейковина. Слабкі пшениці дають хліб з малим об`ємним виходом і поганою шпаристістю. В таблиці 9 наведена характеристика сортів сильних і цінних пшениць, усі показники, що менші від показників цінних пшениць, характерні для слабких пшениць.

Таблиця 9. Характеристика зерна сортів сильної і цінної пшениці за технологічними, хімічними, фізико-хімічними та реологічними показниками

Показники якості	**Пшениця**	
	сильна	**цінна**
Твердозерність	Твердозерні і серед-ньотвердозерні	
Склоподібність, %, не менше	60	50
Білок, %, не менше	14	13
Клейковина в зерні, %, не менше	28	25
Клейковина в борошні 70%-ного виходу (ручний метод), %, не менше	32	29
Клейковина в борошні 70 % -ного виходу (інструментальний метод за допомогою глютоматіка), %, не менше	30	27
Якість клейковини в зерні і борошні (за ВДК-1), од.п.	45…75	45…85
Розрідження тіста за фаринографом, од. ф., не більше	60	80
Валориметрична оцінка, од. ф., не менше	70	55
Сила борошна, од. а., не менше	280	260
Пружність тіста за альвеографом, мм, не менше	80	70
Співвідношення пружності до розтяжності за альвеографом	0,7…2	0,7…2,2
Об`єм хліба, см^3, не менше	1200	1000
Загальна оцінка балів, не менше	4,5	4

Вирішальний вплив на вміст і особливо якість клейковини мають екологічні умови. Вони можуть суттєво викривити кількісну і якісну характеристику білкового комплексу як спадкової ознаки. Рівень агротехніки, що впливає на ріст і розвиток рослин, є антропогенним фактором, який визначає ступінь реалізації грунтово-кліматичних ресурсів урожаю і якості зерна на практиці, а також об`єктивним критерієм культури землеробства регіону чи окремого господарства. Відміни в якості зерна зумовлені не лише впливом різних метеорологічних умов, але й пов`язані з різною родючістю ґрунту. Родючість ґрунту – це один з найважливіших факторів формування якості зерна. Найкраща якість зерна спостерігається на чорноземах, дещо гірша – на каштанових ґрунтах, далі вона погіршується від бурих ґрунтів до сіроземів і найгірша буває на підзолах.

Ґрунтове середовище, як і родючість ґрунту, значно впливає на якість зерна. За вирощування рослин на кислих ґрунтах зменшується вміст білка і збільшується кількість небілкового азоту в зерні. Це пояснюється негативним впливом підвищеної кислотності на використання вуглеводів для побудови білків. У кислому середовищі уповільнюється перехід моноцукрів у дицукри та в інші складніші органічні сполуки. Кисла реакція середовища посилює гідролітичні процеси і послаблює синтетичні, а це призводить до уповільнення процесу утворення цукрози і білкових речовин. Кисле середовище погіршує живлення

рослин азотом і гальмує утворення в них білкових речовин.

Серед метеорологічних факторів найбільше впливає на формування якості зерна температура і вологість повітря в період від початку молочного стану до кінця воскової стиглості. При середньодобовій температурі повітря понад 20°С і відносній вологості менше 55% в цей час формується щупле низьконатурне зерно, а також руйнується клейковина, що негативно впливає на її якість, силу борошна і хлібопекарські властивості. Вплив температурного режиму на якість зерна виявляється внаслідок дії його на фізіологічні процеси рослин (фотосинтез, транспірацію, дихання), біологічні і хімічні процеси ґрунту. Збільшення вмісту білка в зерні за підвищеної температури пояснюється дією тепла на швидкість вбирання рослинного азоту і фосфору. За температури 25°С зменшується кількість водорозчинної фосфорної кислоти (біологічне закріплення в ґрунті), що викликає менший доступ фосфору в рослину і відносно велике накоплення азоту в зерні. При цьому прискорюється ріст рослин, посилюється енергія дихання, внаслідок чого співвідношення азоту і вуглеводів збільшується, посилюються процеси нітрифікації в ґрунті, а це сприяє збагаченню його азотом. У холодну погоду за підвищеної вологості повітря і ґрунту в зерні більше формується вуглеводів і менше білків. Висока температура повітря і недостатня вологість ґрунту під час наливу і достигання зерна, з одного боку, гальмують нормальну діяльність асиміляційного

апарату рослин, з іншого – посилюють процеси дихання зерна, а в зв`язку з цим і витрати вуглеводів. Ці два процеси зумовлюють збільшення вмісту білка в зерні пшениці.

Якість зерна залежить також від інтенсивності, тривалості і складу сонячного освітлення. Інтенсивність його за високої температури повітря і невеликих запасів води в ґрунті, посилюючи процеси дихання, зменшує накопичення вуглеводів у зерні. Посиленому накопиченню азоту в рослинах сприяє освітлення коротхвильовими (380…470 мкм) сонячними променями. Але ультрафіолетові промені дуже поглинаються парою води, тому в похмурі дні інтенсивність радіації значно зменшується, а це пригнічує синтез азотистих речовин. Під найактивніше короткохвильове освітлення потрапляють рослини в степових посушливих районах. Це один із факторів більшого вмісту білка в зерні. Для синтезу доброякісних білків необхідно мати високий енергетичний рівень середовища – це інтенсивна, багата ультрафіолетовими променями сонячна інсоляція і відносно висока температура при обмеженому водозабезпеченні.

Накопичення білкових речовин у зерні залежить від вмісту води в ґрунті. Доведено, що зі збільшенням її зменшується вміст білка в зерні. Зумовлено це тим, що за дефіциту води формується менша врожайність, внаслідок чого легкодоступного азоту ґрунту витрачається відносно менше на ростові процеси рослин, а більше на зерноутворення.

Надмірне зволоження ґрунту в період після колосіння до початку воскової стиглості зерна негативно впливає на вміст білка і клейковини та її якість.

Усі ці фактори в тісному взаємопов`язаному комплексі впливають на формування якості зерна. У природі виявлена чітка залежність: білковість зерна збільшується з північного заходу на південний схід. Це стосується також кількості і якості клейковини. Остання у північному і західному регіонах буде слабкою, розтяжною, нееластичною, у південному і східному – міцною, пружною, короткорвучою. При цьому необхідно мати на увазі, що така залежність буде лише в межах одного сорту або групи сортів одного класу якості.

Проте хоч ґрунти і умови погоди можуть позитивно впливати на якість зерна, але тільки їхня сприятлива дія не може гарантувати доброї якості врожаю. На якість зерна суттєво впливають агротехнічні фактори: попередники, способи і строки обробітку ґрунту, вид, склад, дози, строки і способи внесення добрив, строки сівби і норми висіву насіння, зрошення, боротьба з бур`янами, шкідниками і хворобами, строки і способи збирання тощо.

Суттєвий вплив на кількість і якість клейковини мають екзогенні фактори. Це дія фізичних і хімічних агентів, якими обробляють зерно, борошно чи клейковину.

Якість клейковини значною мірою залежить від підвищених температур під час сушіння і гарячого кондиціювання зерна перед розмелюванням. Підвищені

температури зміцнюють клейковину. Проте, якщо температура нагрівання зерна буде досить високою, білки клейковини денатуруються. Внаслідок цього зерно втрачає свої хлібопекарські якості.

На якість клейковини суттєво впливають речовини, які містять сульфгідрильну групу – SH. Ці речовини, додані в незначній кількості в борошно чи тісто, різко погіршують якість клейковини і тіста: викликають їх розпливання і розрідження. Серед сполук, які містять групу – SH, особлива роль належить цистеїну і глютатіону. Глютатіон міститься в значній кількості в зародку пшеничного зерна (0,45%), а також в дріжджах, особливостарих. Глютатіон розріджуюче впливає на клейковину: тісто повністю розпливається. Розріджуюча дія цистеїну і глютатіону на тісто і клейковину пояснюється тим, що ці речовини активізують протеолітичні ферменти борошна.

У зерні, пошкодженому клопом-черепашкою, негативно діють протеолітичні ферменти цього шкідника, які дуже довго зберігають свою активність. Під час розмелювання борошно з пошкоджених зерен змішується з борошном здорового зерна. До того часу, поки воно зберігається в сухому стані, фермент не діє, але варто лише замісити тісто, як починається бурхливий процес розщеплення білкових молекул. Внаслідок цього клейковина втрачає свої властивості, стає мазкою, розтяжною, набуває сірого або темно-сірого кольору. Одержане з такого борошна тісто має невелику пружність, розпливається, не зберігає властиву йому форму.

У погіршенні реологічних властивостей клейковини суттєве значення має фермент протеїндисульфідредуктаза, який руйнує дисульфідні зв`язки в білках. Його активність збільшується в пророслому і недозрілому зерні.

3.1.2. Білки зерна жита

Вміст білка в зерні жита буває в межах від 9 до 20%. За амінокислотним складом білки жита дещо відрізняються від білків пшениці (табл.10).

Таблиця 10. Вміст амінокислот в зерні пшениці, жита, трітікале, % від загального вмісту білка

Амінокислота	Пшениця	Жито	Трітікале
Лізин	3,00	4,09	3,50
Гістидин	2,25	2,25	2,35
Аргінін	4,36	4,79	5,22
Аспарагінова кислота	4,98	6,92	5,80
Треонін	2,68	3,06	2,80
Серин	3,90	3,81	3,74
Глютамінова кислота	31,18	24,95	29,93
Пролін	9,46	11,00	12,01
Гліцин	3,66	3,76	3,60
Аланін	3,62	4,56	3,98
Валін	4,11	4,55	4,22
Ізолейцин	3,53	3,57	3,67
Лейцин	6,38	6,36	6,88
Тирозин	2,46	1,99	2,29
Фенілаланін	4,48	4,62	4,79
Триптофан	1,07	1,07	1,00

Білки жита в зв`язку зі збільшеним вмістом незамінних амінокислот – лізину, треоніну і

фенілаланіну – в харчовому відно-шенні цінніші, ніж білки пшениці. Амінокислотний склад окремих частин зерна жита неоднаковий. Білки алейронового шару і зародка суттєво відрізняються за складом від білків ендосперму. Вони містять більше лізину, гістидину, тирозину, серину, їхня біологічна цінність значно більша ніж білків ендосперму (табл.11).

Таблиця 11. Вміст деяких амінокислот в зерні жита, %

Аміно-кислота	**Ціле зерно**	**Ендо-сперм**	**Алейро-новий шар**	**Зародок**
Пролін	9,05	11,13	9,92	2,87
Аланін	4,95	4,30	4,94	7,15
Валін	3,43	3,38	3,50	3,62
Ізолейцин	10,24	9,98	10,32	9,45
Тирозин	2,32	2,18	2,44	3,10
Фенілаланін	5,30	5,00	5,57	4,71
Лізин	4,35	3,37	4,46	7,21
Гістидин	2,25	1,94	2,18	4,13
Аргінін	5,53	4,80	5,69	2,37
Метионін	2,23	2,20	2,24	1,81
Серин	5,07	5,01	5,29	6,73

В зерні жита також міститься клейковина. За якістю вона слабка і малоеластична. За фізичними властивостями житня клейковина нагадує слабку пшеничну з низькою пружністю і еластичністю. Розтяжність її знаходиться в широких межах. В одному випадку вона розтягується до тонкої нитки, в іншому вона крихкотіла, малозв`язна маса, яка швидко

розривається навіть від слабкого розтягування. Житня клейковина має гідратацію, яка перевищує гідратацію клейковини пшениці і ячменю (220…310%).

У білках пшениці на частку клейковинних фракцій припадає 70…75% загального їхнього вмісту в зерні, а в білках жита вони становлять лише 40 %. Більша частина білків жита розчиняється в воді і слабких сольових розчинах. В зерні пшениці відношення проламіну до глютеліну приблизно становить 1:1, в житі – 2:1.

Вміст загального азоту і білка в зерні жита зменшується від периферії до центру. Так, в периферійному шарі ендосперму знайдено білка 12,9%, а в центрі його – 6,2%. Найбільше білка міститься в зародку (25,8%). Найбільший вміст сирої клейковини зосереджено в периферійних шарах (7,8%), найменший – в центрі зернівки (0,6%). За фізичними властивостями клейковина також краща з периферійних шарів.

3.1.3. Білки зерна трітікале

Трітікале – ботанічний рід зернової культури, одержаної від схрещування пшениці (Triticum) і жита (Secale). Різні форми трітікале є пшенично-житніми амфідиплоїдами. За вмістом білка зерно трітікале переважає не лише зерно жита, але й зерно шениці. Більший вміст білка в зерні трітікале пояснюється його збільшеною щуплістю і відносно більшим вмістом багатих білком алейронового шару і зародка.

Клейковина зерна трітікале значно слабкіша, ніж клейковина зерна пшениці. Вона також поступається за набуханням і розчинністю в слабкій оцтовій кислоті.

За фракційним складом білки зерна трітікале в основному займають проміжне положення між білками зерна жита і пшениці. Білковий комплекс зерна трітікале містить більшу кількість альбумінів, успадковану від жита, і більшу кількість проламінів, характерну для зерна пшениці.

За вмістом незамінних амінокислот (лізин, треонін, валін) білки зерна трітікале займають проміжне місце між білками зерна пшениці і жита, за іншими (лейцин, ізолейцин, фенілаланін) мають більший вміст і менше за вмістом триптофану поступається білкам жита і пшениці.

3.1.4. Білки ячменю

Вміст білкових речовин в зерні ячменю знаходиться в межах від 7 до 25%. Залежить це від сорту та умов вирощування. У білках ячменю, як і в білках пшениці, переважають проламіни і глютеліни. На їхню частку в середньому припадає понад 60% (табл. 12).

Таблиця 12. Фракційний склад азотних речовин зерна ячменю, % азоту фракції від загального азоту

Вміст	**Альбу-міни**	**Глобу-ліни**	**Прола-міни**	**Глюте-ліни**	**Небілко-вий азот**
Мінімальний	7,5	7,0	15,6	18,3	7,5
Макси-мальний	28,8	21,9	46,4	47,5	16,9
Середній	12,5	12,7	34,4	27,0	10,8

Розчинний в спирті білок ячменю називають гордеїном. До його складу входять: глютамінова кислота – 43,2%; пролін – 13,73%; лейцин – 7,0%; фенілаланін – 5,3%; цистин – 2,5%; триптофан – 1,5%; валін – 1,4%.

Білок різних видів і сортів ячменю якісно неоднаковий. Найбільші зміни відбуваються у вмісті основних амінокислот (лізину, аргініну), найменші – кислих (аспарагінова і глютамінова кислоти). Амінокислотний склад сумарного білка ячменю наведено в таблиці 13.

Таблиця 13. Амінокислотний склад сумарного білка ячменю ярого і озимого, г/100 г білка

Амінокислота	Ячмінь	
	озимий	ярий
Аспарагінова кислота	7,50…8,72	6,84…8,56
Глютамінова кислота	28,78…29,97	27,51…29,84
Пролін	6,64…7,31	7,05…7,80
Гліцин	3,90…4,81	4,17…6,06
Аланін	4,77…6,53	5,17…6,93
Валін	4,99…6,14	5,05…5,79
Лейцин	7,53…9,04	7,33…9,05
Ізолейцин	3,38…4,18	3,29…4,12
Фенілаланін	4,46…5,38	4,72…6,97
Тирозин	3,12…3,93	3,25…4,96
Триптофан	1,01…1,39	1,15…1,69
Серин	4,59…5,49	4,95…5,47
Треонін	3,43…4,25	3,12…3,95
Метионін	0,35…0,56	0,28…0,59
Цистин	0,23…0,35	0,50…1,08
Лізин	3,08…4,20	3,05…3,45
Гістидин	1,79…2,27	1,97…2,26
Аргінін	8,73…11,58	9,36…12,19

За сумою незамінних амінокислот білок ячменю, хоч і не набагато, але все ж таки біологічно повноцінніший, ніж білок пшениці. У білку пшениці їхній вміст становить 28,2, а в білку ячменю – 30,56 г/100 г білка.

З борошна ячменю можна відмити клейковину, застосовуючи підігріту воду. За якістю клейковина

ячменю подібна до поганої короткорвучої клейковини пшениці. Розтяжність її невелика, колір сірий, гідратаційна здатність менша, ніж у клейковини пшениці, і знаходиться в межах від 90 до 160%.

3.1.5. Білки вівса

Вміст білка в зерні вівса знаходиться в межах від 9 до 19,5%. Фракційний склад білків залежить від сортових властивостей і може становити: альбумінів – 1,6…18,9%; глобулінів – 13,0…18,1%; проламінів – 7,7…12,6%; глютелінів – 46,1…60,3% від білкового азоту. Превалюючою фракцією у вівса є глютеліни. Білок вівса, який розчиняється в спирті, називають авеніном, а в сольовому розчині – авеналіном.

За вмістом окремих амінокислот білки вівса помітно відрізняються від білків шениці і ячменю. Для білків вівса порівняно з білками пшениці і ячменю властивий збільшений вміст аргініну і суттєве зменшення (в 3…3,5 рази) глютамінової кислоти. У білках вівса міститься велика кількість незамінної амінокислоти лізину – майже вдвічі більша, ніж у білках пшениці (табл. 14).

Таблиця 14. Амінокислотний склад сумарних білків вівса,% азоту від загального вмісту білкового азоту

Аміно-кислота	**Вміст**	**Аміно-кислота**	**Вміст**
Цистеїн	2,7…3,7	*Аланін*	4,6…6,3
Лізин	3,7…5,1	*Пролін*	3,2…4,0
Гістидин	6,8…8,5	*Тирозин*	1,6…2,0
Аргінін	15,4…20,0	*Метионін*	0,8…1,4
Аспарагінова кислота	4,2…6,4	*Валін*	5,8…6,9
Серин	4,0…4,5	*Фенілаланін*	4,8…6,1
Гліцин	6,1…8,4	*Лейцин*	8,1…10,7
Глютаміно-ва кислота	7,9…9,1	*Триптофан*	0,6…1,3
Треонін	1,9…2,4	*Амідний азот*	2,2…9,6

3.1.6. Білки кукурудзи

Загальний вміст білків в зерні кукурудзи буває від 4,9 до 23,6%. Найбільше білка в зародку, середній вміст його становить 19,87%, в ендоспермі – 10,68, в оболонках – 6,58%.

Фракційний склад білків кукурудзи різноманітний, він залежить від сортових і видових властивостей кукурудзи, місця і умов вирощування, структури ендосперму, анатомічних частин (табл. 15).

Таблиця 15. Фракційний склад білків анатомічних частин зерна кукурудзи, % від загального вмісту азоту

Частини зерна	**Альбу-міни**	**Глобуліни**	**Прола-міни**	**Глюте-ліни**
Ціле зерно	6,25…24,4	9,08…24,85	29,8…41,1	18,75…25,0
Ендосперм	2,18…18,1	6,01…22,8	30,6…61,1	10,2…23,5
Зародок	47,02…83,4	4,0…12,53	1,0…2,51	4,1…12,2

Розчинний в спирті білок в зерні кукурудзи (проламін) називають зеїном. Він відрізняється від білків тим, що краще розчиняється в 90…93 % етиловому спирті. Зі збільшенням вмісту білка в зерні і білка в ендоспермі збільшується вміст зеїну і зменшується вміст глютелінів.

Отже, якщо збільшується вміст білка в зерні за рахунок селекції чи застосування азотних добрив, то відбувається і збільшення вмісту зеїну, у якому мізерна кількість незамінних амінокислот: метионіну, триптофану і особливо лізину. Це свідчить про те, що біологічна цінність білка зі збільшенням білковості зерна зменшується. Вміст незамінних амінокислот в сумарних білках зерна кукурудзи наведено в таблиці 16.

Таблиця 16. Вміст незамінних амінокислот в зерні кукурудзи і його частинах, % від загального вмісту азоту

Аміно-кислота	Зародок	Ендосперм	Ціле зерно
Лізин	4,8…5,2	2,0…2,8	1,9…2,6
Треонін	3,0…3,9	2,8…3,0	2,5…3,2
Валін	5,9…6,5	3,6…4,3	4,0…4,6
Метионін	3,1…3,5	1,6…1,9	1,4…2,1
Лейцин	10,7…12,6	11,1…14,1	12,1…13,9
Ізолейцин	4,2…5,5	2,4…3,1	2,9…3,1
Фенілаланін	5,0…5,4	2,8…3,7	3,0…4,0
Триптофан	0,7…1,1	0,5…0,6	0,5…0,9

Білки зародку багаті незамінними аміно-кислотами, які досить добре збалансовані, чого не можна сказати про амінокислотний склад білків ендосперму і зерна в цілому.

3.1.7. Білки проса

Вміст білків в зерні проса знаходиться в межах від 8,8 до 19,3%. Після видалення квіткових плівок кількість білкових речовин в ядрі змінюється з 11,2 до 23,5%. Вміст азоту небілкових речовин становить від 1 до 9 % загальної кількості азоту.

Фракційний склад білків проса різноманітний: альбумінів від 7,55 до 14,12%; глобулінів – 5,65…9,33; глютенінів – 9,53…17,34; проламінів – 50,71…61,46% від загального азоту. Основну частину білків становить спирторозчинна фракція,

найстійкіша і яка мало змінюється в різних сортів. Порівняно з фракційним складом білків інших злакових культур просо відрізняється найбільшим вмістом проламінів і найменшим – глобулінів.

Особливість амінокислотного складу проса порівняно з іншими злаковими – збільшений вміст аланіну і найменший вміст аспарагінової кислоти. Аргініну міститься менше, ніж в білках ячменю і вівса, лізину – менше, ніж в білках вівса і жита. Амінокислотний склад білків проса характеризується такими показниками (табл. 17.)

Таблиця 17. Амінокислотний склад білків проса, % від загального вмісту білка

Аміно-кислота	**Вміст**	**Аміно-кислота**	**Вміст**
Аланін	9,46…10,51	*Метионін*	1,26…2,39
Аргінін	3,77…5,83	*Пролін*	3,87…6,89
Аспарагінова кислота	3,15…3,54	*Серин*	5,28…7,20
Валін	5,64…6,49	*Треонін*	3,18…4,82
Гістидин	2,32…3,70	*Тирозин*	2,33…3,76
Гліцин	1,26…3,15	*Триптофан*	1,46…1,81
Глютамінова кислота	18,38…19,72	*Фенілаланін*	4,92…6,53
Лейцин+ізо-лейцин	14,45…15,65	*Цистин*	1,06…2,09
Лізин	1,62…2,86		

Азотні речовини в окремих частинах зерна проса розподілені нерівномірно. У зародку міститься збільшена концентрація білка – 25%, в тому числі 7% водорозчинного. У квіткових плівках міститься білка 3,9…5,1 %, в тому числі водорозчинного 0,44…0,66 %.

3.1.8. Білки гречки

В зерні гречки білка міститься 8…16%. В частинах зерна білок розподіляється так: ядро із зародком – 13,5…15,0, зародок – 40,0…49,5, плодова оболонка – 3…5%. Небілковий азот становить в середньому 6% від загальної кількості азоту в зерні гречки. Фракційний склад білків характеризується такими показниками (табл. 18).

Таблиця 18. Кількість азоту білкових фракцій зерна гречки, % від загального азоту

Вид гречки	Загальний азот	Альбуміни	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни
Диплоїдна	2,2	21,7	42,6	1,1	12,3
Триплоїдна	2,3	23,3	45,0	1,2	10,5

Для зерна гречки характерна майже повна відсутність проламінових білків, превалююча кількість глобулінів над усіма фракціями і значна кількість водорозчинних білків.

За вмістом лізину гречка має переваги над просом, пшеницею, житом, рисом і наближається до соєвих бобів, за вмістом треоніну – над просом, пшеницею і житом, за вмістом валіну поступається

рису. За вмістом триптофану гречка не поступається продуктам тваринного походження, за вмістом валіну гречка може бути прирівняна до молока, за лейцином – до яловичини, фенілаланіном – до молока і яловичини. Білки гречки непогано збалансовані за вмістом незамінних амінокислот (виняток становить ізолейцин).

Зерно гречки відрізняється великим вмістом незамінних амінокислот (табл. 19).

Таблиця 19. Амінокислотний склад білків зерна гречки, % від загального вмісту білка

Аміно-кислота	Вміст	Аміно-кислота	Вміст
Лізин	3,79…8,0	*Аланін*	3,37…6,50
Гістидин	1,74…3,5	*Цистеїн*	2,0…2,7
Аргінін	9,15…28,4	*Валін*	3,37…6,25
Аспарагінова кислота	6,0…11,8	*Метионін*	0,63…2,60
Треонін	2,1…3,85	*Ізолейцин*	3,54…6,7
Серин	2,0…6,67	*Лейцин*	3,35…7,93
Глютамінова кислота	7,0…20,97	*Тирозин*	1,76…3,48
Пролін	2,89…4,54	*Фенілаланін*	3,4…4,96
Гліцин	4,65…8,76	*Триптофан*	1,42…2,7

3.1.9. Білки зерна рису

Зерно рису в квіткових плівках містить білка від 5,4 до 10,4%, без квіткових плівок – від 8,8 до 13,6%. Білки в зерні рису розподілені нерівномірно. Найбільша кількість білкових речовин зосереджена в зародку і в зовнішніх шарах зернівки, в ендоспермі їх значно менше.

Фракційний склад білків залежить від сортових властивостей і погодних умов. Альбумінів міститься від 9,66 до 11,29, глобулінів – від 6,05 до 11,89, проламінів – від 4,23 до 5,48 і глютелінів – від 50,68 до 55,35% від загального вмісту білка.

Глютелін в білках рису називають оризеніном. Розподіл білків по фракціях в різних частинах зернівки неоднаковий. В периферійній частині міститься збільшена кількість глобулінів і альбумінів, в інших частинах зернівки містяться переважно оризенін і проламін.

У складі білків рису містяться усі незамінні амінокислоти (табл. 20).

Таблиця 20. Сумарний амінокислотний склад зерна рису, % від загального вмісту білка

Аміно-кислота	Вміст	Аміно-кислота	Вміст
Лізин	1,83…3,74	*Аланін*	3,74…5,84
Гістидин	1,20…3,38	*Валін*	3,83…6,50
Аргінін	5,90…9,62	*Метионін*	0,70…2,08
Аспарагінова кислота	9,35…15,92	*Лейцин*	8,52…12,00
Серин	4,33…5,25	*Тирозин*	3,14…5,24
Глютамінова кислота	12,41…22,50	*Фенілаланін*	4,00…7,79
Треонін	3,77…4,16	*Триптофан*	1,29…1,53
Пролін	2,33…5,25	*Цистеїн*	1,42…2,44
Гліцин	4,90…5,93		

3.1.10. Білки насіння бобових культур

Вміст білків в насінні бобових культур дуже різноманітний. Так, в насінні гороху вміст білка буває від 20,4 до 35,7%, квасолі – 17,0…32,1%; сочевиці – 21,3…36,0%; сої – 27,0…50,0%; кормових бобів – 26,4…31,2%; чини – 23,1…34,7%; нуту – 18,5…29,7%; вики – 22,3…37,8%.

Фракційний склад білків суттєво відрізняється від злакових культур. Основна фракція–глобуліни, вони становлять 79,8…88,4% загального вмісту азоту, альбуміни – 8,1…12,2% і глютеліни – 3,3…7,9%. Проламіни в білках насіння бобових культур відсутні.

В насінні бобових знайдено окремі, характерні для тієї чи іншої культури білки: в насінні гороху водорозчинний легумелін і два глобуліни – легумін і віцилін, в насінні квасолі – глобулін фазеолін, в насінні сої – глобулін гліцинін.

Насіння деяких бобових культур містить токсичні білки. В насінні сої міститься білок соїн, він також зветься соєвим гематглютеніном, або інгібітором росту. Соїн викликає аглютинацію (злипання) еритроцитів крові, його інактивують нагріванням.

У білках насіння бобових культур містяться білки-інгібітори протеолітичних ферментів. Серед рослинних об`єктів за вмістом інгібіторів протеаз насіння бобових культур посідає перше місце. Особливо виділяються боби сої і квасолі звичайної. У насінні вики міститься амінокислота β–ціано-λ-аланін і її γ-глютаміловий пептид, який викликає порушення в скелеті і судинній системі.

Незважаючи на кількісну різницю порівняно зі злаковими культурами, амінокислотний склад насіння бобових має багато спільного. Аспарагінова і особливо глютамінова кислоти містяться в найбільшій кількості, в найменшій – цистин, метионін і триптофан. Багато незамінних аміно-кислот мають значну кількість. Вміст лізину буває від 5,22 (соя) до 8,26% (кормові боби), у насінні багато також лейцину, ізолейцину, валіну, треоніну і фенілаланіну (табл. 21).

Великий вміст білків, багатих незамінними амінокислотами, робить насіння бобових культур

одним з найважливіших джерел білка, особливо для потреб тваринництва. Білкові ізоляти сої з їхнім цінним набором незамінних амінокислот вико рис-товують для збагачення хлібобулочних виробів і інших харчових продуктів.

Таблиця 21. Амінокислотний склад сумарних білків насіння бобових, % від загального вмісту білка

Амінокислоти	Горох	Соя	Квасоля	Чина	Кінські боби
Аргінін	8,35	8,73	7,27	6,87	8,51
Гістидин	2,68	3,03	3,16	2,45	3,75
Лізин	5,58	5,22	5,65	5,94	8,26
Лейцин	6,54	8,45	8,1	8,3	7,38
Ізолейцин	7,0	5,10	5,0	7,3	7,30
Валін	3,87	5,63	4,86	5,4	4,62
Метионін	1,22	1,64	1,3	1,35	0,90
Треонін	4,70	4,26	4,1	4,8	4,59
Фенілаланін	4,33	5,21	6,13	4,1	2,41
Триптофан	1,31	1,65	1,83	1,65	1,82
Аланін	3,67	4,47	4,9	3,4	4,74
Гліцин	5,38	4,36	4,14	4,4	8,32
Серин	4,57	4,98	6,2	4,8	7,94
Аспарагінова кислота	10,76	9,54	12,8	12,8	8,29
Глютамінова кислота	16,51	17,53	15,25	17,2	8,15
Пролін	3,7	4,81	4,71	2,8	1,49
Тирозин	3,15	3,08	3,4	3,17	3,0
Цистин	1,80	1,39	3,12	0,8	1,39

3.2. Вуглеводи

Це основні енергетичні ресурси, сконцентровані в клітинах ендосперму зерна. Вміст їх може досягати 80%. Найважливіші вуглеводи, які зустрічаються в зерні, можна представити у вигляді схеми 1.

ВУГЛЕВОДИ

МОНОЦУКРИДИ (прості цукри)		ПОЛІЦУКРИДИ (складні вуглеводи)	
↓	↓	↓	↓
Пентози $C_5H_{10}O_5$	Гексози $C_6H_{12}O_6$	Поліцукриди 1-го порядку (складні цукриди, олігоцукриди)	Поліцукриди 2-го порядку (поліози)
↓	↓	↓	↓
арабіноза, ксилоза, рибоза	глюкоза (декстроза, виноградний цукор); фруктоза (левулеза, фруктовий цукор)	дицукриди $C_6H_{22}O_{11}$, цукроза, мальтоза; трицукриди $C_{18}H_{32}O_{16}$, рафіноза	крохмаль, пентозани, глікоген, клітковина, геміцелюлози, слизі, левулезани

Схема 1. Вуглеводи, що містяться в зерні

Серед вуглеводів найбільше у зерні крохмалю, він становить від 65% до 80% маси ендосперму. Загальний вміст крохмалю значно змінюється залежно від впливу багатьох факторів під час наливу і достигання зерна. Серед цих факторів необхідно відзначати сортові властивості, використання добрив, кліматичні умови, наявність у грунті води і кількості опадів під час достигання. Їхня значна кількість сприяє більшому накопиченню крохмалю в зерні. У зв`язку з тим, що між вмістом білка і крохмалю існує зворотна залежність, то всі фактори, які сприяють нагромадженню білка, зумовлюють зменшення вмісту крохмалю в зерні.

Залежно від властивостей сорту й умов вирощування кількість крохмалю в зерні може істотно змінюватись: у пшениці – від 49% до 73%, жита – від 55% до 73%, ячменю – від 45% до 68%, вівса – від 24% до 64%, кукурудзи – від 61% до 83%, проса – від 51% до 70%, рису – від 48% до 68%, а в шліфованому рисі – від 71% до 86%.

В зерні крохмаль міститься у вигляді крохмальних зерен різного розміру і форми. Розміри крохмальних зерен пшениці становлять 3…50, жита – 5…50, ячменю – 5…12, кукурудзи – 10…30, вівса – 5…12, рису – 2…10 мкм. Крохмальні зерна пшениці, жита і ячменю прості, а у кукурудзи, вівса і рису складні, які являють собою окремі, ніби склеєні між собою дрібні крохмальні зернята.

Фізико-хімічні властивості крохмалю залежать від розмірів крохмальних зерен, кількісного спів-

відношення окремих фракцій і їхньої молекулярної структури. У крупних зернівок частка дрібніших крохмальних зерен (менше 10 мкм в діаметрі) значно більша, ніж у дрібних за розміром. Крохмаль крупних зернівок має більшу молекулярну масу, збільшений вміст амілози і володіє більшим набуханням під час нагрівання з водою. Крохмаль дрібних зернівок має більшу гігроскопічність, легше розщеплюється амілазами.

Крохмальні зерна під час нагрівання їх у воді утворюють крохмальний клейстер. Клейстеризація крохмалю різного походження відбувається за різної температури: пшеничного – при 62,5°С, житнього – при 58,6°С .

Розміри крохмальних зерен впливають на хлібопекарські якості пшениці. Проте єдиної думки нема. Одні дослідники вважають, що добре в хлібопекарському відношенні борошно має найбільшу кількість дрібних крохмальних зерен, інші стверджують, що між кількістю крохмальних зерен різних розмірів і хлібопекарськими якостями немає ніякого зв’язку. Очевидно, це пов`язано з хімічним складом і фізичними властивостями крохмалю.

Крохмаль складається з амілози і амілопектину. Ці речовини дуже відрізняються за своїми фізичними і хімічними властивостями. Амілоза легко розчиняється в теплій воді і дає розчин порівняно незначної в`язкості, в той час як амілопектин розчиняється у воді лише від нагрівання під тиском і дає дуже в`язкі розчини. В крохмалі міститься від 20

до 25% амілози і від 75 до 80% амілопектину. Так, вміст амілози в крохмалі зерна пшениці становить 25,0%, жита – 23,2%, трітікале – 22%, сорго – 22,2%, кукурудзи – 23,7%, рису – 21,8%, проса – 20%, ячменю – 21,8%, вівса – 22%.

Амілоза і амілопектин відрізняються своєю хімічною будовою. В молекулі амілози окремі рештки глюкози зв`язані між собою ніби нерозгалуженим ланцюжком, а молекула амілопектину досить розгалужена. Молекулярна маса амілози буває від $3 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^6$, а молекулярна маса амілопектину досягає сотень мільйонів.

Значення крохмалю в технології борошномельного, круп`яного і хлібопекарського виробництвва визначається його властивостями як високомолекулярної речовини. При цьому найважливіше значення має водовбирна здатність та в`язкість розчинів клейстеризованого крохмалю. Чим більша водовбирна здатність (вона може бути від 45 до 83%) та в`язкість, тим кращі хлібопекарські якості пшениці.

Вміст цукрів у зерні порівняно з крохмалем значно менший. Вони під час випікання хліба мають важливе значення для розвитку дріжджів і молочнокислих бактерій і представлені моно-, ди- і трицукридами. Моноцукриди складаються з глюкози і фруктози, дицукриди – цукрози і мальтози, трицукриди – рафінози. Загальний вміст цукрів у стиглому зерні усіх злакових культур становить 3…5%, за винятком вівса – 0,6…2,2% і жита – 9%.

Клітковина, або целюлоза, утворює структурну основу оболонок рослинних клітин і являє собою полімер глюкози. Міститься головним чином у квіткових клітинах і оболонках зерна та в стінках клітин алейронового шару.

Клітковина – дуже стійка хімічна речовина, нерозчинна в воді. Вона розчиняється лише в аміачному розчині окису міді, в концентрованому розчині хлористого цинку і в концентрованих мінеральних кислотах. Клітковина не перетравлюється в шлунково-кишковому тракті людини, вона перетравлюється лише жуйними тваринами, в шлунку яких є особливі бактерії, які гідролізують клітковину за допомогою ферменту целюлази.

Клітковини в зерні пшениці, жита і кукурудзи міститься 2…3%. Її вміст залежить від плівчастості. У плівчастих сортів ячменю він становить 4,7…5,1%, в голозерних – 1,9%, у плівчастому вівсі змінюється залежно від сорту й умов вирощування від 7 до 24%, а в голозерному – усього 4,7%, у рисі – від 7,4 до 16,5 %, шліфованому – у середньому 0,2 %. Цей показник залежить також від розмірів зерна і його виповненості. Чим воно дрібніше і щупліше, тим більше в ньому клітковини.

Геміцелюлози об`єднують поліцукриди різного хімічного складу, але з однаковими фізичними властивостями. Вони не розчиняються у воді, але розчиняються в лугах. Містяться головним чином у висівках, в периферійних частинах плівок зерна, в кукурудзяних стрижнях, соломі.

Геміцелюлоза, як і клітковина, не засвоюється людським організмом. Кислотами вона гідролізується легше, ніж клітковина. Продукти гідролізу геміцелюлози поділяються на дві групи. Ті, які дають гексози, називаються гексозанами, а ті, які гідролізуються до пентоз, називаються пентозанами. У зерні пшениці і жита міститься від 8 до 10 % геміцелюлоз (інколи до 14%), в тому числі від 5 до 8% пентозанів.

В ендоспермі пшениці й інших злаків міститься біля 2% нерозчинних у воді, але які набухають в ній, некрохмальних поліцукридів, які утворюють під час відмивання крохмалю слизистий шар. У зерні ячменю міститься значна кількість (до 10%) геміцелюлоз і до 15% водорозчинних слизів. Вони збільшують в`язкість екстракту, що має важливе значення для якості пива, зокрема для стійкості піни.

3.3. Ліпіди

Вони об`єднують велику кількість різних за складом речовин із спільними ознаками:

- гідрофобністю – нерозчинністю у воді;
- розчинністю в неполярних органічних розчинниках: диетиловому і петролейному ефірах, бензолі, хлороформі;
- великим вмістом в них гідрофобних радикалів і угруповань – високомолекулярних кислот аліфатичного (жирного) і

аліциклічного рядів або аналогічних їм спиртів і вуглеців.

Ліпіди відіграють значну роль в рослинному організмі як запасні речовини і важливі компоненти протоплазми і біологічних мембран. Ліпіди мають першочергове значення у визначенні харчових і технологічних властивостей борошна і крупи.

Відповідно до хімічного складу ліпіди поділяються на три групи. До першої належать прості (жири і віск), до другої – складні (містять, крім вуглецю, кисню і водню, також фосфор, азот, інколи сірку. Це – фосфатиди і сульфоліпіди), до третьої – циклічні ліпіди (стерини і їхні ефіри з високомолекулярними жирними кислотами – стериди).

Жири (водонерозчинні запасні речовини) являють собою концентрований енергетичний і будівельний резерв організму. На їхню частку припадає 63…65% усіх ліпідів зерна. Вони можуть бути у великій кількості в насінні багатьох рослин, особливо олійних. Середній вміст жиру в зерні пшениці, жита, ячменю становить 2%, проса – 4%, гречки – 3%, рису і кукурудзи – 5%, гороху, квасолі – 2%, сої – 20%, соняшнику – 45%, рицини – 60%. У зерні жири розміщені нерівномірно, про що свідчать дані в продуктах його переробки. Так, у пшениці в цілому зерні їх 1,92%, у борошні – 1,18%, висівках – 5,12%, у зародку – 8,76%. У зародку жита жирів до 15%, кукурудзи – 35…43% на суху масу зерна.

Воски – складні ефіри, утворені жирними кислотами і високомолекулярними одноатомними

спиртами жирного, рідше ароматичного ряду. Вони містять також деяку кількість вільних жирних кислот високомолекулярних спиртів і вуглеводів. Восків у зерні дуже мало. Вони містяться в основному в оболонках зерна, покриваючи його найтоншою восковою плівкою.

Фосфатиди відносяться до складних ліпідів. Від жирів вони відрізняються тим, що містять фосфорну кислоту і зв'язану з нею азотисту основу. Фосфатиди під впливом кислот і відповідних ферментів гідролізуються з утворенням жирних кислот і фосфорної кислоти. Фосфати разом з білками утворюють ліпопротеїди, які входять до складу мембран, що регулюють доступ в клітини і її органели різних речовин. Ліпопротеїди входять також до складу органел клітини (ядра, пластид, мітохондрій). Фосфатиди, будучи поверхнево активними речовинами, поліпшують хлібопекарські властивості пшеничного борошна. В зерні пшениці, жита, ячменю і рису міститься 0,3…0,6 % фосфатидів, в зародку пшениці – 1,6 %.

Третя група ліпідів представлена стеринами – високомолекулярні циклічні спирти і стеридами – складні ефіри стеринів. Стериди не розчиняються в воді, але добре розчиняються в усіх жирових розчинах. Стерини, утворюючи з білками складні компоненти, відіграють важливу роль в складі протоплазми. Вони беруть участь в побудові біологічних мембран, які регулюють обмін речовин в клітині. У зерні пшениці стеринів і стеридів

0,03…0,07%; кукурудзи 1,0…1,3%; у дріжджах понад 2%.

Усі ліпіди умовно поділяються на вільні, зв'язані і міцно зв'язані. Під вільними розуміють ліпіди, які виділяють екстракцією діетилового ефіру. Зв'язаними ліпідами називають речовини, яких добувають полярними розчинниками, які руйнують міцні зв'язки в глікопротеїдно-ліпідних компонент-тах. Під час виділення зв'язаних ліпідів розмелене зерно попередньо обробляють гарячим етанолом, а потім ліпіди добувають діетиловим ефіром. До міцнозв'язаних ліпідів відносять групу ліпідів, яких добувають діетиловим ефіром з решток після виділення зв'язаних ліпідів, попередньо оброблених кислотою або лугом для руйнування ще більш міцних зв'язків білок-ліпід і ліпід-вуглевод. Вміст ліпідів в зерні основних культур характеризується такими даними (табл. 22).

За вмістом вільних ліпідів основні культури можна розподілити в такий ряд: овес (5,70%), кукурудза, просо, гречка, рис, пшениця, жито (1,68%).

За сумарним вмістом зв'язаних форм ліпідів (в процентах до загальної кількості ліпідів) основні культури можна поділити на дві групи. До першої відносять культури з відносно більшим вмістом зв'язаних форм ліпідів : жито (34%), гречка (32,8%), пшениця (31%) і до другої – з відносно невеликою кількістю: рис (17%), просо (11,6%), кукурудза (11,3%) і овес (10,2%).

Таблиця 22. Середній вміст ліпідів в зерні основних культур, %

Культура	Вільні ліпіди	Зв'язані ліпіди	Міцнозвязані ліпіди	Сума ліпідів
Пшениця	1,85	0,49	0,35	2,69
Жито	1,68	0,57	0,31	2,54
Кукурудза	4,78	0,34	0,30	5,64
Рис	2,34	0,23	0,26	2,92
Овес	5,70	0,43	0,31	7,18
Просо	4,05	0,15	0,39	4,54
Гречка	2,56	0,89	0,18	3,75

3.4. Мінеральні речовини

До складу сухого зерна входять елементи двох груп. На першу групу (C, O, H, N) припадає 95…98,5 %, на другу (усі інші елементи) –1,5…5,0 %. Мінеральні елементи другої групи поділяють на три підгрупи:

1) макроелементи – підгрупа об`єднує елементи, вміст яких визначається від десятків процентів до сотих часток його ($10^{1}…10^{-2}$). До неї входять дев`ять елементів: P, K, Mg, Na, Fe, S, Al, Si, Ca;
2) мікроелементи – підгрупа об`єднує елементи, вміст яких сягає від тисячних до стотисячних часток процента ($10^{-3}…10^{-5}$). До цієї групи належать Mn, B, Sr, Cu, Zn,Ba, Ti, Li, I, Br, Mo, Co і інші;

3) ультрамікроелементи – підгрупа складається з елементів, вміст яких визначається мільйонними частками (10^{-6}) процента і менше: Cs, Se, Cd, Hd, Ag, Au, Ra.

Зерно і продукти його переробки – одне з вагомих джерел постачання мінеральних речовин в організм людини, перш за все фосфору, калію, магнію, кальцію, сірки і заліза. Мінеральні речовини в зерні розподілені нерівномірно. Зольність ендосперму кукурудзи менша від зольності ендосперму пшениці і жита приблизно на одну третину. Найбільша різниця відмічається в зольності зародка і плівок. Якщо в зерні кукурудзи понад дві третини мінеральних речовин зосереджено в зародку, то в зерні пшениці і жита понад дві третини зольних елементів припадає на плівки. Таке співвідношення зольності зерна цих трьох культур є наслідком того, що зародок кукурудзи майже в 1,5 раза більший від зародка пшениці і жита, і його частка в загальній масі зернівки в 4 рази більша, ніж у пшениці і жита. На відміну від злакових у ядрі насіння олійних культур міститься більше мінеральних речовин, ніж в оболонках. Практично усі мінеральні речовини потрібні організму людини, оскільки вони беруть участь в різних процесах життєдіяльності. Проте в певних концентраціях деякі з них погіршують здоров\`я людини.

Найважливішими серед них в гігієнічному контролі харчових продуктів є вісім мікроелементів – ртуть, кадмій, свинець, миш\`як, цинк, мідь, олово, залізо.

Науково-технічна революція і пов`язані з нею масові відходи підприємств, аварії установок атомної енергетики і газопроводів, викиди автотранспорту тощо значно забруднили навколишнє середовище і призвели до глибоких змін екологічної взаємодії людини з довкіллям. Забруднення повітря, води і грунту веде до зміни хімічного складу сільськогосподарської продукції, в тому числі до збільшеного вмісту важких металів і інших токсичних елементів.

Необхідність використання інсектофунгіцидів і гербіцидів спричинює їхнє накопичення в грунті. Біля 1% інсектофунгіцидів і від 5 до 40% гербіцидів їхньої загальної кількості використовуються для знищення хвороб, шкідників, бур`янів, решта надходить в грунт і рослини як забруднювачі. Токсичні речовини можуть утворюватися в зерні від самозігрівання, внаслідок обробки його хімікатами для боротьби зі шкідниками хлібних запасів тощо.

Необхідність захисту харчових продуктів від шкідливих для людини речовин вимагає організації систематичного контролю за їхньою якістю. Сертифікат якості дає гарантію потрібної якості і безпечності продукту. Безпечність продовольчої сировини і харчових продуктів визначається їхньою відповідністю гігієнічним нормативам, що включають потенційно небезпечні хімічні сполуки, вміст яких в харчовому продукті не повинен перевищувати гранично допустиму концентрацію. Серед показників небезпечності основними є важкі метали (Hg, Pb, Cd, As, Zn, Cu), хлор – і фосфороорганічні

пестициди і фуміганти, мікотоксини, поліциклічні ароматичні вуглеці і радіонукліди. Гранично допустимі концентрації токсичних елементів наведені в таблиці 23.

Важкі метали належать до категорії найнебезпечніших забруднюючих речовин. Це пов`язано з їхньою біологічною активністю, а також з тим, що, потрапивши в біологічний цикл, вони дуже повільно виводяться з нього.

Серед пестицидів, які використовуються для обробки зернових культур і підлягають контролю, потрібно виділити такі основні групи сполук:

- галогеноорганічні пестициди (ГХЦГ, гептахлор, чотирихлористий вуглець, метилбромід, метилхлорид);
- фосфороорганічні пестициди (карбофос, метилнітрофос, трихлорметафос – 3, байтекс, фостоксин, актелик тощо);
- похідні феноксиалканкарбонових кислот (2,4 – Д тощо);
- похідні карбамінової кислоти (карбарил, бенлат, вітавакс тощо);
- похідні тіо- і дитіокарбамінової кислоти (цінеб, полікарбацин, ТМТД);
- пестициди, які містять ртуть (гранозан, меркурбензол).

Таблиця 23. Гранично допустимі концернтрації токсичних елементів в зерні, зернопродуктах і хлібобулочних виробах, мг/ кг

Шкідливі речовини	**Зерно**	**Зернобобові**	**Крупа**	**Борошно**	**Макаронні вироби**	**Хлібобулочні вироби**	**Висівки**
Важкі метали: *свинець*	0,5	0,5	0,05	0,5	0,5	0,35	1
миш`як	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,15	0,2
кадмій	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07	0,1
ртуть	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,015	0,03
мідь	10,4	10	10	10	10	7	20
цинк	50	50	50	50	50	35	130
Мікотоксини: *афлотоксин*	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
дезоксині валенол	0,7	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Т-2 токсин	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-
зеараленон	1	-	1	1	1	1	1
Пестициди: *Гексахлор-циклогексан*	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ДДТ і його метаболіти	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2
гексахлор-бензол	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,01	-

Мікотоксини – вторинні метаболіти плісеневих грибів відзначаються високою токсичністю. Відомо, що пшеницю, ячмінь і кукурудзу уражує хвороба – фузаріоз, яка викликається грибом Fusarium.

3.5. Вітаміни

Усі вони мають загальні характерні для них особливості:

1) біосинтез їх відбувається перважно в рослинах. В організм людини і тварин вони надходять головним чином з продуктами харчування і годівлі;
2) вітаміни біологічно активні в малих кількостях і абсолютно необхідні для усіх життєвих процесів;
3) нестача вітамінів або порушення їхньої асиміляції організмом призводить до розвитку патологічних процесів у вигляді гіповітамінозів (хвороби внаслідок тривалої нестачі) і авітамінозів (хвороби внаслідок відсутності вітамінів).

Дія вітамінів базується на тому, що, надійшовши в організм, вони перетворюються в свої активні форми і, як правило, є коферментами або простетичними групами, які входять до складу найважливіших ферментних систем. Так, до активних форм рибофлавіну (вітамін B_2) належать флавінмононуклеотид і флавінаденіндинуклеотид, які входять до складу окислювальних ферментів. Якщо в продуктах не

вистачає тіаміну (B_1), то не утворюється в достатній кількості фермент пируватдекарбоксилаза, до складу якого він входить у формі тіамінпірофосфату. За нестачі в продуктах вітаміну B_1 у нервовій системі накопичується піровиноградна кислота, яка викликає поліневрит (порушення відчуття і рухових апаратів, атрофію м'язів тощо).

У зерні міститься дев`ять водорозчинних вітамінів: тіамін, рибофлавін, ніацин, піридоксин, біотин, аскорбінова кислота, пантотенова кислота, холін, міоінозит.

Тіамін відіграє важливу роль в процесах перетворення вуглеводів в організмі людини, тварини, рослини і мікроорганізмів. Під впливом світла і кисню повітря він не руйнується і не окислюється, мало руйнується під час варіння харчів і випікання хліба (у кислому середовищі). Від нагрівання в нейтральному і особливо лужному середовищі, навпаки, легко руйнується, наприклад, під час випікання кондитерських виробів, що виготовляються з використанням соди або вуглекислого амонію (лужні розрихлювачі). Добова потреба людини в тіаміні 2…3 мг. Основне джерело тіаміну – пшеничний і особливо житній хліб. Зерно і продукти його переробки містять тіамін в таких кількостях : зерно пшениці – 5,7…6,6, пшеничні зародки – 14,2…20,5, борошно пшеничне – 5,2, борошно житнє оббивне – 3,5…4,7, кукурудза – 4,5…6,2, ячмінь 4…5, овес – 6…8, рис – 2,2…2,9, висівки рисові – 22, борошно соєве – 7,7, горох – 1,5…3,8, квасоля – 0,6…1,0 мкг на 1 г продукту.

Рибофлавін (вітамін B_2) тісно пов`язаний з білковим обміном організму. Нестача рибофлавіну викликає порушення апетиту, втрату маси, слабкість, різь в очах, хворобливі відчуття в слизових оболонках рота. Він стійкий до високих температур, але легко руйнується на світлі. Добова потреба людини в рибофлавіні 2 мг. Вміст рибофлавіну в пшениці становить 1,5…1,9, житі – 1,2…1,8, пшеничних висівках – 2,3, кукурудзі – 1,2, ячмені – 1,7…2,2, вівсі – 1,7…2,0 мкг/г.

Ніацин (нікотинамід, РР) має високу стійкість до впливу зовнішніх факторів: не руйнується під час варіння, під впливом сонячного світла, повітря і лужних розчинів. Добова потреба в ніацині 15…20 мг. Його нестача або відсутність в продуктах спричиняє захворювання пелагрою. Вміст ніацину в пшениці 45…70, пшеничних висівках – 120…325, пшеничному зародку – 27…90, кукурудзі – 15, ячмені – 94…104, вівсі – 15…17 мкг/г.

Піридоксин (вітамін B_6) стійкий до тепла, лугу і кислот, руйнується на світлі, особливо під дією ультрафіолетових проме-нів. Добова потреба людини в піридоксині 1,5…2 мг. Вміст піридоксину в зерні пшениці 3,5…4,3, пшеничних висівках – 8,9…16,2, ячменеві – 1,1…4,1, вівсі – 0,9…3,1, кукурудзі – 3,5…9,5, просі – 2,6…5,2 мкг/г.

Біотин (вітамін Н) – важливий фактор для росту дріжджів та інших мікроорганізмів. Він стійкий до високої температури, лугу і кислот, кисню повітря. Добова потреба людини в біотині біля 10 мкг. Головне джерело біотину для людини і

тварин – бактеріальна мікрофлора шлунку. В зерні пшениці біотину міститься 0,06…0,12, кукурудзи – 0,12, сої – 0,6, ячменю – 0,06…0,12, гороху – 0,18, сорго – 0,1…0,25 мкг/г.

Аскорбінова кислота (вітамін С) добре зберігається в кислому середовищі, а в лугах швидко руйнується. У водних розчинах легко руйнується, особливо за наявності повітря, світла і слідів міді або заліза. В стиглих зернах злакових культур аскорбінова кислота відсутня. Вона з`являється під час проростання зерна і міститься у великій кількості в ростках і в солоді.

Пантотенова кислота входить до складу деяких ферментів, в тому числі коферменту А, з участю якого відбувається синтез жирних кислот, стеринів і інших сполук. Добова потреба людини у пантотеновій кислоті 10…12 мг. Висока температура, луг і кислоти руйнують цей вітамін. Нестача пантотенової кислоти супроводжується порушеннями діяльності нервової системи, шлунково-кишкового тракту, затримкою росту, ураженнями шкіри. Пантотенова кислота міститься в усіх харчових продуктах, крім того, синтезується мікробною флорою шлунку. У зерні жита її міститься 10, кукурудзи – 5, сої – 18, гороху – 20, у пшеничних висівках – 25 мкг/г.

Холін бере участь в обміні фосфоліпідів, в побудові ацетилхоліну – сполуки, зв`язаної з передачею нервового збудження, регулює жировий обмін в організмі, запобігаючи розвитку атеросклерозу. У зерні пшениці холіну міститься 90, жита –

45, ячменю – 80, вівса – 90, кукурудзи – 40, гороху і бобів – 150…300, у пшеничних висівках – 130 мкг/г.

Міо-інозит (мезо-інозит) стійкий до кислот і лугів. Він стимулює ріст дріжджів, бере участь у процесах, які проходять в нервовій тканині, в регулюванні рухової діяльності шлунково-кишкового тракту. Добова потреба людини в інозиті біля 1 г. В рослинних тканинах інозит міститься головним чином у вигляді фітину.

У зерні присутні три жиророзчинні вітаміни: каротиноїди (провітамін А), вітамін Д і вітамін Е.

Каротини – провітаміни А у воді нерозчинні, погано розчиняються в спирті, але добре в хлороформі, бензолі, ефірі, в жирах. Стійкі до високої температури без доступу повітря. Добова потреба у вітаміні А 1 мг. У цілому зерні пшениці каротинів міститься 0,2, в ендоспермі – сліди, алейроновому шарі і оболонках – 3,3, зародку – 6,0, в зародку жита – 2,8…7,6, в зерні ячменю і вівса до 3 мкг/г.

Вітамін Д стійкий до лугів, але руйнується в мінеральних кислотах. Основна функція вітаміну Д в організмі – стимуляція засвоєння кальцію. У зерні злакових культур вітамін Д практично відсутній.

Вітамін Е (токоферол) використовують як антиокислювач і для запобігання згіркнення олії. Його відсутність викликає порушення статевих функцій. У зерні пшениці вітаміну Е міститься 30, жита – 49, вівса – 23, проса – 26, кукурудзи – 96, рису – 34, гречки – 66, гороху – 45, квасолі – 27, сочевиці – 25, у пшеничному зародку – 355, кукурудзяному – 302, в олії з

пшеничних зародків – 1500…3000, в соняшниковій олії – 350…420 мкг/г.

3.6. Ферменти

Роль ферментів серед біологічно активних речовин, які знаходяться в зерні, надзвичайно велика не лише для життєдіяльності зерна як живого організму, але й для якості продукції. Визначальний вплив на якість продукції має активність гідролітичних і окислювальних ферментів. Біохімічні процеси в зерні й продуктах його переробки під час достигання, зберігання, переробки, випікання хліба відбуваються за участю ферментів, тобто майже усі процеси в зерні ферментативні. Значну роль ферменти відіграють у багатьох галузях промисловості, насамперед у харчовій.

Ферменти поділяються на дві великі групи: однокомпонентні, які складаються виключно з білків, і двокомпонентні, до яких входять білки (апоферменти) і небілкові частини (простетична група). Апофермент двокомпонентних ферментів називається також білковим носієм, а простетична група – активною групою. У роботі з зерном найчастіше маємо справу з протео- і амілолітичними ферментами, поліфенолоксидазою, пероксидазою, каталазою, ліпоксигеназою, ліпазою, фосфатазою.

Дія ферментів залежить від ряду факторів, перш за все від температури і реакції середовища (pH). Оптимальна температура, за якої акитивність

ферментів найбільша, знаходиться вмежах 40…50°C. За нижчих температур швидкість ферментативної реакції, як правило, зменшується, а за температури, близької до 0°C, реакція практично повністю припиняється. За більшої температури понад оптимальну швидкість ферментативної реакції також зменшується, а потім повністю припиняється. Зменшення інтенсивності дії ферментів за збільшення температури понад оптимальну пояснюється головним чином початком руйнування (денатурацією) білка, який входить до складу фермента. Оскільки білки в сухому стані денатуруються значно повільніше, ніж білки оводнені (у вигляді білкового геля або розчину), інактивування ферментів у сухому стані відбувається значно повільніше, ніж за наявності вологи.

Важливим фактором , від якого залежить дія ферментів, є активна реакція середовища – pH. Так, β – амілаза може працювати за кислішої реакції, ніж – а – амілаза. Разом з тим β – амілаза більш термолабільна, ніж а – амілаза, яка витримує вищу температуру.

Ферменти зерна найактивніші в зародку і алейроновому шарі. Так, якщо взяти активність протеаз в зародку пшениці за 100, то протеолітична активність інших частинок зерна буде виглядати так: в зоні щитка – 29,6, ендоспермі – 11,4.

Отже, виходи пшеничного борошна і ступінь відокремлення зародка під час розмелювання зерна мають значний вплив на ферментативну активність готової продукції.

3.7. Вода

Вона в зерні має важливе значення як для зберігання, так і переробки його. Зволоження змінює фізичні властивості зерна – зменшує опір роздавлюванню, збільшує еластичність оболонок. За високої вологості погіршується подрібнення, збільшуються затрати енергії, зменшується вихід готової продукції, погіршується її якість. Сушіння, важливий спосіб обробки зерна перед зберіганням і переробкою його на борошно, крупу та інші продукти, проводять з урахуванням вмісту води в зерні і складністю її віддачі.

Вода, яка входить до складу зерна, є середовищем, в якому відбуваються життєві процеси, сама вона також бере участь в безперервних біохімічних перетвореннях. Завдяки воді в протоплазмі підтримуються характерні для даної системи інтенсивність і спрямованість процесів обміну. Будучи основним розчинником, вона служить середовищем для процесів переміщення продуктів обміну з одних тканин в інші. Певний вміст води викликає або прискорює багато фізико-хімічних і біологічних процесів (набубнявіння, гідролітичний розпад високомолекулярних речовин, дихання), що ускладнює зберігання і переробку зерна. Якщо не запобігти надмірному вмісту води, ці процеси призводять до погіршення якості зерна і навіть до його повного псування. Вода на різних етапах біохімічних перетворень в зерні володіє неоднаковою реакційною здатністю. Різний ступінь готовності

води вступати в ту чи іншу біохімічну реакцію – наслідок різної величини міцності її зв`язку з тканинами зерна.

Форма і види зв`язку води з сухими речовинами зерна, розподіл її по окремих тканинах і анатомічних частинках впливають на стан зерна, весь комплекс процесів у ньому, збереженість, переробку і харчову цінність. Усю воду колоїдного капілярно-шпаристого тіла залежно від величини енергії зв`язку поділяють на 4 форми: хімічнозв'язану, адсорбційнозв`язану, капілярнозв`язану і осмотичноутримувану.

Хімічнозв`язана вода має найвищу енергією зв`язку з матеріалом. Ця вода зв`язана у вигляді гідроксильних груп іонним зв`язком внаслідок хімічної реакції (гідратації). Хімічнозв`язана вода вивільнюється лише внаслідок хімічної взаємодії або інтенсивної обробки – прожарювання.

Адсорбційнозв`язана вода утримується силовим полем на зовнішній і внутрішній поверхні міцел колоїдного тіла, тобто частин, обрамлених сольватним шаром, а інколи й подвійним шаром іонів, що визначає заряд міцели. Розрізняють адсорбцію фізичну і хімічну. За фізичної адсорбції адсорбційні молекули зберігають свою хімічну індивідуальність. Хімічна адсорбція, або хемосорбція, є результатом прояву хімічних сил взаємодії.

Зерно, володіючи властивостями колоїдного капілярно-шпаристого тіла, не знає роздільної хімічної та фізичної сорбції води. Як правило, обидва види сорбцій зливаються, а в зерні, що є живою біологічною системою, сумарна сорбційна

вода змінює характер, напрямок або інтенсивність біохімічних процесів, що, в свою чергу, змінює стан тканин в усьому комплексі фізико-хімічних показників.

Капілярнозв`язана вода являє собою сорбцій-нозв`язаний полімолекулярний шар води біля стінок капіляра. Ця вода в тканинах зерна має свої особливості, вона вступає не лише в фізичну взаємодію, але й в хімічний зв`язок з матеріалом стінок капіляра.

Осмотичноутримувана вода з`являється, коли дотикаються два розчини різної концентрації, відокремлені напівпроникненою перетинкою, що перешкоджає проходженню частинок розчиненої речовини і яка пропускає молекули розчинника (води). Осмотична вода, проникаючи в клітину, змінює свою форму і властивості. Вона є складовою частиною цитоплазми і клітинного соку, вступаючи в різні фізичні і хімічні взаємодії з компонентами клітини.

В роботі з зерном, як правило, мають справу з рівнозваженою гігроскопічною і критичною водою. Вологість, за зменшенняякої біохімічні процеси в зерні різко послаблюються, а за збільшення – бурхливо зростають, називають критичною. Це такий стан зерна, за якого з`являється вільна вода, тобто вода зі зниженою енергією зв`язку, що забезпечує інтенсифікацію ферментативних процесів. В основних зернових культур критична вологість знаходиться в межах 14,5…15,5%, в насінні олійних

культур вона значно менша в зв`язку з великим вмістом ліпідів (6…9%).

Гігроскопічна вода – це вода, що поглинається (сорбується) зерном з повітря. Рівнозважена вода – це вода, яка міститься в зерні в такій кількості, яка відповідає певному поєднанню відносної вологості і температури повітря.

Вміст, стан і характер взаємодії води з анатомічними частинами зерна істотно впливають на його технологічні властивості. З урахуванням стійкості під час зберігання, а також можливості переробки установлено чотири стани зерна за вологістю: сухе (до 14% включно), середньої сухості (понад 14% до 15,5% включно), вологе (понад 15,5% до 17% включно) і дуже вологе (понад 17%).

Більша частина речовин, які входять до складу зерна, здатна до обмеженого набухання у воді. До них належить більшість білкових речовин, крохмаль, клітковина, пентозани, слизі та інші високомолекулярні вуглеводи. Не набухають у воді і не розчиняються в ній гідрофобні речовини – жири, інші ліпіди, розчинні в жирах пігменти, каротиноїди, хлорофіл, жиророзчинні вітаміни. Частина речовин зерна розчиняється у воді (цукри, вільні амінокислоти, білки, альбуміни, фосфати). Речовини, здатні до набухання у воді, становлять в зерні пшениці 80…85%, інших культур – 72…75%.

Окремі частини зерна набухають по-різному з трьох причин: різної фізичної структури складових частин зерна; різного ступеня гідрофільності

хімічних речовин зерна; нерівномірності розподілу хімічних речовин в зернівці.

Контрольні питання

1. Які хімічні речовини входять до складу зерна?
2. Яку роль відіграють білкові речовини для якості зерна?
3. Як поділяються білки за здатністю розчинятися?
4. Які вуглеводи містяться в зерні?
5. Яких вуглеводів найбільше в зерні і з чого вони складаються?
6. На які групи поділяються ліпіди за хімічним складом?
7. Якими фізичними і хімічними властивостями характеризуються ліпіди? Дати їм характеристику.
8. На які групи і підгрупи поділяються мінеральні речовини зерна?
9. Які токсичні елементи можуть бути в зерні?
10. Які вітаміни входять до складу зерна і їхнє призначення?
11. Яка роль ферментів, що знаходяться в зерні?
12. На які форми поділяють воду, що знаходиться в зерні, залежно від величини енергії зв’язку?

Розділ 4
ОЗНАКИ СВІЖОСТІ І ДЕФЕКТНОСТІ ЗЕРНА

Свіжість зерна характеризується його кольором, блиском, запахом і смаком. Усі ці показники визначаються органолептично (сенсорно) і дають уявлення про добротність і здоров`я зерна. Вони є обов`язковими для оцінки якості будь-якої партії зерна. Свіжим вважається зерно, в якому не відбулося ніяких змін під впливом несприятливих умов достигання, збирання або зберігання. Воно повинно мати гладеньку поверхню, природний блиск і колір, властиві зерну даної культури чи сорту.

Зміна властивого для зерна кольору і блиску є першою ознакою несприятливих умов достигання, збирання, зберігання чи порушення технологічних прийомів доробки. Внаслідок зволоження атмосферними опадами, проростання, самозігрівання чи під дією інших факторів оболонки втрачають гладеньку поверхню і блиск, зерно набуває тьмяного, білястого чи стемнілого кольору. Таке зерно вважається знебарвленим.

4.1. Запах

Дуже важлива ознака якості зерна. Свіже, здорове зерно не має ніяких невластивих запахів, а тільки притаманний йому специфічний запах: пшеничний, житній, просяний, кукурудзяний, гречаний тощо. Значна різноманітність сторонніх запахів поділяється на дві великі групи:

1. Запахи, набуті зерном внаслідок сорбції ним сторонніх речовин:
   - сажковий (оселедцевий) запах викликається наявністю триметиламіну в спорах сажки;
   - полиновий, обумовлений вмістом в зерновій масі квіткових кошиків полину;
   - часниковий запах свідчить про наявність цибулинок дикого часнику;
   - запах буркуну передається насінням цього бур`яну;
   - димний запах з’являється внаслідок абсорбції поверхнею зерна газів під час сушіння;
   - запах нафтопродуктів, хімічних речовин тощо.
2. Запахи, набуті зерном внаслідок несприятливих умов під час достигання, збирання чи зберігання:
   - комірний запах, властивий зерну, яке зберігалось тривалий час у сховищах без вентилювання;
   - затхлий і плісняво-затхлий запах виникає внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, особливо плісеневих грибів;
   - солодовий або плісняво-солодовий запах проявляється під впливом процесів, що відбуваються в зерновій масі під час самозігрівання внаслідок розвитку мікроорганізмів;

- медовий запах проявляється за значного розвитку в зерновій масі кліщів;
- плісеневий, як правило, виникає у вологому і сирому зерні, внаслідок розвитку на ньому плісеневих грибів;
- кислий запах – результат різних видів бродіння, особливо оцтовокислого;
- гнильний запах виникає в зерні внаслідок тривалого процесу його самозігрівання, а також інтенсивного розвитку шкідників.

У практиці зберігання зерна за запахом визначають ступінь його псування (ступінь дефектності). Їх усього чотири:

– зерно із псуванням першого ступеня має солодовий запах, підвищену ферментативну активність, інтенсивне дихання. Таке зерно можна використовувати на продовольчі цілі для одержання з нього борошна і печеного хліба, що відповідають встановленим вимогам за якістю;
– зерно із псуванням другого ступеня характеризується плісенево-затхлим запахом різних відтінків залежно від ураження плісеневими грибами. Зерно, у якого ендосперм і зародок середньо уражені плісеневими грибами, з дозволу ветеринарного нагляду використовують на корм тваринам і птиці й на технічні цілі;

- за значного ураження, коли під впливом плісеневих грибів і дуже розвинутого бактеріозу розпадаються білкові речовини і жири, зерно має гнильно-затхлий запах, настає третій ступінь псування. Таке зерно використовують лише для технічних цілей;
- за четвертого ступеня дефектності зерно стає буро-чорним. Його також використовують тільки для технічних цілей.

4.2. Смак

Він свідчить про свіжість зерна. Смак здорового зерна має бути прісним, тобто зерно не має ніякого смаку. Відхилення від нього свідчить про дефектність зерна. При цьому може бути солодкий, солоний, гіркий і кислий смак.

Солодкий смак виникає в зерні під час проростання і є наслідком діяльності амілолітичних ферментів (α- і β-амілази), які розщеплюють крохмаль до декстринів і цукру. Солодкий смак відчувається також в недостиглому і морозобійному зерні. Гіркий смак надають зерну кошики полину, які містять гірку речовину – абсинтин. Солоний смак свідчить про наявність в зерновій масі мінеральних добрив, солі. Кислий смак з`являється внаслідок розвитку в зерні плісняви.

Зерно, як жива біологічна система, легко піддається несприятливим зовнішнім факторам, що погіршує його якість і технологічні властивості. Воно стає дефектним. До зерна, пошкодженого в

полі, відносять проросле, морозобійне, суховійне, пошкоджене польовими шкідниками, уражене хворобами і засмічене бур`янами, механічно пошкоджене, знебарвлене, прожовкле тощо. Під час зберігання може бути самозігрівання зерна, пошкодження шкідниками хлібних запасів, мікроорганізмами, псування під час сушіння.

4.3. Проросле зерно

Для проростання зерна потрібні певні умови: достатня вологість, тепло і кисень. Під час проростання зерна відбувається розпад в ендоспермі і сім`ядолях високомолекулярних і фізіологічно нерухомих речовин до низькомолекулярних розчинних речовин з участю води під дією ферментів. Інша особливість проростання полягає в тому, що, якщо в ендоспермі відбуваються переважно гідролітичні процеси, то в зародку переважають процеси синтезу. Якщо для індивідуального розвитку рослини (онтогенезу) проростання насіння є природним і обов`язковим етапом життєвого циклу, то для зберігання і, в більшості випадків, промислової переробки зерна – процесом небажаним, який погіршує його якість і призводить до псування. Борошно з пророслого зерна має солодкий смак. Зерно збільшується в об`ємі, зменшуються його сипкість, в`язкість суспензії, збільшується частка розчинних у воді речовин. Основний показник глибоких біотімічних змін в пророслому зерні – підсилення дії ферментів,

перш за все амілолітичного комплексу. Особливо великої активності набуває α-амілаза. Активовані протеолітичні ферменти гідролізують білки з утворенням поліпептидів і амінокислот. В клейковині зменшується вміст дисульфідних зв`язків, і вона значно послаблюється. Вільна α-амілаза розріджує тісто. Суха маса зерна від проростання зменшується за рахунок втрати органічних речовин, що супроводжується інтенсивним диханням. Зберігати пророслe зерно значно важче, ніж нормальне.

4.4. Морозобійне зерно

Пошкодження достигаючого зерна морозом на пні зменшує врожайність, погіршує борошномельні і хлібопекарські якості, ускладнює його зберігання. Основна ознака пошкодження неповністю стиглого зерна під впливом промерзання і наступного відтавання – це повне припинення або затухання процесів синтезу за одночасного збільшення процесів гідролізу. Для морозобійного зерна характерні незавершеність процесів біосинтезу білків і полімерних вуглеводів. Зі зменшенням загальної кількості білків і вмісту клейковини його якість значно погіршується, воно стає дуже міцним, крихким. Загальна кількість вуглеводів у зерні зменшується внаслідок незавершення процесів формування крохмалю, відносна кількість цукрів і клітковини, навпаки, збільшується. Для морозобійного зерна характерні збільшена

інтенсивність дихання, легка піддатливість самозігріванню, розвитку в ньому мікроорганізмів, особливо плісняв, що утруднює його зберігання.

4.5. Суховійне зерно

Недостатня забезпеченість рослин водою, яка супроводжується високою температурою (засуха), або дія сухих вітрів за високої денної температури і низької відносної вологості повітря (суховій) погіршують якість зерна, зменшують врожайність. Під дією засухи або суховіїв під час формування колоса, цвітіння зерно може зовсім не утворитися. Зерно, захоплене суховієм в молочному стані, буде щуплим. Чим раніше зерно захоплене суховієм, тим меншою буде його маса. Залежно від ступеня стиглості зерна під час суховіїв швидкість подальшого накопичення в ньому поживних речовин зменшується до 40…60%. Суховії викликають посилений доступ розчинних азотних речовин у зерно, а вуглеводів зменшений: висока температура гальмує фотосинтез і може призвести до гідролізу поліцукрів зерна. Суховійне зерно багатше від нормального на білковий азот і клейковину і, відповідно, бідніше на розчинні сполуки азоту (амінокислоти). Недостатня кількість вуглеводів може сприяти зменшеній кількості в зерні жиру порівняно із нормальним зерном.

4.6. Стікання зерна

Часто спостерігається щуплість зерна під час достигання, з`являються борошнисті плями, рожевий наліт, а також “чорний зародок”. Це відбувається внаслідок так званого стікання зерна, що супроводжується надмірними опадами і високою температурою повітря. В рослині зменшується приплив асимілятів у зерно: опади вимивають з ендосперму розчинні вуглеводи, які утворились внаслідок гідролізу з раніше накопиченого крохмалю; збільшується витрата накопичених речовин на дихання. Внаслідок затяжних дощів витрачаються не лише вуглеводи, а й азотисті і мінеральні речовини, в зерні збільшується вміст загального фосфору.

Стікання зерна відбувається у вигляді специфічного двофазного захворювання: неінфекційної та інфекційної фаз.

У першій, неінфекційній фазі, зволоження зерна, особливо за високої температури під час молочного стану і воскової стиглості зерна, а також у фазі повної стиглості зерна на пні і у валках після обмолоту в зерновій масі значно зростає активність гідролітичних ферментів, головним чином амілаз (в 2,5 рази). Одночасно протеолітичні ферменти розщеплюють білки і переводять їх у низькомолекулярні азотні речовини. Накопичення водорозчинних речовин збільшує осмотичний тиск у клітинах, що збільшує доступ в них води з вологої поверхні зерна, внаслідок чого з зерна виділяються

цукри і азотні речовини, і воно збіднюється поживними речовинами. Одночасно в зерні значно посилюється дихання. Синтезована в процесі дихання вода додатково зволожує зерно, що ще більше підсилює гідролітичні і окислювальні процеси. Наростання процесів в неінфекційній фазі здатне за 1…3 доби призвести до значних втрат в масі, погіршення посівних, технологічних і кормових якостей зерна.

Для другої, інфекційної фази, характерне заселення колосків і зерна мікрофлорою – грибами. За їхнього розвитку з`являються чорні крапки або плями різної форми і розмірів. Таке зерно втрачає усі свої споживчі якості.

4.7. Зерно, пошкоджене шкідниками

Великі втрати зерна пов`язані з пошкодженням шкідниками в полі. У такому разі продуктивність часто зменшується на 10…20% і більше. Внаслідок пошкодження погіршується і якість зерна. Найнебезпечнішим є клоп-черепашка, який пошкоджує усі зернові культури, особливо пшеницю і ячмінь.

Навесні клопи ссуть стебла молодих рослин, внаслідок чого центральний листок жовкне, скручується і відмирає. Комахи після колосіння пошкоджують стебла нижче колоса, який біліє і засихає. Молоді личинки пошкоджують переважно остюки, плівки колоса і зерна. Надалі, під час наливу і до збирання врожаю, черепашки живляться лише

зерном.

Зерно, пошкоджене клопом-черепашкою під час наливу, зсихається і набуває блідо-жовтого кольору. Воно стає щуплим, зморшкуватим, з жовтими плямами і часто помітними на них чорними крапками – слідами уколу клопа-черепашки. Пошкодження у фазі молочного стану менше змінює форму зерна, ніж під час наливу. Внаслідок пошкодження в цій фазі на поверхні зерна утворюються вм`ятини з жовто-кремовими або блідо-жовтими плямами, які знаходяться з обох боків його по всій поверхні. Інколи бувають зморшки, але не такі чіткі, як від пошкодження під час наливу зерна. Якщо клоп-черепашка пошкоджує зерно на початку воскової стиглості, воно здебільшого зберігає свою форму, інколи в окремих місцях, частіше біля борозенки, спостерігається зморшкуватість. Проколюючи зерно, клоп виділяє слину, яка не поширюється по ендосперму, як у попередні строки пошкодження, а локалізується в зоні уколу. На поверхні зерна утворюється жовто-кремова пляма, часто з чорною крапкою. Від пошкодження зерна у фазі повної стиглості зберігається його форма і розмір, але утворюється жовто-кремова пляма, з різко вираженим контуром із однією або декількомакрапками. Часто клоп-черепашка пошкоджує зародок, особливо в фазі повної стиглості зерна Навколо зародка формується біла пляма без зморшок і слідів уколу (рис. 9).

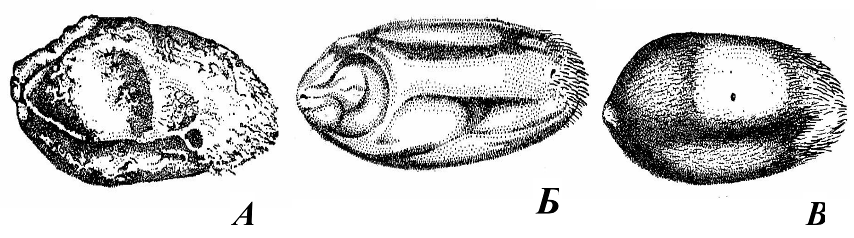


Рис. 9. Зерно, пошкоджене клопом-черепашкою у фазі наливу (А), на початку воскової стиглості (Б), в повну стиглість (В).

Ферменти, які виділяє клоп-черепашка, пошкоджуючи зерно, гідролізують як білки, так і вуглеводи. В зерні відбуваються глибокі фізіологічні зміни: збільшується інтенсивність дихання і активність ферментів. Вміст вільних амінокислот, і перш за все тирозину, збільшується. Борошно з зерна, пошкодженого клопом-черепашкою, має погані хлібопекарські якості. Клейковина руйнується і не відмивається з пошкодженого зерна. Хліб з такого зерна практично не дає потрібного об`єму, властивого сорту, характеризується великою розпливчастістю. Череневий хліб має млинцеподібну форму.

Ферменти шкідника дуже довго зберігають свою активність. В процесі розмелу борошно з пошкоджених зерен змішується з борошном здорового зерна. До того часу, поки борошно зберігається в сухому стані, фермент не діє, але варто лише замісити тісто, як починається бурхливий процес розщеплення білкових молекул. Внаслідок цього клейковина втрачає свої

властивості, стає мазкою, розтяжною, набуває сірого або темно-сірого кольору. Одержане з такогоборошна тісто має невелику пружність, розпливається, хліб не зберігає властиву йому форму (рис. 10).

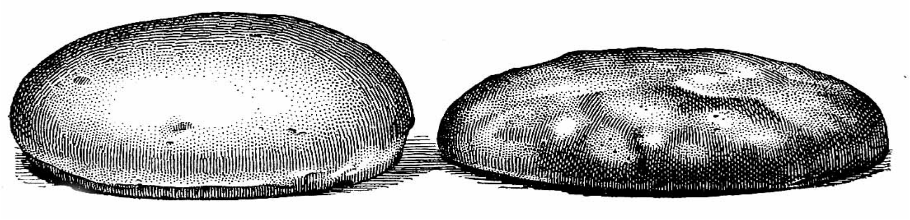


*Рис. 10.*Череневий хліб із зерна:
ліворуч – непошкодженого; праворуч – пошкодженого на 5% клопом-черепашкою

Трипси, злакові мухи і хлібні пильщики завдають відчутної шкоди врожаю. З пошкоджених ними рослин формується щупле, низьконатурне зерно з невеликим виходом борошна, непридатного для хлібопечення.

4.8. Зерно, уражене хворобами

Хвороби завдають великих втрат урожаю і погіршенню якості зерна, особливо якщо рослини уражені іржею, сажкою, борошнистою росою, кореневими гнилями, фузаріозом та іншими бактеріальними хворобами. Від ураження рослин іржею зменшується асиміляційна поверхня листків, порушуються біохімічні процеси в них, послаблюється зимостійкість. Все це негативно позначається на кількості і якості врожаю. Зерно робиться щуплим, з досить поганими технологіч-

ними якостями, вихід борошна невеликий (менше 50%), воно темного кольору, відбувається різке зменшення в зерні вмісту білка.

Досить небезпечною хворобою зерна є фузаріоз, який уражує рослини пшениці, жита. При цьому змінюється хімічний склад зерна: гідролізується білок і накопичуються продукти його розпаду (аміак, аміди, пептиди, вільні амінокислоти), руйнується крохмаль і частково клітковина. Можливе накопичення токсичних речовин, які викликають захворювання людей і тварин. Борошно із зерна пшениці, ураженого фузаріозом, утворює вологе, липке тісто. Спостерігається зменшення кількості і погіршення якості клейковини: вона стає розпливчастою, слизькою або малорозтяжною, темного кольору і неприємного запаху.

Зерно, уражене фузаріозом, отруйне. Борошно, одержане з такого зерна, непридатне для харчування. Поїдання хліба з нього викликає хворобу, яка називається “п`яним хлібом”. З`являється млість, запаморочення, блювання, сонливість, скутість ходьби.

Сажка уражує пшеницю, жито. Тверда сажка руйнує зерно, залишається лише оболонка. Спори забруднюють борошно, яке набуває неприємного запаху зіпсованих оселедців і темного кольору. Хліб з такого борошна погано пропікається, має солодкий смак і неприємний запах. Стеблова сажка зменшує вміст клейковини і погіршує її якість.

Серед бактеріальних хвороб найбільшої шкоди пшениці завдає бактеріоз чорний плямистий. Про

значний розвиток хвороби свідчить побуріння всього колосу. Зерно, сформоване в досить ураженому колосі, покрите дрібними коричневими або навіть чорними плямами. При цьому оболонка його хоч і не руйнується, але дуже розм`якшується. Від ураження бактеріозом чорним у пшениці зменшується асиміляційна поверхня, посилюється дихання рослин, на що витрачається велика кількість пластичних речовин. Внаслідок цього зменшується кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен, що призводить до зменшення врожайності і погіршення якості.

4.9. Отруйне зерно

Джерелом шкідливих для людини і тварин речовин в зерні можуть бути: хвороби рослин під час їхньої вегетації, залишкова кількість отрутохімікатів, що використовувались в полі для боротьби з бур`янами, шкідниками і хворобами; залишкова кількість отрутохімікатів, що використовувались для знищення шкідників хлібних запасів в складах, елеваторах, на круп`яних і борошномельних заводах; отруйні речовини, що з`явились в зерні внаслідок розвитку мікроорганізмів і шкідників. Від розвитку деяких грибів зерно набуває токсичних властивостей. Використання такого зерна для харчових і кормових цілей викликає в людей і тварин хвороби, що називаються мікотоксикозами. Рідше токсичні речовини в зерні виробляються бактеріями. Злакові культури уражуються багатьма

грибами з родини Fusarium. Ріст грибів викликає значні зміни в хімічному складі зерна. Відбувається енергійний гідроліз білків і накопичення продуктів їхнього розпаду: аміаку, пептидів, амінів, вільних амінокислот і токсичних для людини і тварин речовин. Деякі гриби з родини Fusarium мають патогенні властивості (F. Sporotrichiella, F. Graminearum).

Зерно, яке перезимувало в полі, також може бути отруйним. В отруйному зерні відбуваються помітні деструктивні процеси: збільшується вміст небілкового і амінного азоту; зменшується вміст крохмалю; підвищується активність α-амілази і значно зменшується вміст пероксидази.

4.10. Зерно, пошкоджене сушінням

В процесі сушіння може відбутися потемніння ферментативного та неферментативного характеру. Ферментативне потемніння відбувається внаслідок окислення та під впливом монофенолмоноксигенази поліфенольних сполук, які здатні утворювати водорозчинні темні сполуки в результаті реакції полімеризації. Неферментативне потемніння виникає за відсутності кисню в результаті амінокарбонільних реакцій (мелаідиноутворення), реакції карамелізації та окисного потемніння (руйнування аскорбінової кислоти, поліфенолів, ненасичених ліпідів за присутності кисню).

У зерні, пошкодженому сушінням, зменшується кількість клейковини, або вона взагалі

не відмивається. Вона стає мало вологоємкою, втрачає розтяжність. Хліб з такого зерна буде з малим об'ємом, з товстостінною шпаристістю і білою скоринкою.

Контрольні питання

1. Якими показниками характеризується свіжість зерна?
2. Які ознаки може мати дефектне зерно?
3. Які потрібні умови для проростання зерна?
4. Які зміни відбуваються в якості морозобійного і суховійного зерна?
5. Які шкідники пошкоджують зерно, що впливає на його якість, і як?
6. Які хвороби завдають великих втрат врожаю і погіршенню якості зерна?
7. За яких умов зерно може стати отруйним?

Розділ 5
ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА

Природні особливості зерна, що визначають різні прийоми і режими переробки, а також здатність його давати готові продукти певної кількості і якості, характеризують технологічні властивості. Різні галузі, які переробляють зерно, висувають неоднакові вимоги до сировини. Визначаючи технологічний процес переробки зерна в борошно, необхідно враховувати велику кількість показників, що характеризують його за борошномельними якостями, специфіку ведення технологічного процесу на борошномельних заводах сортового розмелу, якість борошна з точки зору хлібопечення, тому що тісто має поєднувати певні біохімічні й реологічні властивості та забезпечувати можливість використання сучасних машин.

Технологічні властивості сировини на борошномельних і круп’яних підприємствах визначаються такими основними показниками: виходом готової продукції сумарно і за сортами; якістю готової продукції; затратами на виробництво одиниці маси готової продукції. В борошномельному виробництві технологічні властивості зерна додатково оцінюють за допомогою розрахунку відношення виходу борошна до його зольності (технологічний показник К). В зазначеному діапазоні вологості він має максимальне значення. Аналіз його зміни під впливом інших факторів дозволяє знайти їхнє раціональне значення і на цій основі

оптимізувати технологічні операції на борошномельному і круп'яному заводі. Проте аналіз свідчить, що технологічний показник К не є об'єктивним, тому що не враховує вихідну зольність зерна, а лише кінцевий результат розмелу. Об'єктивний результат одержують, розраховуючи технологічний показник за формулою:

$$\mathbf{Т= В\ З_0-З_1 /З_0},$$

де: Т – технологічний показник;
В- вихід борошна; %, $З_0$- зольність зерна, %;
$З_1$ – зольність борошна, %.

Затрати на виробництво одиниці маси готової продукції - один з основних показників, який визначає технологічні властивості зерна. Його величина визначається структурно-механічними властивостями сировини, а також від організації процесу подрібнення, конструктивними особливостями подрібнювальних машин і впливу їхніх робочих органів на частини зерна.

Особливо великі витрати електроенергії на млинах сортового помелу пшениці і жита. Якщо взяти всі витрати електроенергії на таких заводах за 100 %, то на процес подрібнення припадає не менше 70 %. Встановлені норми питомих витрат електроенергії на борошномельних заводах наведені в таблиці 24.

Таблиця 24. Норми питомих витрат електро-енергії для розмелювання зерна, кВт/год на 1 т борошна

Помели	Транспортування продуктів	
	механічне	пневматичне
Для пшениці:		
Багатосортний і 72 %-вий мя'кої пшениці	55…65	86…102
Твердої пшениці в макаронне борошно	60…66	93…102
Односортний 85%-вий	48…55	67…77
оббивний	21…24	30…34
Для жита:		
Односортний 63 %-вий	55…60	71…78
Двосортний (15+65 %)	45…50	59…65
Обдирний 87 %-вий	42…45	55…59
Оббивний	22…26	31…36

Основною сировиною для виробництва борошна є зерно пшениці і жита. Показники, що використовуються для оцінки його технологічних властивостей, умовно поділяють на три групи:

– ті, що характеризують загальний стан зернової маси;
– ті, що визначають борошномельні якості;

– ті, що визначають хлібопекарські властивості зерна.

Загальний стан зернової маси оцінюють за смаком, запахом, кольором, вологістю, зараженістю, засміченістю, кількістю дрібної фракції зерна.

Борошномельні властивості зерна представлені склоподібністю, крупністю, вирівняністю, натурою, масою 1000 зерен, щільністю, зольністю, розмелоздатністю. Враховують також типовий склад партії зерна.

Хлібопекарські властивості зерна пшениці оцінюють за вмістом і якістю клейковини, газоутворюючою здатністю і дисперсним складом борошна, фізичними властивостями тіста і пробною випічкою хліба. Враховуючи будову і хімічний склад зерна жита, його хлібопекарські властивості визначають за показниками автолітичної проби, амілограми і пробної випічки хліба.

У зерні пшениці на макаронне борошно враховують його макаронні властивості, які визначають на зразках макаронної крупки, напівкрупки. До показників, які характеризують макаронні властивості, відносять вологість, зольність, вміст і якість клейковини, дисперсний склад крупки і напівкрупки, їхній колір, а також вміст білка, кислотність, фізичні властивості тіста, що визначаються за допомогою фаринографа. Крім того, треба одержати макарони в лабораторних умовах і визначити їхню якість за вологістю, міцністю, кольором, станом поверхні, мікроструктурою злому,

збільшенням об’єму і зміною форми під час варіння, мутністю варильної води та іншими показниками.

Технологічні властивості круп`яного зерна оцінюють за сукупністю показників, які поділяють на три групи: ті, що характеризують загальний стан зерна; що визначають круп`яні властивості і що визначають споживчу цінність крупи. Загальний стан круп`яного зерна визначається кольором, запахом, вологістю, засміченістю, зараженістю і вмістом чистого ядра в зерні деяких культур. Круп`яні властивості зерна характеризуються плівчастістю, однорідністю за типовим і сортовим складом, розмірами і вирівняністю за крупністю, консистенцією ядра, масою 1000 зерен, показниками лабораторного виходу крупи. Споживчу цінність крупи визначають за якістю крупи, смаком і кольором каші, тривалістю варіння, приваром за об`ємом і масою, структурою каші.

Оцінюючи технологічні властивості зерна, необхідно враховувати такі положення:

- зерно являє собою складне тіло, яке складається з чітко відмітних за структурою і властивостями ендосперму, оболонок і зародка;
- зерно є анізотропним тілом, так як хімічний склад, мікроструктура і властивості кожної анатомічної частини відрізняються між собою;
- зерно - полімерне тіло, тканини якого побудовані з біополімерів;

- зерно – живий організм, тому всі процеси незалежно від їхньої природи, які проходять в ньому, підлягають керованому впливу біологічної системи зерна.

Для визначення комплексної оцінки технологічних властивостей зерна, введено поняття «технологічний потенціал зерна», який формується під впливом генетичних особливостей рослин, грунтово-кліматичних умов та агротехнічних заходів вирощування. Технологічний потенціал є основним показником технологічних цінностей зерна, який включає анатомічну будову, физико-хімічні, структурно-механічні та біохімічні властивості. Він враховується в процесі переробки зерна в борошно або крупу з двох основних позицій:

- співвідношення мас анатомічних частин зерна, звертаючи особливу увагу на вміст ендосперму;
- потенційної можливості поділу анатомічних частин в процесі переробки зерна на самостійні продукти.

Тобто, технологічний потенціал зерна є імовірним критерієм його технологічних і споживчих цінностей. Визначаються вони фізико-технологічними властивостями, хімічним складом, ознаками свіжості і дефектності зерна.

Контрольні питання

1. За якими показниками визначаються технологічні властивості зерна?

2. На які групи поділяються показники якості зерна, що використовуються для виробництва борошна?
3. За якими показниками якості визначають загальний стан зерна?
4. За якими показниками якості визначають борошномельні властивості зерна?
5. За якими показниками якості визначають хлібопекарські властивості зерна пшениці?
6. За якими показниками якості визначають технологічні властивості круп’яного зерна?
7. Які положення треба враховувати, оцінюючи технологічні властивості зерна?
8. Що таке «технологічний потенціал зерна» і які показники він включає?

Частина 2
ТЕХНОЛОГІЯ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розділ 6
ФОРМУВАННЯ ПОМЕЛЬНИХ ПАРТІЙ ЗЕРНА

Для того, щоб досягти стабільної роботи борошномельного заводу, збільшити рівень використання зерна, раціонально використати його запаси, поліпшити якість борошна, завчасно формують помельні партії, з яких потім складають помельні суміші. Вона повинна забезпечити безперебійну роботу заводу не менше ніж на 10 діб. Це початковий етап підготовки зерна до розмелу. Необхідність складання помельної суміші обумовлена тим, що на борошномельні заводи надходять партії зерна з різних місць вирощування, різних типів і сортів, неоднакової якості. Індивідуальна переробка таких партій зерна забезпечить різну якість борошна, що негативно вплине на якість хлібобулочних виробів. Тому технологічно раціональне складання помельних сумішей є заходом, який забезпечить стійку роботу підприємства і випускати однорідну за якістю продукцію.

Складання помельних сумішей перед розмелом дозволяє використати зерно низької якості, з якого самостійно не можна одержати борошно, яке б відповідало вимогам стандарту: проросле,

пошкоджене клопом-черепашкою, сушінням, самозігріванням.

Щоб скласти помельні суміші за технологічними компонентами зерна пшениці, потрібно дотримуватись на борошномельному заводі таких умов:

- роздільно зберігати різні вихідні партії зерна;
- формувати в елеваторах і складах попередні суміші за певними борошномельними і хлібопекарськими властивостями з одночасним видаленням дрібної фракції зерна;
- роздільно готувати в зерноочисному відділенні компоненти суміші, які істотно відрізняються за фізико-технологічними властивостями;
- скласти рецептуру суміші;
- змішувати попередньо підготовлені партії зерна перед відправленням суміші на розмелювання.

Для забезпечення роздільного зберігання різних за якістю вихідних партій зерна необхідно скласти план розміщення зерна, що надходить на підприємство. Залежно від технічного оснащення зерносховища потрібно зберігати окремо пшеницю продовольчу з різних зон вирощування, за типом, вологістю, склоподібністю, натурою, наявністю проростлих зерен, засміченістю, кількістю і якістю клейковини.

Зерно жита потрібно зберігати роздільно з зон вирощування, за сортовим складом, вологістю, натурою, засміченістю, вмістом проростлих зерен.

За складання рецептури зернової суміші необхідно визначити компоненти і їхню кількість, встановити їхнє співвідношення в суміші. При цьому необхідно забезпечити високі хлібопекарські властивості і можливість виробництва з неї борошна стандартної якості, врахувати необхідність рівномірного використання усіх вихідних партій зерна, їхню змішувальну цінність.

Для цього використовують:

- зерно з різною вологістю, якщо розходження за цим показником вихідних партій не перевищує 1,5%;
- зерно високозольне з низькозольним;
- зерно різної склоподібності для одержання середньої склоподібності 50…60%;
- зерно з різними показниками клейковини, для того, щоб одержати борошно, яке б відповідало стандарту за цим показником.

Склад помельної суміші розраховують за основними показниками якості зерна: вологість, склоподібність, зольність, вміст клейковини (білка), виходячи з наявних партій зерна в елеваторі. Як правило, помельну партію складають з двох-трьох, але не більше чотирьох компонентів. В процесі розрахунку виходять з того, що усі показники якості підкоряються закону адитивності, тобто можуть бути знайдені шляхом розрахунку середньозваженої величини.

Якщо позначити літерою М масу кінцевої помельної партії, m_1, m_2 – масу окремих компонентів помельної партії, X – середньозважене значення

вибраного показника якості зерен; x_1, x_2 – індивідуальні значення цього показника для кожного з компонентів суміші, то для формування помельної партії з двох компонентів можна скласти рівняння:

$$\mathbf{MX = m_1x_1 + m_2x_2;}$$

$$\mathbf{M = m_1 + m_2,}$$

Звідси одержимо масу вихідних компонентів:

$m_1 = M(X-x_2)/x_1 - x_2;$

$m_2 = M - m_1$

Для партії з трьох компонентів задача вирішується за умови рівності мас двох з них.

Існує принцип складання помельної суміші зерна методом оберненої пропорції. В цьому випадку кількість зерна кожного компонента суміші вибирають обернено пропорціонально різниці певного показника в даному компоненті і в розрахунковій суміші. Розрахунок проводять лише за одним показником (склоподібності, вмісту клейковини чи зольності).

Наприклад. Треба скласти помельну суміш зерна масою 300 т зі склоподібністю 52%. У зерносховищі є три партії пшениці м’якої, склоподібність яких становить 58, 50 і 40%. Розрахунок помельної суміші зерна з трьох компонентів за показником склоподібність наведено в таблиці 25.

Для визначення маси кожної складової частини суміші (M_1, M_2, M_3) масу помельної суміші зерна множимо на показник співвідношення його частин в помельній суміші. У нашому випадку маса зерна буде становити:

M_1 = 300x14/26=161,6 т;
M_2 = 300x6/26=69,2 т;
M_3 =300x6/26= 69,2 т.

Змішування зерна повинне бути організовано так, щоб, по-перше, забезпечувалась однорідність складу помельної суміші, і, по-друге, кожний компонент помельної суміші був підготовлений до розмелювання окремо в оптимальному режимі.

Таблиця 25. Розрахунок помельної суміші зерна

Елементи розрахунку	**Складові частини**		
	перша	**друга**	**третя**
Склоподібність, %	58	50	40
Відхилення за склоподібністю під час змішування, %: *першої і другої складових частин* *першої і третьої складових частин*	 58-52=6 58-52=6	 52-50=2 -	 52-40=12
Розрахункове співвідношення компонентів в суміші за наявності складових частин: *першої і другої* *першої і третьої*	 2 12	 6 -	 - 6
Розрахункове співвідношення кожної складової частини суміші	12+2	6	6
Сума частин помельної суміші	14+6+6=26		

Друга умова визначає необхідність змішування компонентів помельної суміші лише після гідротермічної обробки зерна, режим якої індивідуальний для кожного компонента. Як правило, змішування проводять після основного відволожування зерна, для цього під бункерами для відволоження встановлюють дозатори і шнекові змішувачі.

Контрольні питання

1. Що є оснвною формування помельних партій зерна?
2. Яких умов потрібно дотримуватись, щоб сформувати на борошномельному заводі помельну суміш зерна?
3. Яке зерно використовують для складання помельної суміші?
4. Які є принципи розрахунку маси компонентів для складання помельної суміші зерна?

Розділ 7
СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ

7.1. Основи сепарування

Сепарування – процес поділу певної частини зернової маси на її складові компоненти, які більш однорідні за ознаками поділу. Характерною властивістю зернової маси є наявність великої кількості дрібних частинок та їхня неоднорідність за фізичними властивостями і хімічним складом зерна, домішками. Кожна зернова маса являє собою сукупність значної кількості компонентів. Для одержання правильної характеристики зернової маси потрібно знати ступінь її неоднорідності за тією чи іншою ознакою, встановити межу відмінностей і середні величини їхніх значень. Домішки в зерновій масі погіршують якість виробленого борошна, можуть зробити його непридатним для споживання.

Домішки – це небажаний компонент зернової маси. Кількість домішок, виявлених у партії зерна продовольчого, фуражного чи технічного призначення, виражених в процентах від її маси, називають засміченістю.

Домішки бувають рослинного, тваринного і мінерального походження. Кожна з цих груп складається з дуже різноманітних об`єктів, які по-різному впливають на можливість використання партії зерна і якість продуктів, що з нього виробляються. Розрізняють дві фракції домішок: смітну і зернову.

До складу смітних домішок входять: мінеральні (земля, пісок, пил, частинки шлаку, руди тощо); органічні (частинки стебла, листків, стрижні колосків, початку, остюки тощо); насіння дикорослих рослин; насіння культурних рослин, якщо воно згідно з відповідним стандартом не віднесене до зернових домішок. Наприклад, зерна жита і ячменю у партії пшениці, зерна пшениці і ячменю в житі чи зерна пшениці і жита в ячмені належать до зернових домішок; зерна усіх інших культур (вівса, проса, гречки, рису тощо) відносяться до смітних домішок; зерна основної культури з чітко зіпсованим ендоспермом (гнилі, плісняві, підсмажені тощо); шкідливі домішки. Для основних зернових культур це: ріжки, сажка, пажитниця (дурійка) п`янка, гірчак повзучий, софора лисохвоста, термопсис ланцетний, триходесма сіра тощо.

До **зернових домішок** відносять: биті і частково з`їдені шкідниками, давлені, недостиглі, пророслі, запліснявілі зерна основної культури; цілі і пошкоджені зерна інших культур, які не віднесені до смітних домішок.

В основу класифікації домішок у продовольчому зерні покладено один принцип – ступінь впливу певного виду домішок на вихід і якість продуктів, що виробляють з нього, а у фуражному зерні – вплив домішки на кормову цінність.

Зернову суміш очищають від домішок з урахуванням різниці між зернами основної культури

і домішками: за шириною і товщиною – на решетах з круглими і продовгуватими отворами в зерноочисних, сортувальних і калібрувальних машинах; за довжиною – в циліндричних і дискових трієрах; з використанням аеродинамічних властивостей – за допомогою повітряного потоку в аспіраційних колонках, пневмосепараторах і пневмоколонках; за формою і станом поверхні зерна і домішок – на решетах з отворами трикутної форми в спіральних і стрічкових сепараторах, гірках, змійках; за щільністю (питома маса) – на пневматичних сортувальних столах, каменевідбірних машинах; за металомагнітними і електричними властивостями, кольором – на електромагнітних і електростатичних, електронних машинах і за допомогою фотоелементів (рис. 11).

Під час очищення особливу увагу потрібно приділяти максимальному видаленню із зернової маси шкідливих домішок, особливо таких, як амброзія полинолиста, амброзія трироздільна, амброзія багаторічна, ценхрус якірцевий, повитиця (усі види), паслін колючий, паслін каролінський.

Амброзія полинолиста: насінина жовто-біла, завдовжки 2...4 мм яйцеподібної або грушоподібної форми.

Амброзія трироздільна: насінина завдовжки 6...7 мм і завширшки до 4 мм, обернено-яйцеподібна, з трикутною конусоподібною горбкуватою верхівкою, жовтувато-сіра або коричнева.

Амброзія багаторічна: плід дрібний, яйцеподібний, коротко загострений, опушений

довгими зеленуватими волосками, з тупим носиком і двома довгими відростками вгорі.

Ценхрус якірцевий: в зерні зустрічається у вигляді затверділих з дуже колючими колосовими лусочками зернівок. Зернівка світло-коричнева, сплющена, опукла, з насінним рубчиком як чорна крапка на верхівці. Довжина зернівки 2,1...3,5 мм, ширина – 1,8... 3 і товщина – 1…1,4 мм.

Повитиці. Насіння у більшості видів вкрите твердою оболонкою і містить отруйну речовину – сапонін. Найпоширеніша повитиця конюшинна. Плід – куляста коробочка, насіння дрібне, опукле, шорстке, із зовнішнього боку напівкулясте, довжина його 0,8...1 мм.

Насіння *повитиці хмелеподібної* – трикутно-округле, стиснуте, матове, майже гладеньке, розміром 3,7 × 8,9...3,5 × 2,5 мм і дрібніше. Насіння повитиці одностовпчикової округло-довгасте, довжиною до 2 мм.

У *повитиці польової* насіння має дрібно-зернувату поверхню, овальне або майже кругле, рубчик трохи зігнутий, довжина його 1,5 мм, ширина – 1,2, товщина – 0,8 мм. У повитиці Лемана насіння овальне, з одного боку трикутно-гранчасте, з іншого – округле, поверхня шорстка, довжина – 3,4...4, ширина – 2,5...3 мм.

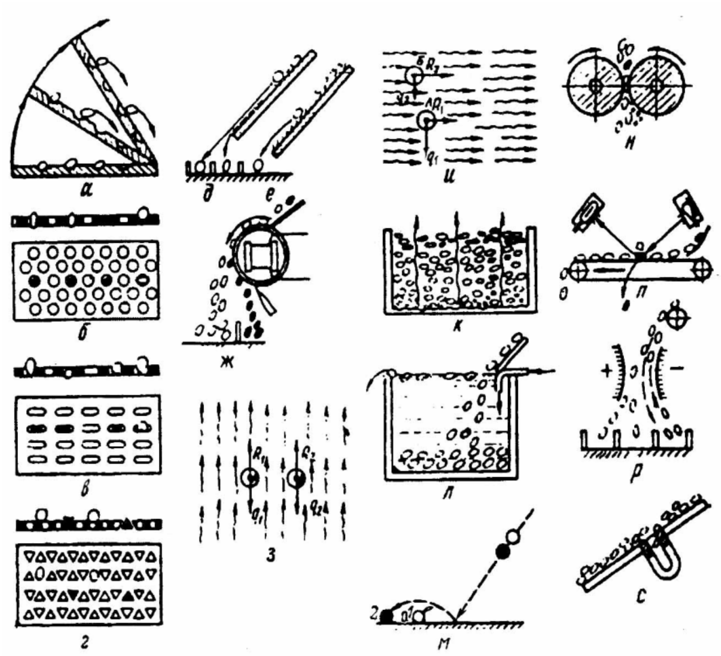


Рис. 11. Схема очищення зерна від домішок:

а –за довжиною на трієрній (комірковій) поверхні;

б – за шириною на ситах з круглими отворами;

в – за товщиною на ситах з довгастими отворами;

г – за формою на ситах із фасонними отворами;

д – за формою по нахиленій гладкій поверхні;

е – за станом поверхні на ворсистій площині;

ж – на магнітоочисній машині;

з – за різницею в аеродинамічних властивостях при вертикальній течії повітря;
и – за різницею в аеродинамічних властивостях при горизонтальній течії повітря;
к – за густиною у вібруючому зерновому шарі;
л – за густиною в рідині;
м – за пружністю;
н – за механічною міцністю;
п – за кольором;
р – в електричному полі;
с – за магнітними властивостями.

Насіння *повитиці європейської* має довжину 0,8...1,2 мм, обернено-яйцеподібне, трохи шорстке, рубчик переважно округлий. У повитиці вавілонської насіння дрібне, довжиною 1,1...1,2 мм, шириною 0,8 мм, світло-жовте, жовте або коричневе, деякі зернини мають буро-чорнуватий відтінок. Поверхня дрібнокомірчаста. Насіння повитиці тонкостеблової дрібне, завдовжки 0,8 мм, з дрібнокомірчастою поверхнею.

Паслін колючий (дзьобатий). Плід – чорна напівсуха ягода. В одній ягоді в середньому до 70...80 чорних або темно-сірих насінин довжиною 2,6…3 мм, шириною 1,7…2, товщиною 1…1,2 мм.

Паслін каролінський. Плід – ягода, кругла, гладенька, зелено-жовта. Насіння плоске, округле, завдовжки до 3 мм і завширшки 0,5 мм.

В борошномельному виробництві сепаруванню підлягають зернові суміші, проміжні продукти розмелу або лущення зерна, готова

продукція з метою її контролю. Різноманітність властивостей і ознак якості зерна та його домішок обумовлює використання різних методів процесу сепарування: за геометричними ознаками компонентів суміші; за щільністю; за властивостями поверхні компонентів; за електрофізичними властивостями суміші. Якщо сепарування проводять за однією ознакою або властивістю, то такий метод називають простим сепаруванням, а якщо за їхньою сукупністю – то складним або комбінованим. Так, в зерновому ситоповітряному сепараторі використовують одночасно три простих методи сепарування: за геометричними ознаками на решетах, за аеродинамічними і магнітними властивостями, а в ситовійці два простих методи: за геометричними ознаками і за аеродинамічними властивостями суміші.

Перевагу надають тим методам, за допомогою яких вдається найлегше і найпростіше здійснити очищення з максимальною технологічною та економічною ефективністю. Технологічна ефективність сепарування характеризується мірою виділення визначеного компонента суміші в найбільш чистому (однорідному) виді. При цьому існують поняття:

- вихідна суміш (суміш зерна або зернових продуктів, що надходить в сепаратор для розділення);
- фракція (частина вихідної суміші, виділена в результаті сепарування);

- вихід фракції (відношення кількості одержаної фракції до загальної кількості вихідної суміші).

Основним показником ефективності процесу сепарування є ступінь виділення визначеного компонента суміші, який являє собою відношення кількості виділеного компонента до загальної кількості того ж компонента, що знаходиться у вихідній суміші. Це може бути віднесено не лише до певного компонента суміші, але й фракції, що складається з кількох компонентів. В даному випадку ступінь виділення даної фракції по відношенню до її вмісту у вихідній суміші також буде показником ефективності процесу сепарування, який визначається за формулою:

$$\mathbf{E} = \frac{K_1}{K_0} \cdot 100,$$

де: Е – ефективність сепарування, %;

K_1 – кількість виділеного компонента, кг;

K_0 – загальна кількість того ж компонента у вихідній суміші, кг.

На ефективність сепарування зернової суміші впливає значна кількість факторів, які можна об’єднати в чотири групи: фізичні властивості зернової суміші; тривалість сепарування суміші; умови навантаження сепаратора; кінематичні і геометричні параметри робочих органів сепаруючих машин.

7.2. Сепарування за геометричними ознаками

За цього методу зернову суміш очищають з урахуваннм різниці між зернами основної культури і домішками: за шириною і товщиною – на ситах з круглими і продовгуватими отворами в зерноочисних, сортувальних і калібрувальних машинах; за довжиною – в циліндричних і дискових трієрах.

В борошномельному виробництві для очищення зерна від домішок використовують пробивні (решітні) і ткані сита. Кожне сито характеризується двома параметрами: робочим розміром і коефіцієнтом живого перерізу. Робочий розріз сита визначається розміром отвору сита, або кількістю отворів, а коефіцієнт живого перерізу – співвідношенням загальної площі отворів до загальної площі сита.

Залежно від розмірів зерна та домішок сита, що використовуються для сепарування, підбирають за розмірами і формою отворів, матеріалу. В сепараторах використовують штамповані сита з круглою, довгастою та трикутною формою отворів; ткані з квадратною формою вічок.

Для сортування зернової маси за товщиною зерен беруть сита з довгастими отворами, а за шириною – сита з круглими отворами (рис. 12)

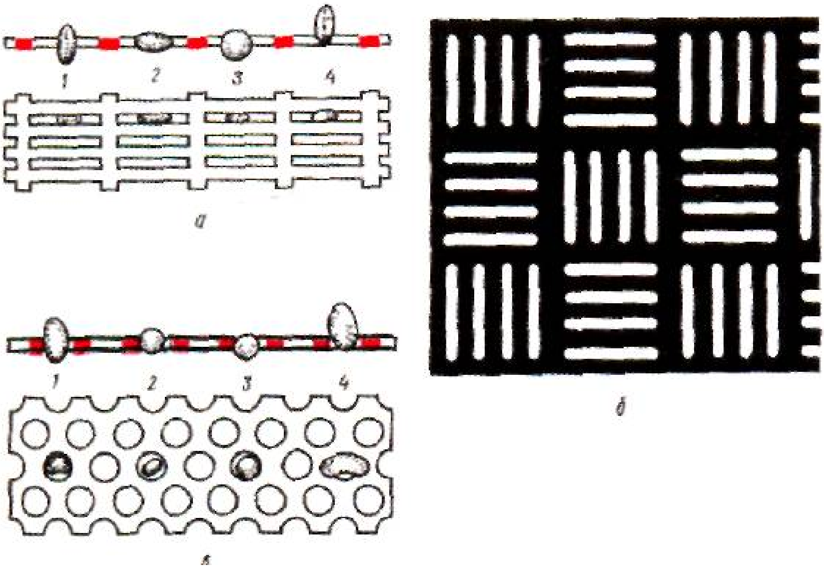


Рис. 12. Схеми сепарування на різних системах:

а - розподіл зерна на ситах з довгастими отворами: 1,2,3 – зерна проходять крізь сита (товщина зерен менше ширини отворів); б – розміщення довгастих отворів на ситі; в – поділ зерна на ситах з круглими отворами: 1,2,3 – зерна проходять крізь сита (ширина менше діаметра отвору); 4 – зерна не проходять крізь сито (ширина зерна більше діаметра отвору).

В сепараторах зі зворотньо-поступальним рухом використовують сита з довгастими отворами, орієнтованими за напрямком хитання, а в сепараторах з круглим поступальним рухом – сита з отворами, орієнтованими у взаємно перпендикулярних напрямках. Така орієнтація збільшує ефективність очищення зерна.

Процес сортування включає одночасно дві стадії: самосортування (розшарування) і просіювання. За самосортування важкі і дрібні часточки осідають в нижніх шарах, а крупні і легкі – концентруються в верхніх. Чим швидше дрібні часточки пройдуть крізь сита, тим ефективніше відбувається процес просіювання.

Ефективність процесу сепарування залежить від багатьох факторів: фізико-технологічної властивості зернової суміші (засміченість, вологість, відносна крупність, роздільність); умов навантаження сит (питоме навантаження, товщина шару зернової суміші на ситі); кінематичних і геометричних параметрів сит (частота і амплітуда коливань зворотно-поступального руху сита, колова швидкість за обертального руху сита, розміри сита, стан його поверхні); очистки і аспірації сита.

Процес сепарування на ситі можливий лише в умовах наявності відносного руху зернової суміші по ситу, яке теж рухається. Наявність відносного руху зернової суміші по ситу забезпечує її самосортування і просіювання. За самосортування відбувається розшарування суміші: важкі і дрібні компоненти опускаються в нижні шари і досягають поверхні сита, а крупні і легкі компоненти спливають у верхні шари. Дрібні компоненти просіюються крізь отвори сита.

Ситові робочі органи, що використовуються для очистки зернової суміші від домішок, згідно конструкції бувають плоскими (горизонтальними і нахиленими), циліндричними (горизонтальними і

вертикальними) і призматичними. Ситові сепаратори залежно від особливостей технологічних процесів очистки зерна від домішок використовують різні технологічні операції. Тому конструкції різних ситовійних сепараторів, параметри їхніх робочих процесів і технологічні схеми відповідають особливостям технологічних операцій, які вони виконують (рис. 13). В зв'язку з цим перевагу надають тим сепараторам, за допомогою яких вдається найлегше і найпростіше здійснити очищення з максимальною технологічною та економічною ефективністю. Показником технологічної ефективності очищення зерна від домішок є відношенням кількості домішок, які містяться у відходах, до кількості таких самих домішок, які містяться в зерновій масі до очищення. Технологічну ефективність очищення зерна (Е,%) від домішок вираховують за формулою:

$$\mathbf{E} = \frac{A - B}{A} \times 100,$$

де: А – вміст домішок в зерновій масі до очищення, кг;

В – вміст домішок після очищення, кг

Сепарування компонентів зернової маси за довжиною проводять за умови наявності домішок, коли їхня товщина не відрізняється від основного

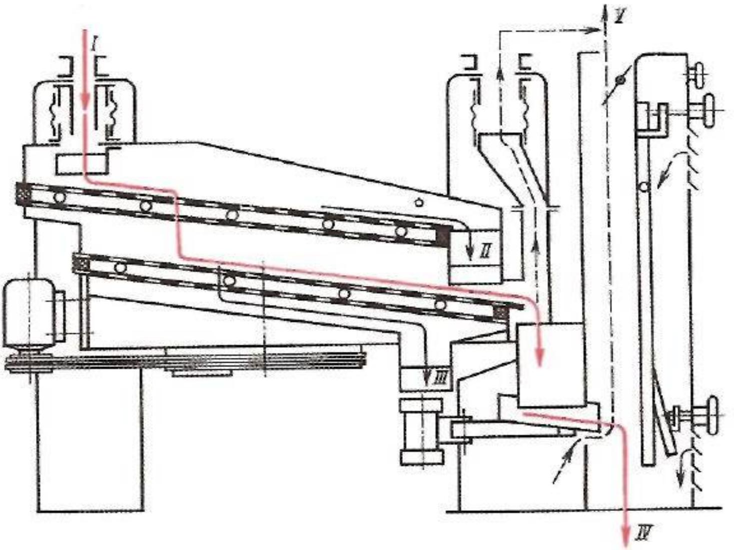


Рис. 13. Технологічна схема сепаратора типу А1-БІС

І – вхідне зерно; ІІ – крупні домішки; ІІІ – дрібні домішки; ІV– очищене зерно; V – легкі домішки.

зерна, а мають різну довжину. Це може бути бите зерно основної культури (пшениці), зерно вівса, ячменю, жита, насіння бур'янів – кукілю, вівсюга, стоколосу, пирію тощо. Для цього використовують трієри, які поділяються для виділення коротких і довгих домішок. Короткі домішки виділяють в трієрах – кукілевідбірниках, а довгі в трієрах – вівсюговідбірниках. Трієри виготовляють циліндр-ричними або дисковими.

Показником ефективності сепарування зерна в трієрах є ступінь виділення коротких чи довгих домішок. Сепарування вважається ефективним, якщо

за один прохід через трієр вилучається не менше 80% домішок. На ефективність сепарування за довжиною впливають засміченість зернової суміші домішками (короткими чи довгими), питоме навантаження на чарункову поверхню трієра, кінематичні і геометричні параметри основного робочого органа (дискового ротора чи циліндра).

7.3. Сепарування за аеродинамічними властивостями

За аеродинамічними властивостями компоненти зернової маси розділяють, використовуючи потік повітря, який виділяє легкі і пиловидні домішки. До них належать щуплі, недорозвинуті зерна, плівки, оболонки, полова, солома. Основним показником аеродинамічних властивостей компонентів сумішки, який визначає їхню поведінку в повітряному потоці, є сила опору. Цю силу опору визначають за формулою Ньютона:

$$R = KF\frac{PV^2}{2},$$

де: R- сила опору, Дж;

К – коефіцієнт опору;

F – площа найбільшої проекції частини, м^2;

Р – щільність повітря, кг/сек./м^2;

$\frac{V^2}{2}$ - швидкість тиску, кг/м^2.

Якщо в умовах вертикально-висхідного потоку повітря сила опору повітря врівноважує силу тяжіння зерна (частинок), то останнє знаходиться у зваженому стані. Швидкість висхідного потоку повітря, за якого частинки знаходяться у зваженому стані, називається критичною швидкістю і визначається метрами за секунду. Це наближено характеризує аеродинамічні властивості зерна, продуктів його переробки і домішок. Критичну швидкість кожної частинки в повітряному потоці визначають експериментально у вільних умовах без впливу інших частинок. Оскільки в повітряному потоці пневмосепаруючого каналу знаходиться не одна частинка, а зернова суміш, яка складається з багатьох частинок, які відрізняються за аеродинамічними властивостями, то підібравши відповідну швидкість повітряного потоку, можна розділити суміш на дві фракції – легку, понесену повітряним потоком, і важку, що випала вниз. Середня фракція частинок, що знаходиться у зваженому стані, за відповідної швидкості повітряного потоку розподіляється між легкою і важкою фракціями. За такого сепарування виділяють із зернової суміші легкі домішки, до яких відносяться квіткові плівки, оболонки зерна, щуплі і недорозвинуті зерна, пил органічного і мінерального походження, частинки колосків. Для сепарування за аеродинамічними властивостями використовують як прості, так і комбіновані сепаратори.

Ефективність процесу аеродинамічного сепарування значною мірою залежить від питомого навантаження, складу зернової сумішки, середньої швидкості повітряного потоку, рівномірності розподілу швидкостей повітряного потоку в поперечному розрізі каналу (рис. 14).

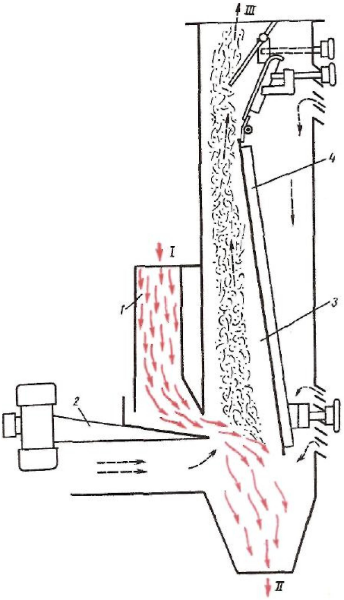


Рис.14. Технологічна схема повітряного сепартара Р3-БАБ

1 – приймальна камера;
2 – вібролотковий живильник;
3 – пневмосепаруючий канал;
4 – рухома стінка;
I – вхідне зерно;
II – очищене зерно;
III – повітря з легкими домішками.

Сепарування суміші за аеродинамічними властивостями характеризує ступінь відмінності компонентів суміші за цими властивостями і чим значніша їхня відмінність, тим вища ефективність сепарування. Засміченість суміші легкими домішками підвищує ефективність сепарування.

7.4. Сепарування компонентів за щільністю, металомагнітними властивостями

За щільністю, або питомою масою, відокремлюють домішки, поділяють зерно на фракції, які відрізняються хімічним складом, анатомічною будовою. До домішок, які відрізняються від зерна за щільністю, відносяться грудочки землі, жужелиці, гравій тощо. Мінеральні домішки видаляють в каменевідбірних машинах, які поділяються на гідравлічні, вібраційні і вібраційно-пневматичні. За останнього поділяють також зерно на фракції за щільністю. Внаслідок цього відокремлюються низьконатурні малоцінні компоненти зерна і легкі домішки.

Основний робочий орган вібраційно-пневматичних сепараторів – решета, які здійснюють коливання в горизонтальній площині. Під час руху зернової маси по решетах в умовах аерації потоком повітря відбувається інтенсивне розрихлення і само-сортування різнорідних компонентів суміші. Внаслідок цього зерно і домішки однакової крупності і різної щільності концентруються в різних шарах. Послідовне просіювання зернової сумішки крізь решета з різними розмірами отворів дає можливість відокремити як дрібні і низьконатурні домішки, так і розділити очищене зерно за щільністю для подальшого очищення кожної фракції окремо (рис. 15).

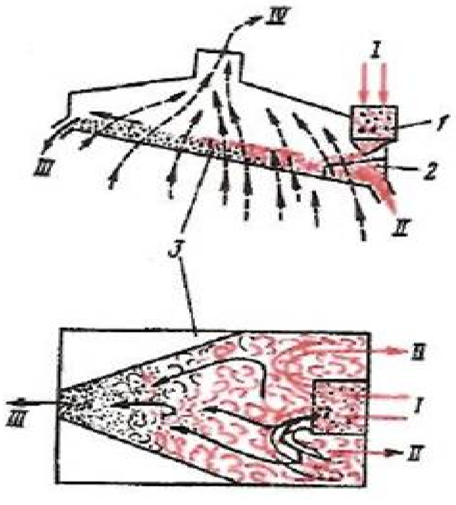


Рис.15. Схема розділення зерна і мінеральної домішки

1 – приймальний пристрій;
2 – розподільник;
3 – деко;
I– вхідне зерно;
II – очищене зерно;
III – мінеральні домішки; IV – повітря з легкими домішками.

Розподіл шарів суміші на фракції за якісним складом здійснюється шляхом їхнього вибіркового транспортування, в основу якого покладено різницю за щільністю, масою, крупністю, коефіцієнтом тертя. Вибіркове транспортування (виділення) окремих фракцій розташованої суміші можливе трьома способами: протипотокове розділення на дві фракції (важкі і легкі частинки), що досягається у вібропневматичних каменевідбірних машинах; аеродинамічне розділення на три фракції (важка, легка і проміжна); просіювання нижніх шарів зернової суміші з розділенням її на фракції за крупністю і щільністю.

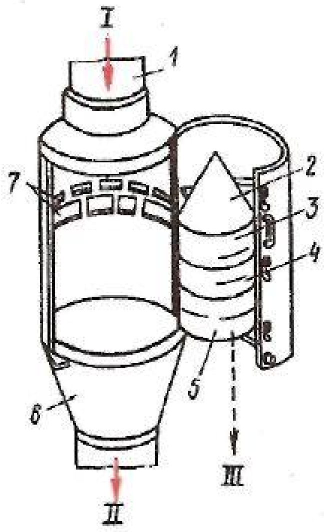


Рис. 16. Технологічна схема магнітного сепаратора У1-БММ

1 – приймальний патрубок; 2 – розподільний корпус; 3, 5 – магніти; 4 – діамагнітний диск; 6 – випускний конус; 7 – спрямовуючі козирки; I – вхідне зерно; II – очищене зерно; III – металомагнітні домішки.

Ефективність сепарування зернової суміші за щільністю залежить від складу і фізичних властивостей компонентів суміші (щільність, коефіцієнт тертя, швидкість витання в стиснутих умовах, форма і розміри частинок, їхня маса і пружні властивості); кінематичних і геометричних параметрів робочих органів вібропневматичних і віброударних сепараторів (частота і амплітуда коливань робочих органів, розміри і форма каналів і площин); повітряного режиму сепаратора; умов навантаження сепаратора продуктом (рівномірність і стабільність подачі вихідної суміші).

За технологічними властивостями сепарують зернову масу з метою видалення металевих домішок. Для цього використовують магнітні сепаратори зі стаціонарними магнітами різних конструкцій. На борошномельних заводах в основному використовують сепаратори з постійними магнітами контактного типу, тобто

зерно безпо-середньо дотикається магнітного екрану. До них відносяться три типи магнітних сепараторів: з дисковими, пласкими і кільцевими магнітами (рис. 16).

В основу сепарування зернових продуктів за металомагнітними властивостями покладено відмінність магнітних властивостей компонентів суміші: зерна і метало магнітних домішок, які, попадаючи в магнітне поле, притягуються до полюсів магніту під дією притягальної сили притягнення магнітів. Ця сила набагато перевищує силу взаємозв'язку частинок вільної сипучої маси, якою є зернова суміш.

В технологічному процесі виробництва борошна магнітні сепаратори необхідно обов'язково встановлювати в зерноочисному відділенні перед оббивними, мийними, лущильними і щітковими машинами, трієрами, машинами інтенсивного зволоження зерна, машинами вологого лущення, об'ємними дозаторами і ентолейторами; в розмельному відділенні перед вальцьовими верстатами, на контролі готової продукції, висівок і кормових зернопродуктів.

На зерні, обробленому в сепараторах і сортувальних машинах, залишається велика кількість пилу та іншого бруду органічного і мінерального походження. За переробки такого зерна на сортове борошно, воно швидко псується. Тому в технологічних процесах сортових помелів зерна передбачено обробку поверхні зерна двома

способами – сухим і мокрим. Найпоширеніший є сухий спосіб.

Сухий спосіб очищення поверхні зерна в борошномельному виробництві проводять на оббивних машинах Р3-БГО, Р3-БМО, щіткових машинах А1-БШМ-12, лущильних машинах А1-ЗШН-3 і ентолейторах типу Р3-БЕЗ. Ці машини в процесі очищення поверхні зерна діють за принципом деформації удару і стирання одночасно. Внаслідок цього пил висипається з борозенки, відділяється пил, що тримався на поверхні зерна, відділяються волоски чубка, а також частково зародок і оболонки.

Найбільша ефективність очищення поверхні зерна досягається за застосування вологих методів: миття зерна на машинах Ж9-БМБ і машинах вологого лущення А1-БМШ. В цих машинах з поверхні зерна змиваються пил і мікроорганізми, вилучаються важкі і легкі домішки. За вологого очищення поверхні зерна воно рівномірно зволожується, що позитивно впливає на процеси гідротермічної підготовки зерна до помелу, збільшується його водовбиральна здатність. Особливо важливе значення має вологе очищення поверхні гіркополинового, сажкового та іншого дефектного зерна.

Контрольні питання

1. На які фракції поділяються домішки і якого походження вони бувають?

2. Що входить до складу смітних і зернових домішок?
3. За якими ознаками очищають зернову суміш від домішок?
4. Які шкідливі домішки можуть бути у зерновій масі?
5. Як визначити ефективність сепарування?
6. Які домішки видаляють за допомогою магнітних сепараторів?

Розділ 8
ГІДРОТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗЕРНА

8.1. Призначення гідротермічної обробки зерна

Одним з основних процесів підготовки зерна до розмелювання, який якісно поліпшує його продовольче використання, є гідротерміне оброблення зерна. Використання гідротерміного оброблення зерна, або як ще називається кондиціонування зерна, дає комплексний виробничий ефект, який включає три групи показників: технологічні, енергетичні та економічні.

Зерну під час підготовки його до розмелювання потрібно надати властивості, які за безпечать одержати борошно потрібної якості. Якщо виробляють оббивне борошно, тобто потрібно повністю розмолоти зерно разом з оболонками до потрібної крупності, треба, щоб ендосперм і оболонки розмелювались порівняно легко. Якщо ж виробляють сортове борошно з відокремленням оболонок, зерну потрібно надати стан, який забезпечить подрібнення ендосперму значно повніше, ніж оболонок. Тобто, потрібно застосувати такий технологічний захід, який збільшить опір оболонок впливу розмельних органів машин, і одночасно не збільшуватиме міцність ендосперму. Це забезпечить після подрібнення можливість

розділяти продукти розмелу за крупністю, тобто одержувати сортове борошно. У зерні з природною вологістю в умовах стабільної відносної вологості і температури середовища вологість оболонок, як правило, менша, ніж вологість ендосперму. Такий стан зерна сприятливий під час розмелювання його в оббивне борошно, бо сухі оболонки досить крихкі і розмелюються відносно легко. Тому за розмелювання зерна в оббивне борошно його не зволожують, тобто не проводять гідротермічної обробки.

За одержання сортового борошна такий стан зерна є несприятливим для розмелювання. Оптимальним станом є такий, за якого оболонки мають більшу вологість, ніж ендосперм. Цьому сприяє гідротермічна обробка. Отже, гідротермічна обробка – це захід спрямованої дії зміни структурно-механічних властивостей зерна.

Основним фактором, під дією якого відбуваються зміни властивостей зерна в процесі гідротермічної обробки, є зміна його вологості. На цей процес впливають сорбційні властивості зерна, параметри вологоносія і навколишнього середовища. Швидкість поглинання води залежить від особливостей зерна. Крупні зерна поглинають її повільніше, бо їхня поверхня, що відноситься до одиниці маси, є меншою. Найповільніше адсорбується вода в зерно твердої і високосклоподібної пшениці м'якої,

зерно з борошнистим ендоспермом поглинає її досить інтенсивно.

Процес гідротермічної обробки зерна характеризується технологічною схемою, яка регламентує послідовність встановлення відповідних технологічних засобів, і сукупністю параметрів їхньої роботи: ступенем і кількістю зволожень, парою чи водою, їхньою температурою або тиском.

Комплекс процесів гідротермічної обробки зерна включає такі технологічні операції:

- миття зерна в мийних машинах, внаслідок цього відбувається його зволоження, очистка поверхні зерна від бруду, пилу, видалення важких і легких домішок;
- дозоване поетапне зволоження в спеціальних зволожувальних апаратах різної конструкції, де залежно від комплексного технологічного завдання відбувається спрямований перерозподіл вологи в анатомічних частинах зерна; збільшується еластичність оболонок, зменшується міцність зв'язку між оболонками і ендоспермом;
- зволоження зерна в процесі мокрого лущення, де під час гідротермічної обробки відбувається очищення його поверхні і, за необхідності, віджимання надлишкової вологи.
- відволожування – витримування зерна в спеціальних бункерах для поглинання і розподілу

води в анатомічних частинах зерна відповідно з їхніми структурними особливостями (цей процес супроводжується зменшенням міцності ендосперму внаслідок появи мікротріщин);

- тепловий вплив на зерно здійснюється в кондиціонерах, підігрівачах або підігрітою водою в машинах і апаратах для гідротермічної обробки зерна;
- фільтрація стічної води, віджимання мокрих відходів та їхнє сушіння.

За гідротермічної обробки зерна вода вступає у взаємодію з зерном ступінчасто і діє як єдиний комплекс «зерно-вода», від поведінки якого залежить кінцевий результат. Це дозволяє виділити три етапи, які мають характерні особливості. За кожного з цих етапів зерно відповідає певною реакцією (табл.26).

Таблиця 26. Процес взаємодії системи «зерно-вода»

Етапи процесу і їхня тривалість	**Вплив на зерно**	**Реакція зерна**
Перший (5…10 хв.)	Сорбція води плодовими і насінними оболонками зерна, їхнє насичення до максимальної сорбційної ємності	Набухання оболонок, збільшення загального об’єму зерна
Другий (30…60 хв.)	Переміщення води з оболонок в алейроновий шар і зародок зерна	Затримка води біологічною системою в анатомічних частинах зерна. Утворення високих градієнтів вологості і енергії зв’язку води, створення механічно-напруженого стану зерна.
Третій (1…48 год.)	Дифузне перенесення води в крохмалисту частину ендосперму зерна	Розрихлення ендосперму зерна, утворення в ньому мікротріщин, набухання білків ендосперму, зміна питомого об’єму зерна. Перетворення усіх фізико-хімічних властивостей зерна.

Такий розподіл процесу зволоження зерна на три взаємопов'язаних етапи визначається фізіологічною потребою. Спочатку, за найкоротшетермінового контакту з водою, його плодові оболонки вбирають таку кількість води, яка достатня для забезпечення активації в зерні фізіологічних процесів. Ця кількість становить 3…5% від маси сухої речовини зерна. Ввібрана вода зосереджується в порожнистих клітинах плодових оболонок і переміщується також в насінну оболонку. Внаслідок набухання товщина оболонок збільшується на 20…30%. В подальшому під впливом біологічної системи зерна вода переміщується в життєздатні клітини алейронового шару і зародка, де міцно зв'язується і утримується деякий час, який необхідний для активації ферментів.

Протягом всього другого періоду вода утримується в алейроновому шарі і зародку зерна і не переміщується в субалейроновий шар, не дивлячись на те, що його вологість зберігається на попередньому низькому рівні і вода відповідно до термодинамічної теорії водоперенесення повинна була б перейти в середину складових компонентів зерна внаслідок високої енергії зв'язку. Проте цього не відбувається в зв'язку з впливом на процес зволоження біологічною системою зерна. На межі між алейроновим і субалейроновим шарами виникають високі градієнти водовмісту і енергії зв'язку води – до $10^4…10^6$%/м і $10^3…10^4$ кДж/моль.м. Внаслідок цього відбуваються

кардинальні зміни в склоподібному ендоспермі зерна.

Ці зміни відбуваються протягом третього періоду процесу, який з технологічної точки зору має особливо важливе значення. В ендоспермі зерна відбуваються мікротріщини і його щільна структура руйнується, відбувається набухання білків ендосперму в зв’язку з їхнім насиченням водою, а під дією ферментів відбувається певний гідроліз вуглеводів і білків. Все це з фізичної точки веде до розрихлення ендосперму, а це є основним завданням гідротермічної обробки зерна на борошномельних заводах. Отже, розрихлення ендосперму зерна обумовлено трьома основними факторами:

- набуханням білків;
- частковим гідролізом вуглеводів і білків внаслідок активації ферментного комплексу зерна;
- розрихленням вихідної щільності ендосперму, що сприяє утворенню мікротріщин.

Технологічний ефект гідротермічної обробки зерна полягає в перерозподілі води, внаслідок чого борошно буде світліше, збільшиться вихід борошна вищих сортів. Ці процеси обумовлюють зміни складу і властивостей борошна. Так, краще видалення оболонок і зародка сприяє зменшенню оцукрюючої здатності внаслідок того, що β-амілаза сконцентрована в зародку зерна. З цієї ж причини падає активність протеаз. Крім того, навіть за незначного збільшення вологості ендосперму

зменшується механічне пошкодження крохмальних зерен під час розмелювання.

Встановлено, що тривале гідротермічне оброблення (холодне кондиціювання) під час підготовки зерна пшениці до перероблення, зокрема, почергове зволоження та відволоження зерна протягом 28 год., його підлежування 48 год., збільшує вміст вітамінів порівняно з їхньою початковою кількістю на 66% – тіаміну, 18% – ніацину, більше ніж удвічі – рибофлавіну, піридоксину, аскорбінової кислоти, а кількість токоферолів збільшується у 55 разів. При цьому також зростає кількість незамінних амінокислот: лізину з 48 до 65%, ізолейцину – з 74 до 86%.

Таким чином, суттєві зміни анатомічних, фізико-хімічних, структурно-механічних і біохімічних властивостей зерна безпосередньо впливають на його технологічні властивості. Регулюючи ступінь зміни цієї групи вихідних властивостей, можна забезпечити зміни техно-логічних властивостей зерна в потрібному напрямі з метою його стабілізації на оптимальному рівні. Внаслідок гідротермічної обробки зерна полегшується відокремлення оболонок, збільшується вихід крупок в обдирному процесі і зольність висівок, внаслідок чого збільшується вихід борошна, зменшується його зольність, збільшується показник білизни, поліпшується якість клейковини. На хлібозаводах, які використьовують борошно, оптимізуєть-ся технологічний процес, збільшується об’ємний вихід хліба, поліпшується стуктура м’якушки і колір хліба.

Тому, гідротермічна обробка є основним способом управління технологічними властивостями зерна.

8.2. Способи і режими гідротермічної обробки зерна

Різні способи гідротермічної обробки зерна являють собою сукупність факторів і послідовність їхнього застосування для зміни технологічних властивостей зерна. На борошномельних заводах застосовують два способи гідротермічної обробки зерна – холодне або гаряче (швидкісне) кондиціювання (схема 2).

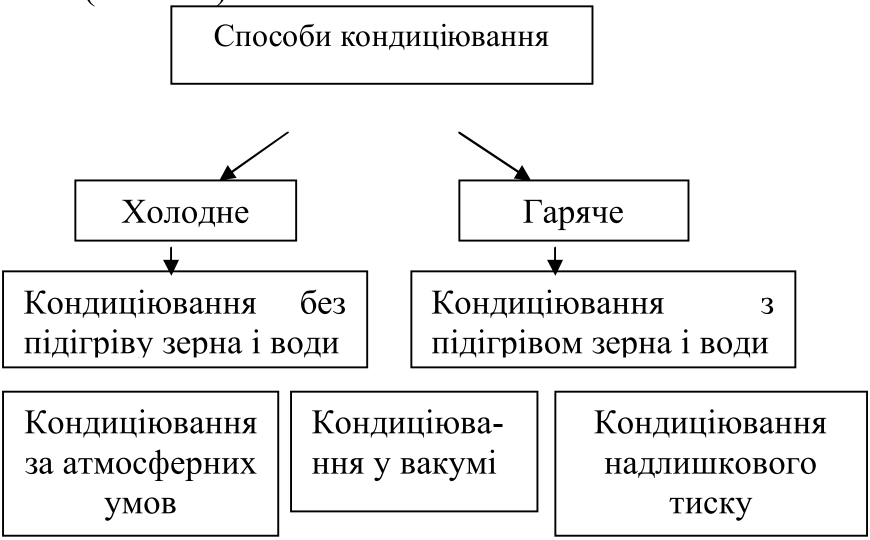


Схема 2. Класифікація способів гідротермічної обробки зерна

Режими гідротермічної обробки зерна включають такі параметри: ступінь і кратність зволоження, тиск пароповітряного середовища, тривалість нагріву і відволоження зерна. Визначаючи режим гідротермічної обробки для досягнення заданої вологості зерна, що направляється для розмелювання на першу дранну систему, необхідно враховувати вихідну вологість і температуру зерна, температуру води чи пари, що використовується для зволоження, кількість і місткість бункерів. Потрібний режим гідротермічної обробки необхідно уточнювати і корегувати шляхом проведення лабораторних помелів для кожної помельної суміші зерна.

Холодне кондиціювання. Цей спосіб гідро-терміної обробки зерна має найбільше поширення на борошномельних заводах. Правила рекомендують застосовувати триразове відволожен-ня зерна: два основних і одне додаткове перед першою обдирною системою за відповідними орієнтовними режимами (табл. 27).

Таблиця 27. Орієнтовні режими холодного кондиціювання зерна пшениці

Вологість зерна, %	Зволожування						В
	перше		друге		перед 1 обдирною системою		
	ΔB	r	ΔB	r	ΔB	r	
Загальна склоподібність зерна до 40 %							
Менше 11,0	2,5...3,0	10...21	1,5...2,0	2...3	0,3...0,5	0,25...0,5	15,5...16
11,0..13,5	1,5...2,5	8...10	1,0...1,5	2...3	0,3...0,5	0,25...0,5	15,5...16
13,6...14,5	1,0...1,5	4...6	-	-	0,3...0,5	0,25...0,5	15,5...16
Загальна склоподібність зерна 40…60 %							
Менше 11,0	3,0..3,5	12...16	1,5...2,0	3...4	0,3...0,5	0,25...0,5	16,0...16,5
11,0...13,5	2,5	10	1,0	3...4	0,3	0,25	16,0...16,5
13,6...14,5	1,5...2,0	4...8	-	-	0,3...0,5	0,25...0,5	16,0...16,5
Загальна склоподібність зерна понад 60 %							
Менше 11,0	3,0...3,5	14...24	1,5...2,0	4...6	0,3...0,5	0,25...0,5	16,5...17,0
11,0...13,5	2,5...3,0	12...14	1,0...1,5	4...6	0,3...0,5	0,3...0,5	16,5...17,0
13,6...14,5	2,0...2,5	4...10	-	-	0,3...0,5	0,3..0,5	16,5...17,0

Примітка: *ΔB – ступінь зволоження; r – тривалість зволоження зерна, год.; B – вологість зерна на першу обдирну систему.*

Холодне кондиціювання здійснюють за двома варіантами (рис. 17).

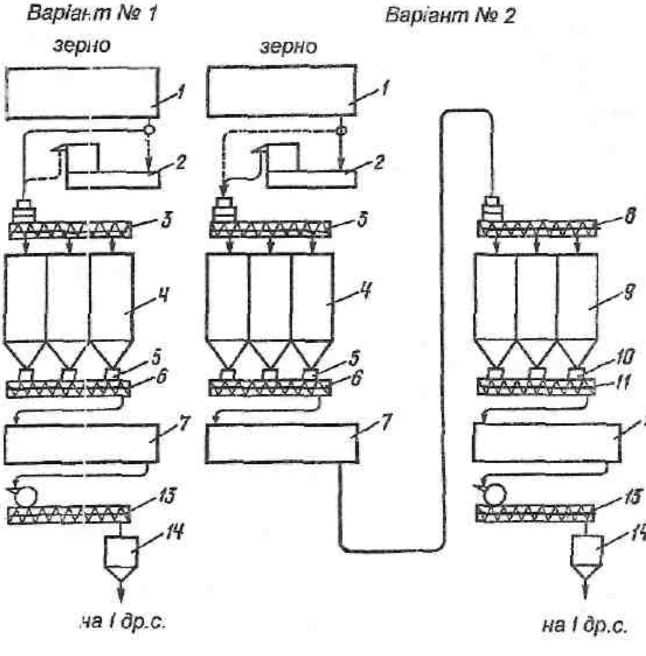


Рис.17 Технологічні схеми варіантів холодного кондиціювання зерна:

1 – первинна очистка зерна; 2 – миття зерна; 3 – зволоження зерна в зволожуючих апаратах; 4 – основне відволоження зерна в бункерах; 5,6 – дозування і змішування зерна; 7 – вторинна очистка зерна; 8 – вторинне зволоження зерна; 9 – вторинне відволоження зерна; 10,11 – дозування і змішування зерна; 12 – кінцева очистка; 13 – зволоження поверхневих шарів зерна; 14 – короткочасне відволоження зерна перед подачею на I др. с.

Перший варіант найпростіший. Він включає дворазове зволоження і відволоження зерна. Для первинного (основного) зволоження використовують мийні машини або зволожуючі апарати. На етапі вторинного зволоження зволожуються тільки поверхневі шари кожної зернівки, додатково роблять короткочасне відволоження з метою збільшення міцності оболонок.

У другому варіанті передбачається триразове зволоження і відволоження зерна. Етап первинного зволоження і відволоження є основним, а вторинний – для зволоження і відволоження поверхневих шарів кожної зернівки. Другий варіант є ефективнішим, оскільки з'являється можливість диференційованого управління процесом гідротермічної обробки зерна різного за якістю. За обох варіантів холодного кондиціювання можна використовувати як воду з температурою близько 20°С, так і підігріту до 50…70°С.

Режими холодного кондиціювання пшениці м'якої для виробництва сортового борошна установлюють на основі таких характеристик зерна: вологості зерна після зволоження, враховуючи його тип і склоподібність; тривалості відволожування, враховуючи тип зерна, склоподібність і початкову вологість. Встановлено, що чим більша склоподібність зерна в межах типу, тим більша технологічна вологість і довша тривалість відволоження (табл.28).

Таблиця 28. Технологічна вологість зерна і тривалість відволоження залежно від типу і склоподібності

Тип зерна	**Склоподібність зерна, %**		
	до 40	**40…60**	**понад 60**
Технологічна вологість зерна, %			
Перший	14,5…15,0	15,0…15,5	15,5..16,0
Третій	14,0…14,5	14,5…15,0	15,0…15,5
Четвертий	15,0…15,5	15,5…16,0	16,0…16,5
Тривалість відволоження, год			
Перший	4…8	6…12	10…16
Третій	4…6	6…10	8…12
Четвертий	6…10	10…16	16…24

Після основного зволоження і відволоження для завершення підготовки зерна перед розмелом потрібне додаткове зволоження на 0,3…0,5% і відволоження протягом 18…30 хв.

Орієнтовні режими холодного кондиціювання зерна жита за сортових помелів наведені в таблиці 29.

Особливість холодного кондиціювання зерна жита полягає в тому, що ступінь зволоження і тривалість відволоження значно нижчі, ніж за кондиціювання зерна пшениці, що пов’язано з особливостями технологічних властивостей жита і, насамперед, в’язкістю ендосперму, що утруднює вимол оболонок.

Таблиця 29. Орієнтовні режими холодного кондиціювання зерна жита

Вихідна волого-гість зерна, %	**Основний етап зволоження зерна**		**Приріст зволо-ження оболо-нок, %**	**Тривалість відво-ло-ження зерна, хв.**	**Вологість зерна на І дранну систему, %**
	зволо-ження, %	**відво-ложен-ня, год.**			
До 13,5	13,5…14,5	3…6	0,3…0,5	15…30	14,0…15,0
Понад 13,5	Не проводять		0,4…0,7	20…30	14,0…15,0

Для одержання оббивного борошна з зерна пшениці і жита використовують лише холодне кондиціювання. Якщо вологість зерна пшениці менша 14%, а жита – 13,5%, то його необхідно зволожувати тільки на 0,5…1,0% і відволожувати в бункерах зерно пшениці протягом 2…3 годин, а жита – 1…2 години.

Гаряче кондиціювання. Воно базується на використанні насиченої водяної пари для зволоження і нагрівання зерна. Для цього проводять дворазове зволоження і відволоження зерна, а також прогрівання його в повітряно-водяних кондиціонерах. На етапі первинного (основного) зволоження його проводять в мийних машинах і зволожуючих апаратах. Миття зерна при цьому обов’язкове для рівномірного зволоження його поверхні достатньою кількістю води. Зволожене зерно надходить в

повітряно-водяний кондиціонер для теплової обробки. В кондиціонері зерно послідовно обробляється в чотирьох секціях: попереднього нагріву, підсушування зерна (з малою склоподібністю), основного прогріву і охолодження. На завершальному етапі очистки і підготовки зерна зволожуються його поверхневі шари за коротко-часного відволоження для зміцнення оболонок.

Найефективнішим є використання методу гарячого кондиціювання для пшениці з низькою якістю клейковини. Для такого зерна допускається висока температура нагріву: в секції попереднього нагрівання до 50…55°С, в секції підсушування – 65…70°С, прогрівання в основній секції – 50…60°С, а охолодження повітряним потоком, що має температуру 20…25°С. Охолодження зерна атмосферним повітрям, що має температуру нижче 10°С, недопускається, оскільки при цьому різко знижується ефективність кондиціювання.

За сортових помелів зерна пшениці використо-вують гаряче кондиціювання парою за над-лишкового тиску в двох варіантах (рис. 18)

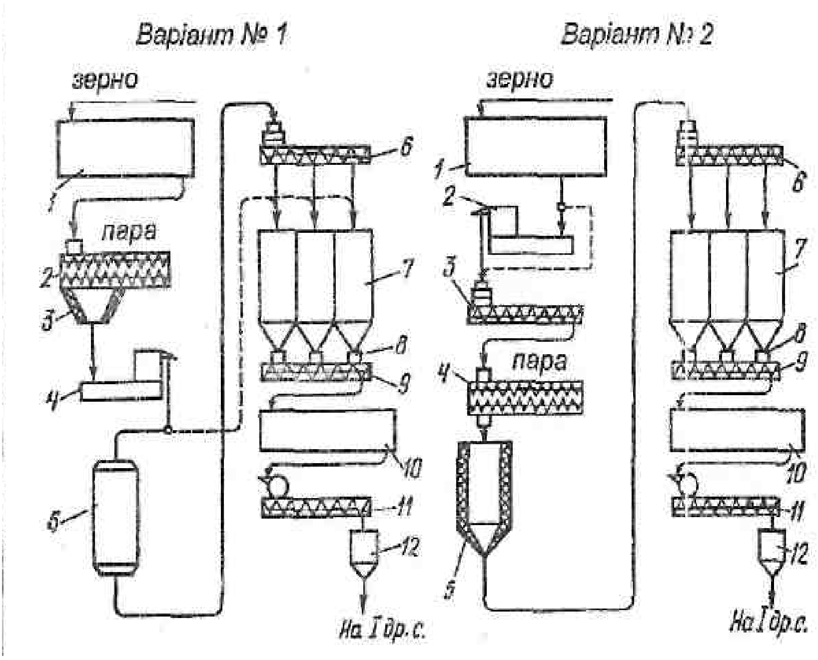


Рис. 18. Технологічні схеми варіантів гарячого кондиціювання зерна за надлишкового тиску:

Варіант №1 (жорсткі режими): 1 – первинне очищення зерна; 2 – прогрівання зерна парою; 3 – камера релаксації; 4 – мийка; 5 – зняття надлишкової вологи у вологознімачах; 6 – додаткове зволоження; 8,9 – додавання і змішування зерна; 10 – вторинна очистка; 11 – зволоження поверхневих шарів зерна; 12 – короткочасне відволоження зерна перед подачею на I др. с.

Варіант №2 (м'які режими): 1 – первинне очищення зерна; 2 – мийка; 3 – зволоження; 4 – прогрівання зерна парою; 5 – томління зерна в термоізольованому бункері; 6 – вторинне зволоження; 7 – відволоження в бункерах; 8,9 – дозування і змішування зерна; 10 – вторинна очистка зерна; 11 – зволоження поверхневих шарів зерна; 12 – короткочасне відволоження зерна перед подачею на I др. с.

Перший варіант характеризується відносно жорсткими режимами теплової обробки зерна і називається швидкісним кондиціюванням. Він включає нагрівання і зволоження зерна насиченою парою в апараті АСК (тиск пари 0,10…0,15 МПа, тривалість пропарювання 20…30 с), нагрівання зерна в теплоізольованому бункері, миття в мийній машині, видалення деякої кількості води у вологознімачах, додаткове зволоження зерна в бункерах, додаткове зволоження поверхневих шарів зерна і короткочасне відволоження його перед подачею на 1 драну систему.

Другий варіант гарячого кондиціювання зерна за надлишкового тиску пари відрізняється від швидкісного простішою побудовою і м’якішими тепловими режимами впливу на зерно при температурі його нагріву 40…50°С. Первинне зволоження зерна можна проводити як в мийних машинах, так і в зволожуючих апаратах. Пропарювання зерна необхідно проводити після первинного зволоження насиченою парою під тиском 0,01…0,03 МПа протягом 2…3 хв в апараті АСК або в шнекових пропарювачах, чи в парових колонках. Після пропарювання підігріте зерно направляють на підігрівання в теплоізольованому бункері протягом 0,5…1,0 год для ефективної зміни технологічних і біохімічних властивостей зерна, а потім проводиться (за необхідності) вторинне зволоження і основне відволоження зерна в бункерах. Завершує процес гарячого кондиціювання

зволоження поверхневих шарів зерна з подальшим короткочасним його відволоженням в бункерах перед подачею на 1 драну систему.

За швидкісного кондиціювання температура нагріву зерна залежить від якості клейковини. Нагрівання сприяє зміцненню слабкої клейковини, тому зерно з такою клейковиною можна нагрівати до температури 60°С і додатково витримувати за такої температури в теплоізольованому бункері до 10 хв. Зерно з міцною клейковиною не можна нагрівати до температури понад 40°С, що погіршить хлібопекарські властивостей борошна.

8.3. Машини і апарати для гідротермічної обробки зерна

Для гідротермічної обробки зерна використовують широкий набір різного обладнання. Для вологої очистки поверхні зерна – мийні машини Ж9-БМБ, А1-БМШ, які одночасно і зволожують зерно; апарати для зволоження: А1-БУЗ, А1-БАЗ, А1-БШУ; обладнання для обробки вологих відходів після мийних машин: сепаратор А1-БСТ, шнековий прес Б6-БПО. Для теплової обробки зерна використовують підігрівник БПЗ, швидкісний кондиціонер АСК-5, шнековий пропарювач, для сушіння вологих відходів – сушарка У2-БСО.

До машин для зволоження пред’являються такі основні експлуатаційно-технічні вимоги:

- можливість установлювати і оперативно регулювати витратами води залежно від

кількості зерна і заданого ступеня його зволоження (від 0,5 до 3,5 %);

- можливість автоматичного регулювання масових витрат води за експлуатаційних коливань інтенсивності подачі зерна;
- рівномірність зволоження поверхні зерна розбризкуванням води, приєднанням до машин для зволоження змішувального пристрою, відволожуванням зерна в бункері.

Витрати води для зволоження визначають за формулою:

$$M_{\text{В}} = M_{\text{З}} \frac{B_k - B_n}{100 - B_k},$$

де: $M_В$ – витрата води, м^3/год.;

$M_З$ – маса зерна для зволоження, т/год;

B_n і B_k – відповідно початкова і кінцева вологість зерна, %.

В машині для миття здійснюються такі технологічні операції:

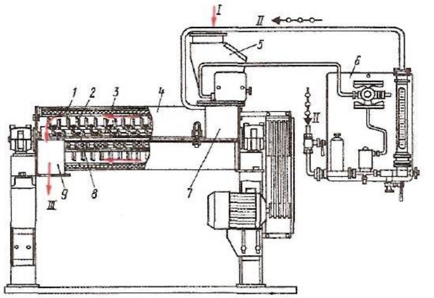
- промивання і прополіскування зерен для очищення їхньої поверхні від пилу, мікроорганізмів, для видалення стороннього запаху;
- видалення важких мінеральних і легких органічних домішок;
- відокремлення борідки і частково плодових оболонок зерна;
- зневоднення зерна: гравітаційне – природним видаленням води, що механічно утримується на поверхні зерен; механічне – центри-

фугуванням зерна; аеромеханічне – підсушуванням зерна потоком атмосферного повітря.

Технологічну ефективність машини для миття зернової маси характеризують: зволоження до 3%, зменшення зольності на 0,03%; відокремлення мінеральних домішок; видалення шкідливих домішок; видалення сторонніх запахів (особливо гіркополинного, внаслідок вимивання абсинтину – речовини, що обумовлює цей запах); зміну кількості битого зерна, кількості і складу відходів.

Для забезпечення необхідної технологічної ефективності в процесі роботи машин для миття потрібно: визначати до і після роботи машини вологість зерна, зменшення зольності і кількості битих зерен; підтримувати оптимальні значення параметрів робочих органів машин для миття (частоту обертання зернових і каменевідокремлювальних шнеків, бичового ротора; цілісність ситової обичайки віджимної колонки; рівень тиску води в гідро транспортерах); вимірювати витрати води (вона повинна бути не більше 1 л на 1 кг зерна).

За підготовки зерна до розмелювання використовують машини інтенсивного зволоження А1-БШУ-2 на етапі основного зволоження і А1-БШУ – 1 перед подачею зерна на розмелювання. В машині А1- БШУ– 2 зерно зволожується до 5%, а в машині А1-БШУ– 1 відбувається дозволоження в межах 1 % (рис. 19).



Мал.19. Технологічна схема машини А1-БШУ-1
1 – корпус; 2 – гонки; 3 – бич; 4 – кожух; 5 – індикатор наявності зерна; 6 – панель управління подачі води; 7 – приймальний патрубок; 8 – вал; 9 – випускний патрубок; I – вхідне зерно; II – вода; III – зволожене зерно.

Очищення мийних вод і своєчасне видалення з них відходів і мікрофлори сприяє поліпшенню умов охорони навколишнього середовища.

8.4. Технологічна ефективність гідротермічної обробки зерна

Технологічну ефективність гідротерміної обробки зерна визначають або за кінцевим результатом переробки зерна, або за деякими проміжними результатами. Так, за сортового помелу пшениці технологічну ефективність можна визначити уже на першому етапі розмелювання зерна в обдирному процесі за кількістю і якістю частинок ендосперму, які одержують на перших трьох технологічних системах подрібнення. Ці проміжні фракції на шляху перетворення зерна в борошно одержали назву продукти першої якості.

Їхній сумарний вихід і зольність значною мірою визначають вихід і якість борошна, між якими існує тісна кореляція.

Ефективність гідротермічної обробки зерна залежить як від способів і режимів обробки, так і від технологічних властивостей зерна. За гарячого кондиційювання збільшується загальний вихід проміжних продуктів з перших трьох обдирних систем і зменшення їхньої зольності. При цьому дещо зменшується вихід крупної крупки, що пов’язано із значними структурними змінами в зерні і зменшенням його міцності. Гаряче кондиціювання позитивно впливає також на біохімічні і хлібопекарські властивості борошна, зокрема поліпшує якість слабкої клейковини, збільшується об’єм хліба за рахунок підвищення газоутворюючої здатності тіста. За жорсткого режиму теплової обробки зерна зменшується активність ферментів, відбувається часткова денатурація білків і зменшується їхня розчинність в воді. Це є негативне явище.

За холодного кондиціювання показники змін технологічних властивостей зерна дещо менші, ніж за гарячого кондиціювання внаслідок зменшеної швидкості поглинання води зерном і зниження активності ферментів, що не сприяє ефективним змінам у білковому комплексі.

Контрольні питання

1. Яке призначення гідротермічної обробки зерна?

2. Які технологічні операції включає комплекс процесів гідротермічної обробки зерна?
3. Який процес взаємодії системи «зерно-вода»?
4. Чим обумовлено розрихлення ендосперму зерна?
5. Які відбуваються зміни властивостей зерна за гідротермічної обробки?
6. Які є способи гідротермічної обробки зерна?
7. За якими варіантами здійснюють холодне кондиціювання зерна?
8. На основі яких характеристик зерна встановлюють режими холодного кондиціювання ?
9. Для якого зерна застосовують гаряче кондиціювання?
10. Які є варіанти швидкісного кондиціювання?
11. Які основні експлуатаційно-технічні вимоги пред’являються до машин для зволоження?
12. Від чого залежить технологічна ефективність обробки зерна?

Розділ 9
ТЕХНОЛОГІЯ РОЗМЕЛЮВАННЯ ЗЕРНА

9.1. Призначення і технологія подрібнення зерна

Подрібнення (розмелювання) зерна – це основна і одна з найбільш енергоємних операцій, яка визначає техніко-економічні показники борошномельного підприємства: якість і собівартість готової продукції, виробність подрібнювальних машин і питому витрату енергії на 1 т борошна.

Технологічні процеси розмелювання зерна на сучасних борошномельних заводах за своєю структурою багатостадійні, безперервно-потокові, які характеризуються поетапною побудовою, складними взаємозв’язками етапів і систем за великої швидкості протікання технологічних процесів переробки зерна. Прагнення до поліпшення якості борошна, розширення його асортименту, ефективного використання зерна і виробничої потужності борошномельних заводів спричиняють необхідність постійно розвивати і удосконалювати структуру технологій розмелювання зерна.

За розробки структури будь-якого технологгічного процесу розмелювання зерна необхідно встановити його загальну принципову структуру щодо кількості етапів і груп систем, що виконують певні технологічні операції, а також встановити взаємозв’яз-

ок поміж ними. Використання послідовного методу прийняття рішень за побудови структури технологгічних процесів розмелювання зерна допомагає правильно визначити режими розмелювання конкретних помельних сумішей зерна пшениці і жита.

Для розмелювання зерна застосовують машини, які здійснюють подрібнення стиском і зсувом, перетиранням продукту та ударом, комбінованою дією перелічених чинників. Серед подрібнювачів найпоширенішими є вальцьові верстати, жорнові посади, молоткові і пальцьові дробарки (схема 3).

Процес подрібнення зерна і проміжних продуктів під час виготовлення борошна відбувається під впливом ударних або ударно-розтирних механізмів. Подрібнення буває двох видів: просте і вибіркове. Якщо зернова маса однорідна за хімічним складом і всі її компоненти мають однакові структурно-механічні властивості, то подрібнене зерно до певної крупності являє собою однорідну сипку масу, яку можна використати для певних цілей. Такий метод подрібнення зерна називають простим. Використовують його для одержання оббивного пшеничного і житнього борошна. За оббивного помелу зерна пшениці одержують 96% борошна і 1% висівок, зерна жита – 95% борошна і 2% висівок.

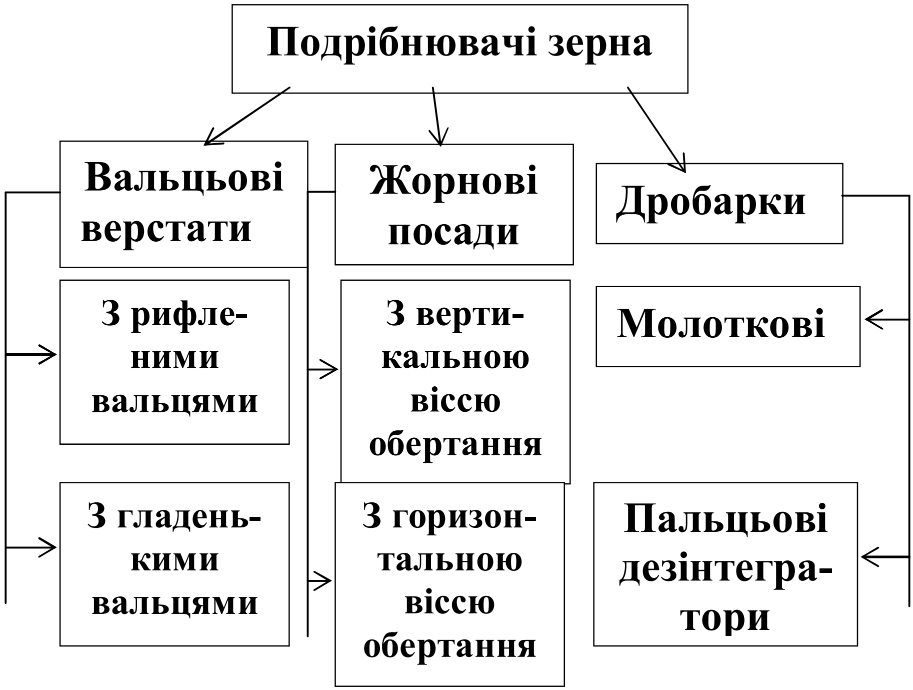


Схема 3. **Класифікація подрібнювачів**

Структурна схема оббивних помелів складається з трьох груп систем з послідовним здрібнюванням сходових продуктів. Кожна група систем відрізняється від іншої якістю зернових продуктів, що на ній обробляються. На першій групі систем обробляють продукти, які близькі за якістю до зерна. На другій групі систем обробляють зернові продукти, які наполовину складаються з ендосперму, а другу половину складають оболонки. На третій групі систем обробляють зернові продукти, що складаються в основному з оболонок із залишком ендосперму.

Якщо компоненти зернової маси неоднорідні за хімічним складом і мають різні структурно-механічні властивості, можна шляхом хімічного, біологічного, механічного спрямованого впливу змінити їхні властивості. Використовуючи різні прийоми під час подрібнення зерна, можна за однакового силового навантаження одержати продукти розмелювання, які будуть відрізнятися крупністю і хімічним складом. Для досягнення потрібного сорту борошна недостатньо одноразового подрібнення, його повторюють в декілька етапів, послідовно видаляючи шляхом сортування на кожному з них групи подрібнених фракцій різної крупності і якості. Такий метод подрібнення зерна називають вибірковим. Його використовують для одержання сортового борошна вищої якості.

Сучасна технологічна схема найпоширенішого трисортного помелу зерна пшениці з загальним виходом борошна 78% дуже складна. Вона включає такі етапи:

- первинне подрібнення (процес драння);
- сортування проміжних продуктів;
- збагачення крупок і дунстів;
- помел крупок і дунстів першої якості в борошно вищого і першого сортів;
- помел крупок і дунстів другої якості в борошно першого сорту (частково) і в борошно другого сорту (переважно);
- розмел кінцевих продуктів.

Для будь-якого технологічного процесу розмелювання зерна потрібно встановити його загальну

принципову структуру щодо кількості етапів і груп систем, які виконують певні технологічні операції, а також встановити взаємозв'язок між ними. Щоб побудувати схему певного помелу зерна, потрібно:

- встановити кількість певних етапів подрібнення і їхніх основних систем обробки зернопродуктів;
- визначити марки і схеми розсійників згідно етапів і систем технологічного процесу;
- визначити нумерацію сит для кожної групи сит розсійників;
- визначити порядок направлення кожного продукту, отриманого на перших системах подрібнення, на наступні системи для подальшої обробки.

Процес, за якого зерно поступово обертається і з нього викришуються крупки, а ендосперм частково подрібнюється до стану борошна, називають дранним. В цьому процесі беруть участь чотири-шість систем валкових станків. Продукти, що утворилися після кожної системи драння, мають різні розміри і неоднаковий вміст ендосперму. Одержують такі продукти: борошно, крупку (дрібну, середню і крупну) та дунсти (середнє між борошном і дрібною крупкою). Крупки і дунст розмелюють, послідовно подрібнюючи, з відсіванням готового борошна в розмельних валкових станках. Крупка з частками оболонок поступає на шліфувальні гладенькі валкові станки. Процес обробки крупок, що містять оболонки, називають шліфувальним.

Для одержання борошна, яке відповідає вимогам державного нормування і в кількостях, що відповідають певному виходу, застосовують різні види помелу з використанням різноманітних машин. Тому помелом називають сукупність процесів і операцій, що проводяться з зерном під час подрібнення і проміжними продуктами, що утворилися. Усі помели поділяють на разові і повторювальні (схема 4).

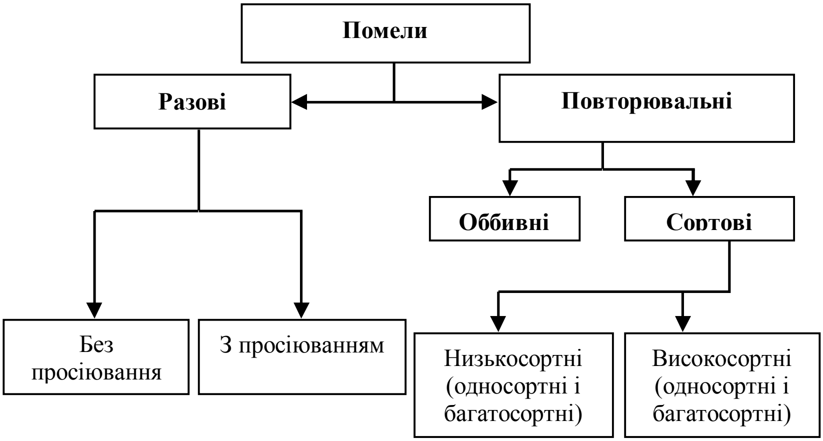


Схема 4. Класифікація помелів

Разовими називають так тому, що зерно перетворюється в борошно після одноразового пропуску крізь подрібнювальну машину. До машин такого типу відносять жорнові посади і дробарки. За разових помелів виробляють оббивне борошно певного виходу. Світліше борошно (сіре сіяне) одержують відсіванням на густих ситах. За

повторювальних помелів усю кількість борошна виробляють за декілька пропусків крізь подрібнювальні машини наступними способами.

Перший спосіб. Зерно подрібнюють послідовно в декількох розмелювальних машинах. Після кожної машини подрібнена суміш направляється на просіювання, де з неї висівається готове борошно, крупні частинки ж направляються на наступні розмелювальні машини. Цей процес повторюється доти, доки усі часточки не перетворяться в борошно. Таким способом виробляють оббивне борошно.

Другий спосіб. Після подрібнення зерна суміш просіюють, відбираючи при цьому борошно, а також частинки, крупніші за борошно (крупки), які залежно від розмірів і якості групують в окремі потоки; після розмелу їх одержують борошно різної якості. Окрім борошна ще одержують висівки. Цим способом виробляють житнє борошно – оббивне і сіяне.

Третій спосіб. Одержану суміш після подрібнення розсортовують за розмірами і якістю, обробляють у ситовійних машинах і валкових верстатах шліфувальних систем (збагачення). Помел проводять так, щоб виділяючи оболонки від ендосперму, останній найменше подрібнювався. У такий спосіб виробляють борошно високої якості.

Виходом борошна називають його кількість, яка одержана із зерна внаслідок помелу. Вихід виражають у процентах до маси переробленого зерна. Він може бути стопроцентним, коли все зерно перетворюється на борошно, борошно такого виходу

не виробляється. В Україні існують такі виходи борошна. Пшеничне: 96% – оббивне (односортне); 85 – другого сорту (односортне); 78 – двох- і трьохсортне; 75 – трьох– і односортне ; 72% – першого сорту (односортне). Житнє: 95% – оббивне; 87 – обдирне; 63% – сіяне (усі односортні). Крім того, односортне борошно одержують із суміші зерна пшениці і жита: пшенично-житнє з виходом 96% і житньо-пшеничне з виходом 95%. Виробляють також борошно односортне з виходом 70% на лабораторних млинах для визначення якості сортів пшениці та якості зерна з агротехнічних дослідів.

Неоднорідна міцність структури ендосперму дозволяє залежно від схеми помелу одержувати борошно в межах установленого виходу (75...78%) у вигляді одного або кількох сортів. Подовжуючи схему технологічного процесу, тобто послідовне подрібнення зерна і сортування одержаних продуктів з використанням великої кількості машин, можна за загального виходу борошна 78% виготовити два або три сорти його. За трисортного помелу одержують питлівку або борошно вищого сорту, решту – борошно першого і другого сорту. Кількість виходу кожного сорту залежить від якості зерна і схеми технологічного процесу. З зерна пшениці твердої для макаронної промисловості в межах установленого виходу одержують питльоване борошно, вищого, першого і другого сортів.

Схеми помелів пшениці та жита будуються залежно від способу подрібнення. Розрізняють просте та вибіркове (складне) подрібнення. Просте –

це подрібнення зерна на рівномірні частинки для одержання однорідної суміші (оббивне борошно). Складне – це додаткове подрібнення неоднорідних часток до одержання готового борошна (сортове борошно).

До складних сортових помелів зерна пшениці та жита ставлять певні вимоги:

- одержання максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок та дунстів;
- ефективне збагачення проміжних продуктів;
- подрібнення на борошно проміжних продуктів.

Технологічний процес подрібнення продуктів для сортових помелів пшениці складається з чотирьох етапів:

- крупоутворення продуктів першої та другої якостей з вимолом оболонок (процес драння);
- сортування продуктів;
- збагачення проміжних продуктів (шліфувальний процес);
- тонке подрібнення збагачених проміжних продуктів з вимолом оболонок (розмелювальний процес).

Кожний процес має декілька систем, кількість яких визначається видом помелу і технічним оснащенням заводу. Системами драння, або крупоутворюючими, називають системи, які подрібнюють зерно та його частинки. Вони позначаються римськими цифрами (I, II, III, IV і т.д.).

Розмелювальною називають систему, яка подрібнює проміжні продукти (крупки, дунсти). Вони позначаються арабськими цифрами (1, 2, 3, 4 і т.д.).

Процес драння призначений для вилучення з ендосперму на перших дранних системах максимальної кількості продуктів у вигляді крупок різних розмірів і дунстів з мінімальною зольністю та невеликою кількістю борошна. На наступних системах відокремлюються від оболонок частинки ендосперму, що залишилися. В дранному процесі беруть участь 4...6 систем валкових верстатів.

На подрібнення впливають:

- вид помелу (для різних видів помелу застосовують певні режими системи подрібнення);
- режими системи подрібнення, за яких вибирають максимально можливу кількість подрібнених зернових продуктів;
- технологічні властивості зерна (для твердоземних сортів пшениці характерний високий вихід проміжних продуктів, а для м`якозерних – низький);
- вологість зерна;
- параметри машин;
- величина міжвалкового зазору;
- характер робочої поверхні валків;
- нахил рифлень;
- взаємне розміщення рифлень на валках;
- діаметр та довжина валків;
- навантаження зерна на валки.

З валкових верстатів за допомогою пневмотранспортерів продукт подається на машини –

розсійники, які розділяють частинки за розмірами. Розсійник складається з чотирьох або п`яти самостійних секцій, у кожній з яких встановлено 16 ситовійних рам, які в свою чергу складаються з металевих, капронових або шовкових сит. Розміри отворів сит зменшуються зверху донизу.

Сита у розсійниках комплектують групами. Кожна група поділяє продукт на дві фракції: схід виходить в корита, а прохід направляється в наступну групу сит розсійника. З останньої групи сит розсійника виводяться обидві фракції (табл. 30).

Для сепарування суміші застосовують такі методи:

- за геометричними ознаками компонентів;
- за магнітними властивостями;
- за щільністю продуктів;
- за властивостями поверхні частинок;
- за електрофізичними властивостями.

Сепарування, яке проводять за однією ознакою, називається простим. Як правило, використовують комбіноване сепарування. В зерновому сепараторі – за геометричними ознаками, аеродинамічними та магнітними властивостями; у ситовійній машині – за геометричними ознаками та аеродинамічними властивостями.

Таблиця 30. Класифікація продуктів подрібнення

Продукт	Номер капронових сит	Номер металевих сит
Сходовий продукт	схід сита № 7	схід сита № 1
Крупна крупка	прохід № 7 та схід № 12	прохід № 1 та схід № 056
Середня крупка	прохід № 12 та схід № 17	прохід № 056 та схід № 045
Дрібна крупка	прохід №17 та схід № 23/17	прохід № 045 та схід № 0315
Крупний дунст	прохід № 23 та схід № 29	прохід № 0315 та схід № 025
М`який дунст	прохід № 29 та схід № 46	прохід № 025 та схід № 056
Борошно	прохід сита № 46	прохід сита № 056

Розділення продуктів подрібнення зерна на фракції за розмірами часточок виконують розсійниками, плоскими та роторними просіювачами з циліндричними ситами, сортування за якістю (добротністю) – на ситовійних машинах (схема 5).

У борошномельному виробництві визначають ефективність кожного процесу. Ефективність сепрування виражається ступенем виділення з вихідної суміші певного компонента. Фракція – виділена однорідна частина вихідної суміші. Вихід фракції – величина та її однорідність, яка характеризує технологічну ефективність сепарування.

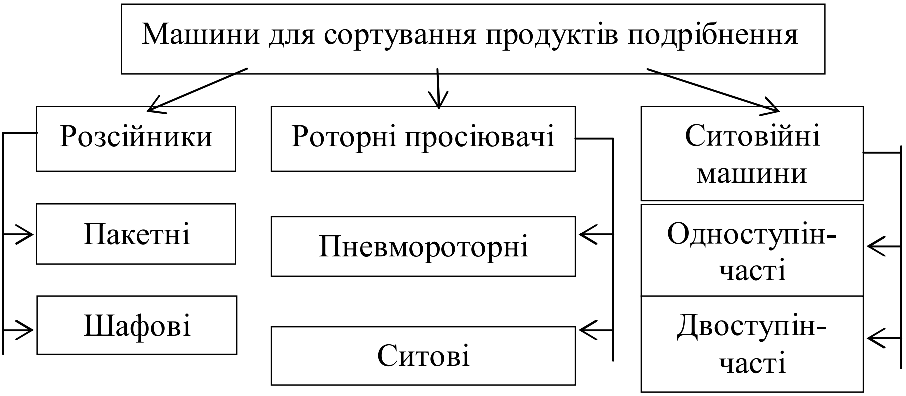


Схема 5. Класифікація сортувальних машин

На технологічну ефективність сепарування впливають:

- завантажувальні умови;
- тривалість обробки суміші;
- фізичні властивості суміші;
- кінематичні та геометричні параметри органів сепаруючих машин.

Ефективність сепарування залежить від питомого навантаження на сито, відносної швидкості руху продукту по ситу, фізичних властивостей продукту, характеру поверхні сита і очистки його отворів, аспірації сита. Показниками сепарування є однорідність проходової та сходової фракцій і відсутність недосіву. Для сортових помелів пшениці допускається недосів у сходових фракціях з верхніх сит дранних систем 5...10%, розмелювальних – 8...12%, з нижніх сит обох цих систем – 10...15%.

В сортових помелах пшениці в результаті крупоутворення одержують неоднорідні продукти у вигляді крупок та дунстів, які треба розсортувати. Відбір максимальної кількості крупок і дунстів кращої якості внаслідок виділення в ситовійних машинах часток вільних оболонок з вихідного продукту називають процесом збагачення. В результаті збагачення з кожної ситовійної системи можна одержати 5...6 продуктів, різних за крупністю та якістю (1...3 сходи, 1...4 проходи). Крупки мають розміри 0,35...3,25 мм, дунсти – 0,2...0,3 мм. Це потребує сортування, за якого легші частинки розміщуються у верхніх шарах, важчі – на поверхні сита. До першої фракції надходять найважчі, найдобротніші частинки, до другої – частинки з оболонками, до третьої – легкі та дрібні, що виносяться повітрям в осаджувальні камери.

Збагачені в ситовійних машинах крупки залежно від якості направляють на верстати шліфувальних і розмелювальних систем для подальшого подрібнення. На шліфувальних машинах відбувається звільнення крупок від оболонок. Цей процес називається шліфувальним. В сортових помелах пшениці залежно від продуктивності заводу застосовують до п`яти шліфувальних систем. Після шліфування великі крупки (3,25 мм) за розміром стають середніми (1,7 мм), середні – дрібними (0,35 мм), дрібні – дунстами (0,2...0,3 мм).

Завершальним етапом у технологічному процесі одержання борошна є розмелювальний процес. Він спрямований на подрібнення крупок і

дунстів. Вибір кількості розмелювальних систем залежить від продуктивності борошномельного заводу, виду помелу, міцності подрібнених продуктів, якості роботи обдирного, ситовійного та шліфувального процесів. В сортових помелах пшениці їх може бути від 8 до 14.

Обов'язковою технологічною операцією на борошномельних заводах є сепарування за магнітними властивостями. Магнітні сепаратори поділяються на статичні та електромагнітні. Статичні складаються з певної кількості підковоподібних магнітів, виготовлених із спеціальної сталі та сплаву магнію. Електромагнітні сепаратори живляться від електричної мережі з постійним струмом. Показником ефективності сепарування за магнітними властивостями є ступінь виділення компонента. На нього впливають сила притягання магніту, рівномірність подачі маси, мінімальна швидкість руху маси в магнітному полі, товщина шару продукту, спосіб видалення частинок домішок з полюсів магнітного сепаратора.

9.2. Технологія борошна для макаронних виробів

Борошно для макаронних виробів виготовляють на спеціальних борошномельних заводах з зерна пшениці твердої та м'якої зі склоподібністю не менше 60%. Пшениця тверда не повинна мати у своєму складі більше 15% зерен пшениці м'якої.

Згідно з існуючими видами помелів макаронне борошно виробляють як за трисортного, так і

двосортного помелів. За трисортних 75 і 78%-х помелів одержують макаронне борошно вищого сорту (крупку), першого сорту (напівкрупку) і хлібопекарське борошно другого сорту. За двосортних помелів, для яких використовують в основному зерно пшениці твердої високої якості, одержують 60…65% макаронного борошна вищого сорту (крупку) і 10…15% хлібопекарського борошна другого сорту. Макаронне борошно виробляють також за багатосортних 75%-х хлібопекарських помелах високосклоподібної пшениці м'якої, в яких одночасно з виробництвом сортового хлібопекарського борошна відбирають невелику кількість макаронного борона (крупки) вищого сорту (5…20%).

Макаронне борошно вищого сорту складається з внутрішніх шарів ендосперму, а борошно першого сорту – з периферійних шарів ендосперму з домішками невеликої кількості висівкових часток. Вміст білка в макаронному борошні становить 15…16% і більше, клейковини – понад 35%. В той же час зольність і вміст клітковини в макаронному борошні значно більші, ніж в хлібопекарському борошні. Хлібопекарське борошно другого сорту, яке виробляють з макаронних помелів, гірше. Його зольність сягає до 1,75%, а вміст клітковини до 2%. Таке борошно використовують лише для підсортування до хлібопекарського борошна оптимальної якості.

Макаронне борошно відрізняється від хлібопекарського крупністю. Якщо частинки хлібопекарського борошна вищого сорту мають розміри

менше 140 мкм, то розміри частинок макаронного борошна вищого сорту знаходяться в межах 250…530 мкм, тобто згідно класифікації проміжних продуктів – це суміш середніх і дрібних крупок. Макаронне борошно першого сорту дрібніше, ніж борошно вищого сорту, і складається в основному з дунстів.

Макаронне борошно, що виробляється з м’якої високосклоподібної пшениці, поступається за якістю борошну з пшениці твердої: в ньому менше білка і клейковини, його одержують з проходу капронових сит №15…18 (вищий сорт) і №21…29 (перший сорт).

Структура технологічного процесу очистки і підготовки до макаронного помелу значно складніша порівняно з очисткою і підготовкою зерна для сортових хлібопекарських помелів, що пояснюється підвищеними вимогами до якості макаронного борошна. В зв’язку з цим підвищуються вимоги до якості зерна: вологість допускається до 13 %, кількість зіпсованих зерен – не більше 0,5 %, вміст зернової домішки – не більше 4 %, в тім числі пророслих зерен – не більше 2 %. Суттєво ускладнюється і саме очищення зерна. Потрібно попередньо з зернової маси в елеваторі видалити не менше 30 % дрібної фракції зерна, яка для виробництва макаронного борошна не використовується. Особливості очистки і підготовки зерна шениці до макаронного помелу наступні:

- роздільна очистка і підготовка вихідних партій зерна, які значно відрізняються за типовим складом, склоподібністю, круп-

ністю, засміченістю та іншими показниками з метою диференційованих режимів обробки;
- двоpазова або триразова очистка зерна на ситоповітряних сепараторах з метою максимального видалення смітних домішок;
- дворазовий пропуск зерна через каменевідокремлювальні машини з метою повнішого відокремлення мінеральних домішок;
- застосування концентраторів сумісно з трієрами – вівсюго-відбірниками для видалення вівса і вівсюга;
- використання оббивних машин з сітчастими циліндрами або щіткових машин.

Технологія виробництва борошна для макаронних виробів вимагає спеціального підходу до підготовки зерна для розмелювання, тобто проведення гідротермічної обробки. Для одержання крупок рекомендується застосовувати дво- або триразове зволоження і відволожування з доведенням вологості зерна до 16,5…17,0%, але за істотно скороченої тривалості відволожування на попередньому етапі. Тобто, потрібно досягти такого стану зерна, коли в процесі відволожування в його ендоспермі сформуються лише первинні, відповідно крупні мікротріщини, не доводячи процес до інтенсивного розрихлення ендосперму. Внаслідок цього під час подрібнення зерна в дранному процесі утворюється збільшена кількість крупної і середньої

крупки, з якої в подальшому формується макаронне борошно.

Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах рекомендують наступний варіант холодного кондиціювання зерна пшениці твердої: на першому етапі зволоження до 14,5…15,0% і відволожування протягом 8…12 годин, на другому етапі зволоження ще на 1,5…2,0% і відволожування протягом 2…4 год. з дозволоженням перед розмелюванням на 0,4…0,6% і витримкою в засіках протягом 15…25 хв. Кінцева вологість зерна в цьому випадку повинна бути 16,0…17,0%.

Згідно другого варіанту, коли треба зволожити зерно не більше ніж на 3%, на основному етапі передбачається одноразове зволоження до 15,5…16,5% і відволожування протягом 4…8 год. з наступним дозволоженням зерна і доведенням до кінцевої вологості 16,0…16,5%. Цей варіант використовується, якщо склоподібність зерна менше 80%.

Найпоширенішим за використання зерна пшениці твердої є двоетапне основне зволоження і відволожування: на першому етапі вологість зерна доводять до 14,5…15,5% з відволожуванням протягом 6…8 год, на другому етапі добавляють близько 2% води і відволожують протягом 2…3 год з дозволоженням на 0,3…0,4% і витримкою не більше 20 хв. В цьому випадку забезпечується достатнє розрихлення ендосперму для інтенсивного виділення крупної і середньої крупки першої якості.

За розмелювання пшениці м'якої твердозерної холодне кондиціювання зерна проводять одноетапно зі зволоженням його до 15,0…15,5% і відволожуванням протягом 3…5 год. За дозволоження вологість зерна доводять до 15,5…16,0%.

Якщо використовують для помелу пшеницю м'яку твердозерну 4-го типу на першому етапі зволожують зерно до 14,0…14,5% і відволожують протягом 6…8 год. На другому етапі добавляють 1,0…1,5% води і витримують зерно в засіках протягом 1…2 год. Кінцева вологість підготовленого до розмелу зерна повинна бути на рівні 16,0…16,5%.

Технологічний процес одержання макаронного борошна складається з шести етапів: первинного подрібнення зерна (дранний процес); сортування проміжних продуктів; збагачення проміжних продуктів на ситовійних системах; збагачення крупок на шліфувальних системах (шліфувальний процес); вимол оболонкових продуктів і розмелювання дунстів низької якості (розмельний процес); контроль макаронного і хлібопекарського борошна.

Етап первинного подрібнення зерна пшениці (дранний процес) призначається для утворення максимальної кількості проміжних продуктів у вигляді крупок. Він складається з п'яти – шести систем і підрозділяється на три групи систем за якістю продуктів, що на них обробляються.

За сортування проміжних продуктів відбувається їхній розподіл на фракції і висів хлібопекарського борошна. Етапи сортування підрозділяються на три групи систем: сортування продуктів

першої якості, другої якості і вимол. З метою повного відокремлення хлібопекарського борошна з фракції дрібної крупки і дунстів їх повторно сортують у розсійниках. Одержані на етапі сортування окремі фракції крупок і дунстів направляються на ситовійки для збагачення.

Збагачення крупок і дунстів за макаронних помелів зерна пшениці є одним з основних етапів, оскільки при цьому одержують основну кількість макаронного борошна. Збагаченню підлягають усі фракції крупок і дунстів з усіх систем технологічного процесу. При цьому після збагачення змішують крупки як першої, так і другої якості, враховуючи допустиму високу зольність макаронного борошна: зольність вищого сорту (крупка) – до 0,75%, першого сорту (напівкрупка) – до 1,1%, що значно більше зольності хлібопекарського борошна відповідних сортів.

Режим систем шліфування за макаронних помелів визначають кількістю проходового продукту крізь капронове сито №29. Його кількість повинна бути в межах від 2 до 5%.

Етап формування макаронного борошна є завершальним в загальному технологічному процесі макаронного помелу. Макаронне борошно вищого сорту (крупку) формують зі збагаченої середньої і дрібної крупок, а також з твердих дунстів як першої, так і другої якості, що одержані на етапах крупоутворення і шліфування. Макаронне борошно першого сорту (напівкрупку) формують в основному з дунстів усіх систем з додаванням деякої кількості

борошна. Хлібопекарське борошно другого сорту формують з усіх систем технологічного процесу.

Контроль макаронного борошна здійснюється за окремими потоками на ситовійках і розсійниках, а хлібопекарське борошно – на розсійниках. Для збільшення виходу макаронного борошна збагачені крупки і дунсти як першої, так і другої якості змішують залежно від їхньої крупності.

9.3. Сортові помели зерна жита

Ці помели відносяться до складних повторювальних помелів без збагачення крупок на ситовійних і шліфувальних системах. Структурна схема помелу включає два етапи: дранний і розмельний процеси. На структуру будь-якого помелу основний вплив проявляють заданий асортимент борошна і технологічні властивості зерна. За сортових помелів використовують в основному три види помелів: односортний з виходом 63% сіяного борошна; двосортний 80%-й з виходом 15% сіяного борошна і 65% обдирного; односортний 87%-й помел з виходом 87% обдирного борошна.

Односортний сіяний помел жита. За цього помелу виробляють 63% сіяного борошна, але в практиці він зустрічається досить через складності розмелювання і малого виходу борошна. Структура технологічного процесу складається з п’яти дранних і чотирьох-пяти розмелювальних систем і подібна до структури односортного 85%-го помелу пшениці.

Для виробництва сіяного борошна у розсійниках усіх систем встановлюють густі сита №46 і №49. Для усіх основних систем здрібнювання застосовують жорсткі режими.

Двосортний помел жита. За двосртного помелу виробляють два сорти борошна: сіяне і обдирне в різному їх співвідношенні і незмінному загальному виході 80%. Вихід сіяного борошна буває від 15 до 30%, а обдирного – 50…65% без зміни загального виходу. Структура двосортного помелу жита складається з п'яти дранних, чотирьох розмельних систем, однієї сортувальної системи, системи вимелювання оболонкових продуктів на вимелювальній машині БВГ з пересівом висівок і двох систем контролю борошна: сіяного і обдирного.

Сіяне борошно одержують на системах, що обробляють кращі за якістю зернові продукти (ІІ дранна система, 1 розмельна система, 2 розмельна система) проходом крізь борошняні сита №38, №43 і №46, а обдирне – на цих же системах проходом крізь сита № 27, № 29, №32 і №35.

Обдирний помел жита. За цього помелу одержують односортне обдирне борошно з виходом 87%. Він відноситься до складних помелів з послідовно-паралельним подрібненням сходових продуктів із попередніх систем на наступні. На етапі первинного послідовного подрібнення у дранному процесі розміщується чотири-п'ять систем, а на етапі паралельного подріблення у розмельному процесі – одна – дві системи. На системи етапу паралельного подрібнення надходять проміжні продукти першої і

другої дранних систем (крупки, дунсти) для збільшення виходу тонкодисперсної фракції в обдирному борошні.

Контрольні питання

1. Яке призначення подрібнення зерна?
2. Яких видів буває подрібнення зерна?
3. Які етапи включає технологічна схема трисортного помелу зерна пшениці?
4. Що називають помелом зерна і яким він буває?
5. Що таке вихід борошна, яким він буває?
6. Які вимоги пред’являються до складних сортових помелів?
7. Які фактори впливають на подрібнення зерна?
8. Які використовують методи сепарування суміші в процесі розмелювання зерна?
9. Які фактори впливають на технологічну ефективність сепарування?
10. За яких видів помелів виробляють макаронне борошно?
11. Які особливості очистки і підготовки зерна пшениці до макаронного помелу?
12. Як проводиться гідротермічна обробка зерна пшениці для виробництва макаронного борошна?
13. З яких етапів складається процес одержання макаронного борошна?
14. На які види поділяються сортові помели жита?

Розділ 10
АСОРТИМЕНТ І ЯКІСТЬ БОРОШНА

Борошномельні заводи виробляють борошно різних виходів і сортів. Пшеничне: 96% - оббивне (односортне); 85%-ве - другого сорту (односортне); 78%-ве дво – і трисортне; 75%-ве три – і односортне; 72%-ве – першого сорту (односортне). Житнє: 95%-ве – оббивне (односортне); 87%-ве – обдирне (односортне); 78%-ве двосортне; 63% -ве – сіяне (односортне). Крім того, виробляють односортне борошно із суміші зерна пшениці і жита: пшенично-житнє (70% пшениці і 30% жита) з виходом 96% і житньо-пшеничне (60% жита і 40% пшениці) з виходом 95%.

Якість борошна усіх виходів і сортів нормується стандартами і характеризується досить великою кількістю показників, які поділяють на дві групи:

- показники, характеристика і числовий вираз яких не залежить від виходу і сорту борошна, тобто до будь-якого борошна пред`являють єдині вимоги: запах, смак, хруст, вологість, зараженість шкідниками хлібних запасів, наявність шкідливих і металевих домішок;
- показники, які неоднаково нормуються для борошна різних виходів і сортів: колір, зольність, крупність помелу, кількість і якість клейковини в борошні пшениці (табл. 31).

Таблиця 31. Показники якості пшеничного хлібопекарського борошна

Показник	Характеристика та норми борошна для сортів:				
	питльованого	вищого	першого	другого	оббивного
Колір	Білий або кремовий з жовтуватим відтінком	Білий або білий з кремовим відтінком	Білий або білий з жовтуватим відтінком	Білий з жовтуватим чи сірува-тим відтін-ком	Білий з жо-втуватим чи сіруватим відтінком з помітними частинками оболонок зерна
Запах	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий				
Смак	Властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий				
Хруст	Під час розжовування не повинно відчуватись хрусту від мінеральних домішок				
Вологість, % , не більше	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Зольність, % , не більше	0,60	0,55	0,75	1,25	2,0
Крупність по-мелу, %: залишок на ситі зшовку, не більше прохід крізь сито з шовку, %	2 сито № 23 не більше 10 сито № 35	5 сито № 43 не менше 80 сито № 43	2 сито № 35 не менше 80 сито № 43	2 сито № 27 не менше 65 сито № 38	2 сито мета-леве № 067 не менше 35 сито № 38
Вміст клейко-вини, %, не менше	30,0	28,0	30,0	25,0	20,0
Якість клейко-вини, група, не нижче	II	I	I	II	будь-яка
Металомагнітна домішка, мг на 1 кг борошна, не більше	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Примітка: Розмір окремих частинок металомагнітної домішки в найбільшому лінійному вимірі не повинен бути більше 0,3 мм, а маса окремих її частинок – не більше 0,4 мг.

Запах. Борошно повинне мати свій специфічний запах. Інші сторонні запахи (сорбовані або розпаду) свідчать про дефектність продукту.

Смак. Свіже борошно має прісний смак. Гіркий, кислий і солодкий смак характерний для борошна, яке виробляється з дефектного зерна або зіпсувалося під час зберігання.

Хруст. Недопустимий дефект. Він проявляється внаслідок виготовлення борошна з зерна, недостатньо очищеного від мінеральних домішок, або розмелювання було на неправильно встановлених чи поганих валках. Визначити його можна, розжовуючи борошно.

Вологість не повинна перевищувати 15%. За більшої вологості борошно погано зберігається, легко прокисає, пліснявіє і самозігрівається. За невеликої вологості (9...13%) борошно швидко гіркне.

Зараженість шкідниками хлібних запасів недопускається, таке борошно вважається нестандартним.

Металеві домішки можуть з`явитися в борошні внаслідок поганого очищення зерна або зносу робочих органів машин. На 1 кг борошна допускається 3 мг пилоподібної металодомішки з розміром часток до 0,3 мм і масою кожної частки не більше 0,4 мг.

Колір. Із збільшенням виходу борошна колір змінюється від білого чи кремового (питлівка або вищий сорт) до білого з сіруватим відтінком (другий

сорт) і помітними частинками оболонок зерна (оббивне).

Зольність. Основним показником сорту борошна є зольність. Для борошна вищого сорту вона має бути 0,55%; питлівки – 0,60%; першого сорту до 0,75%; другого сорту – 1,25%; у оббивного – не більше 2%.

Крупність помелу. Найбільший розмір часток борошна 600 мкм, а найменший – 30...40 мкм.

Кількість і якість клейковини. Вміст клейковини у питльованого борошна має бути не менший від 30%, якість – не нижче другої групи; у вищого сорту – 28%, першої групи якості; у першого сорту – 30%, першої групи якості, у другого – 25%, не нижче другої групи якості; у оббивного – 20% незалежно від групи якості.

Основним компонентом борошна є крохмаль, він становить близько 80% сухої речовини борошна. Враховуючи це, на його властивість і роль в якості борошна повинна бути звернута особлива увага.

Під час розмелювання крупок в борошно відбувається пошкодження крохмальних зерен на їх поверхні і всередині. Непошкоджені зерна крохмалю мають кристалічну структуру, вони оптично анізотропні і показують типове подвійне заломлення світла. Пошкоджені зерна крохмалю втрачають ці властивості. Внутрішні пошкодження крохмальних зерен (тріщинуватість) спостерігається переважно у крупних частинок борошна і за подрібнення крупок і дунстів із зерна склоподібної пшениці. В борошні з м’якої пшениці борошнистого ендосперму зерна

крохмалю в середині маси часток майже не пошкоджуються, а зовнішня поверхня їх пошкоджується незначно. Мікротріщини на поверхні крохмальних зерен, розміщених в середині маси частинок борошна, з`являються під час розмелу крупок збільшеної міцності. Такі крупки одержують від подрібнення зерен пшениці зі склоподібним ендоспермом. Крупки і дунсти під час подрібнення розділяються в місцях найменшого опору: в склоподібному ендоспермі – по зернах крохмалю, в борошнистому – між ними.

У борошні можуть виникнути дефекти внаслідок використання недоброякісного зерна для розмелу, порушення технології виготовлення, недотримання режимів і строків зберігання. Крім того, дефекти можуть з'явитись внаслідок самозігрівання. При цьому змінюються органолептичні показники борошна (колір, запах, смак). За тривалого зберігання, особливо на світлі, борошно темніє. Підвищена вологість борошна активізує ферменти, розвиток мікроорганізмів. За високої відносної вологості повітря (понад 80%), поганої вентиляції повітря збільшується кислотність борошна. Прокисання починається у внутрішніх шарах маси борошна. Внаслідок підвищеного вмісту жиру з'являється згірклість борошна, особиво нижчих сортів, які у своєму складі мають більше частинок зародка. За тривалого зберігання борошно злежується, втрачає сипучість. Дефектне борошно на хлібопекарські цілі не використовується.

Контрольні питання

1. Яких виходів і сортів виробляють пшеничне, житнє і пшенично-житнє борошно?
2. Якими показниками характеризується якість борошна?
3. Як контролюється крупність помелу залежно від сорту борошна?
4. Який найменший вміст клейковини повинен бути для різних сортів пшеничного борошна?
5. Як впливає пошкодження крохмальних зерен на хлібопекарські властивості борошна?
6. Які дефекти і внаслідок чого можуть з'являтися в борошні?

Розділ 11
ЗБЕРІГАННЯ БОРОШНА

Основні особливості фізичних властивостей борошна полягають у великій дисперсності його частинок. Велика відносна поверхня борошнистих частинок обумовлює велику їхню здатність вбирати водяні пари і кисень з навколишнього середовища, що в свою чергу визначає можливість виникнення в борошні деяких гідролітичних і окислювальних процесів, що можуть викликати суттєві зміни в білкових речовинах, і ліпідах борошна особливо.

Борошно відрізняється від зерна, з якого вироблене, значно меншою стійкістю під час зберігання. Навіть за умови вологості менше критичної (12...14%) на відміну від зерна у борошні під час зберігання будуть відбуватися істотні зміни властивостей, внаслідок яких його хлібопекарська здатність буде поліпшуватись або погіршуватись. Поліпшення хлібопекарських якостей борошна під час зберігання називається дозріванням. Це обумовлено внутрішніми і зовнішніми факторами. Внаслідок цього в борошні відбуваються фізичні, колоїдні і біохімічні процеси. В ньому змінюється вологість, колір, кислотність, вміст жиру, білково-протеїновий і вуглеводно-амілазний комплекси.

Вологість борошна в процесі зберігання змінюється залежно від параметрів повітря (відносної вологості і температури) в бік наближення до рівнозваженої. За зберігання борошна в мішках,

укладених штабелями, його вологість змінюється повільно.

За низької температури зберігання у пшеничному борошні гідролізується жир, що викликає глибокі зміни у якості клейковини. Однією найбільш чітко вираженою зміною ліпідної фракції пшеничного і житнього борошна є збільшення кислотного числа. Вирішальне значення на процес гідролізу жиру має вологість зовнішнього середовища, кислотне число жиру залишається стабільним в процесі зберігання борошна за відносної вологості повітря менше 70%. Іншим істотним моментом є те, що збільшення кислотного числа жиру борошна відбувається й в безкисневому середовищі. Це свідчить про те, що для гідролітичного розкладання жиру борошна наявність кисню не є необхідною умовою.

Зберігання борошна за температури 20°С спричинює деяке зменшення вільних ліпідів і невелике збільшення кількості зв`язаних ліпідів. Поряд з цим відбувається збільшення кислотного числа вільних ліпідів, а також помітне зменшення йодного числа фракції, що свідчить про насичення зв`язків неграничних жирних кислот в процесі їхнього окислення. Цей процес підтверджує також значне збільшення перекисного числа жиру. В процесі зберігання відбувається дуже значне збільшення вмісту лінолевої і ліноленової кислот.

Зниження температури зберігання до нуля і менше градусів істотно гальмує гідроліз жиру, але не

припиняє його повністю. В процесі зберігання за температури 10°С борошна вологістю 13% кислотне число жиру його починає збільшуватись через шість місяців зберігання, а в борошні з вологістю 16% відбувається помітний гідроліз жиру уже після чотирьох місяців зберігання.

Зміна ліпідної фракції в борошні під час зберігання проявляється також у зменшенні вмісту каротиноїдних пігментів, що сприяє помітному освітленню борошна. Зменшення каротиноїдних пігментів пояснюється окислювальними процесами, які проходять в борошні під час зберігання. Отже, значні зміни ліпідної фракції борошна в процесі зберігання відбуваються інтенсивніше за вищої температури і його вологості.

В процесі зберігання відбувається збільшення титрованої кислотності пшеничного і житнього борошна. Однією з основних причин цього є гідроліз ліпідної фракції борошна. На збільшення титрованої кислотності впливають вихід і вологість борошна, а також температура: чим більші усі ці три показники, тим більше і швидше зростає кислотність. Збільшення титрованої кислотності борошна найінтенсивніше відбувається протягом перших 15…20 діб після розмелювання зерна. Зміна кислотності під час дозрівання не впливає на хлібопекарські властивості борошна.

Поряд із змінами ліпідної фракції відбуваються зміни якості клейковини під час зберігання. На властивості клейковини, або, точніше, на борошно в цілому, істотно впливають продукти

окислення вільних ненасичених жирних кислот. Відбувається зміцнення клейковини. Отже, при зберіганні в оптимальних умовах клейковина борошна міцніє. В свою чергу, залежно від вихідних властивостей клейковини зміни можуть бути такими, які позитивно або негативно вплинуть на хлібопекарські властивості борошна. Зокрема, зміцнення початково слабкої клейковини під час зберігання обумовлює істотне поліпшення якості борошна. За підвищеної температури або тривалого зберігання борошна з міцною клейковиною вона ще дужче зміцнюється. Внаслідок цього тісто під час замішування буде занадто міцним, малорозтяжним, а хліб – низького об`єму.

Основна причина збільшення сили пшеничного борошна під час дозріваня – зміна фізичних властивостей клейковини. Білково-протеїназний комплекс змінюється під впливом кисню повітря. Окислення змінює усі компоненти білково-протеїназного комплексу. Активність протеаз зменшується, а атакованість білка збільшується.

Зміна вуглеводно-амілазного комплексу під час дозрівання пшеничного борошна істотного впливу на його технологічні властивості немає. На тривалість періоду дозрівання пшеничного борошна впливає багато факторів: ступінь післязбирального достигання зерна, вихід і сорт борошна, вологість, температура під час зберігання, спосіб розміщення. За зберігання борошна в холодному складі в умовах зниженої температури практично припиняються процеси, які сприяють дозріванню. Від способу

розміщення, розміру штабелів мішків з борошном і щільності їхнього укладання залежить ступінь аерації борошна. Для прискорення дозрівання борошна застосовують безтарне зберігання в силосах, обладнаних примусовою аерацією. Для цього проводять аерацію борошна повітрям за температури 25°С протягом 6 годин (питома витрата повітря – 2…3 $м^3$/год на 1 т борошна. За слабкої клейковини в борошні ефект від аерації кращий, ніж за міцної клейковини. Клейковина значно зміцнюється, її гідратація зменшується. Процес дозрівання пшеничного борошна вищого і першого сортів з нормальним клейковинним комплексом за зберігання в силосах закінчується протягом 7…10 діб, другого сорту – 3…5 діб. За зберігання пшеничного борошна в силосах понад строки дозрівання в ньому відбувається згіркнення, прокисання, пліснявіння і самозігрівання.

Дозрівання пшеничного борошна можна прискорити, проводячи інфрачервоне опромінення. Газоподібні сполуки окислювальної дії (двоокис хлору, оксиди азоту, трьохлористий азот, озон, нітрозилхлорид), забезпечують знебарвлення фарбуючих пігментів, впливають також на білково-протеїназний комплекс, збільшуючи силу борошна.

В процесі дозріваня свіжозмеленого борошна в перші 15…30 діб (60…70%-вого виходу) підвищується стійкість крохмалю до впливу амілаз і температури його клейстеризації, накопичуються вільні ненасичені жирні кислоти, які уповільнюють процес клейстеризації крохмалю, зменшується

розчинність білкових речовин, збільшується здатність до набуханя нерозчинних білків, поліпшуються фізичні властивості тіста. У свіжозмеленого житнього борошна в початковий період зберігання відбуваються біохімічні зміни, подібні до дозрівання свіжозмеленого пшеничного борошна, але значно повільніше.

За зберігання житнього оббивного, обдирного і сіяного борошна протягом 30 діб (температура повітря 17…21°С і відносна вологість 52…84%) вміст загального азоту і білкових речовин не змінювався. Зміцнення житньої клейковини під час зберігання борошна відбувається під впливом ненасичених жирних кислот, які утворюються з ліпідів борошна внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів.

В процесі зберігання житнього борошна відбувається помітне збільшення кінцевої температури клейстеризації крохмалю, вмісту пентозанів. Початковий період зберігання житнього борошна супроводжується істотним збільшеням кислотного числа жиру. Погіршення харчової цінності житнього борошна за вологості 13% відбувається головним чином внаслідок окислювального згіркнення, а за вологості 15% – переважно внаслідок розвитку грибної мікрофлори. Псування житнього борошна за вологості 13…15% наступаєза температури 10°С через 10…11 місяців зберігання, за температури 20°С – через 4…6 місяців, за температури 30°С – через 1…3 місяці.

В процесі розмелювання в борошно попадають усі мікроорганізми, які були на поверхні зерна. В 1 г

борошна містяться сотні тисяч мікроорганізмів. Головним чином це бактерії, дріжджі та мікроскопічні гриби. Внаслідок їхньої життєдіяльності під час зберігання борошно може піддатися мікробіологічному псуванню. Воно може з'явитися за збільшеної вологості борошна, понад 15%. Борошно прокисає внаслідок активізації життєдіяльності молочнокислих бактерій, які зброджують цукри борошна з утворенням кислот. За зберігання борошна в сховищах з підвищеною відносною вологістю повітря відбувається його пліснявіння під дією мікроскопічних грибів. Згіркнення борошна є наслідком окислення жирів борошна киснем повітря і ферментативного гідролізу жирів. За зберігання борошна з вологістю понад 20% відбувається його самозігрівання, яке супроводжується розвитком спороносних бактерій, які викликають картопляну хворобу хліба.

Для збереження якості борошна в процесі зберігання потрібно проводити вентилювання (провітрювання) складів для охолодження продукції. З цією ж метою за необхідності треба проводити перекладання мішків з борошном. Строки перекладання штабелів встановлюють для кожної партії залежно від якості і стану продукції, тривалості зберігання і висоти штабелів.

За умовами зберігання, станом і якістю борошна потрібно систематично стежити. Контроль ведуть за температурою повітря (вона має бути близькою до 10°С), відносною вологістю повітря

(менше 70%), температурою борошна (до 10°С), станом і запахом, зараженістю шкідниками хлібних запасів.

Температуру повітря перевіряють щотижня на висоті 1,5 м від підлоги і за потреби провітрюють сховище щодня. Також один раз на місяць перевіряють температуру повітря на рівні нижнього, середнього та верхнього рядів мішків штабеля. Якщо температура повітря в сховищі понад 10°С, температуру борошна вимірюють двічі на місяць, а якщо менше 10°С – один раз.

Для визначення запаху і смаку борошна, зараженості шкідниками хлібних запасів від кожного штабеля відбирають середню пробу за температури борошна 10°С і менше не рідше одного разу на місяць, а за температури понад 10°С – двічі.

Контрольні питання

1. Які процеси відбуваються в борошні під час зберігання?
2. Як можна прискорити дозрівання борошна?
3. Яких умов треба дотримуватись для успішного зберігання борошна?
4. Який і як треба проводити контроль за умовами зберігання борошна?

Частина 3
ТЕХНОЛОГІЯ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розділ 12
СИРОВИНА ТА ЇЇ ЯКІСТЬ

Крупа в харчуванні людини становить від 8 до13% загальної кількості продуктів, виготовлених із зернових культур. Сировиною для виробництва круп є зерно рису, проса, гречки, які називаються круп`яними культурами, тому що основну масу їхньогозерна використовують для виробництва крупи. Крім того, крупу і круп`яні продукти виготовляють із зерна вівса, ячменю, пшениці, кукурудзи, гороху. В окремих випадках переробляють в круп`яні продукти сорго, чумизу, сочевицю тощо.

Зерно круп`яних культур дуже різноманітне за формою, розміром, будовою. Воно складається з двох частин: ядра (ендосперм з зародком) і плівок. Зовнішні плівки, якими вкрите ядро, можуть бути або квітковими (просо, рис, ячмінь, овес), або плодовими (гречка, пшениця, кукурудза), або насінними (горох). Дуже важливою властивістю зерна є міцність зв`язку зовнішніх плівок і ядра.

У зерен рису, проса, вівса і гречки зовнішні плівки охоплюють ядро, які не зрослись з ним. У пшениці, гороху, ячменю і кукурудзи плівки щільно зрослися з ядром по всій його поверхні. Міцність зв`язку плівок з ядром визначає великою мірою способи переробки. Вміст зовнішніх плівок у зерна

різних культур різний. Найбільший вміст плівок у вівса – до 30%, найменший у ячменю і гороху – відповідно 11 і 10%.

На вихід і якість крупи впливає багато показників якості зерна. Перш за все важливе значення має вміст плівок, крупність, вирівняність, вологість зерна і вміст домішок в ньому.

Вміст плівок – плівчастість – визначають в зерні, очищеному від домішок. Чим більша плівчастість, тим менший вміст ядра, тим менше крупи одержують з такого зерна. Як правило, плівчастість крупного зерна менша, ніж дрібного. Крім того, дрібне зерно гірше лущиться. Особливо негативно впливає на ефективність переробки наявність дуже дрібного зерна. Важливе значення має також вирівняність зерна, тобто наявність більшої кількості зерен, близьких за розміром.

Вологість зерна суттєво впливає на його технологічні властивості, на кінцеву вологість крупи. Висока, а часто і низька вологість погіршує технологічні властивості зерна, за високої вологості утруднюється очищення від домішок і лущення зерна, за низької вологості значно збільшується його роздрібнюваність в процесі переробки.

Найпоширенішою та цінною серед круп`яних культур є рис. Його поділяють на звичайний та дрібний. У нашій країні вирощують сорти звичайного рису, з продовгуватою формою, від білого до темно-коричневого кольору. Зерно складається з квіткових (18…25%), плодових та насінних плівок (3…5%), алейронового шару

(6…8%), ендосперму (65…70%), зародка (4…5%). Консистенція ендосперму переважно склоподібна чи напівсклоподібна і залежить від властивостей крохмалю. Важливою властивістю рису є здатність до тріщинуватості, яка утворюється під дією тепла і води. В зерні рису міститься до 75% вуглеводів, з них 88% крохмалю, до 7,7% білків, до 0,5% цукру, 1% олії, вітаміни B_1, B_2, PP.

Гречка належить до найважливіших круп`яних культур і є єдиною незлаковою рослиною у групі зернових культур. За вмістом чистого ядра гречку поділяють на три класи. До першого класу відносять, якщо вміст ядра становить не менше 77%, другого – не менше 74%, третього – не менше 71%. Зерно гречки містить 57...63% ендосперму, 10...15% зародка, 3...5% алейронового шару, 1,5...2% насінних та 18...24% плодових плівок. Ендосперм гречки борошнистий, крихкий, легко руйнується в процесі обробки.

За своїми споживчими властивостями гречка є унікальною культурою, оскільки, по-перше, задовольняє фізіологічні потреби організму людини в поживних компонентах та енергії, по-друге, виконує профілактичні та лікувальні функції, по-третє, є незамінним продуктом у харчуванні дітей, хворих та людей похилого віку, дієтичною їжею при багатьох захворюваннях.

В переробці зерна на крупу велике значення мають ознаки якості зерна гречки, які визначають її технологічні властивості: крупність, вирівняність, плівчастість, легкість лущення, вихід крупи.

У зерні гречки міститься від 10 до 15% білка, 67,8% вуглеводів, 3,1% олії, 2,8% золи, 13,1% клітковини. У складі білка гречки переважно легкорозчинні глобуліни та альбуміни, тому він краще засвоюється і поживніший від білка злакових культур. Їх білок містить багато незамінних амінокислот: аргінін(9,1-28,4 %), лізин (3,8-8,0 %), валін (3,4-6,2 %),ізолейцин (3,5-6,7 %), лейцин (3,3-7,9 %).

У золі гречки багато фосфорної кислоти (48,7%), оксиду калію (23,1%) та оксиду магнію (12,4%). За вмістом заліза (1,7%) вона переважає інші круп`яні культури, а також багата на мідь.

У зерні гречки містяться органічні кислоти (лимонна, яблучна, малеїнова, щавлева), які сприяють кращому засвоєнню не тільки гречаної каші, а й інших страв, які вживаються після неї. До складу зерна гречки входять такі цінні вітаміни, як B_1, B_2, B_6, Р (рутин), необхідні для нормальної фізіологічної діяльності людського організму. Цим визначається цінність гречки як лікувально-дієтичного продукту харчування, особливо для дітей, літніх людей, а також осіб, хворих на діабет, гіпертонію, склероз, виразкову хворобу шлунку, розлад нервової системи.

Просо є сировиною для одержання пшона, яке поступається цінністю лише рису і гречці. За кількістю квіткових плівок сорти проса поділяють на низькоплівчасті (до 15%), середньоплівчасті (до 20%) і високоплівчасті (понад 20%). В зерні проса ендосперму міститься 65...75%, плодових та насін-

них плівок – 3...5%, квіткових – 15...20%, зародка – 4...6%.

У зерні проса білка в середньому міститься 12%, крохмалю – 81%, жиру – 3,5%, клітковини – 1...2%. Зерно багате на зольні елементи, містить такі важливі вітаміни, як B_1, B_2, PP, а також мікроелементи.

Овес використовується для одержання вівсяної крупи неподрібненої, плющеної, пластівців та толокна. В зерні вівса ядра міститься 49...53%, алейронового шару – 10...12%, насінних та плодових оболонок – 3...4%, квіткових – 28...30%, зародка – 3...4%. За хімічним складом овес виділяється серед інших злаків великим вмістом жиру (5...8%), в його зерні міститься до 60% крохмалю і 10...18% білка. Зерно вівса містить багато альбумінів і глобулінів (близько 60%) і мало проламінів і глютелінів. Регулярне споживання продуктів з вівса зменшує рівень загального і так званого "шкідливого" холестерину і збільшує рівень "корисного".

Овес – цінне джерело мінеральних речовин. Основну частину мінеральних речовин становить фосфор, який знаходиться як у вигляді фосфатів, так і у вигляді органічних сполук, переважно фітину (0,2...0,3% маси зерна). Частина фосфору входить до складу нуклеїнових кислот, частина у фракцію ліпідів. Кальцію в зерні вівса міститься 50...65 мг/100 г.

Ячмінь є сировиною для одержання ячної та перлової круп. У зерні міститься 63...69% ендосперму. За його консистенцією зерно ячменю буває склоподібним, напівсклоподібним і борош-

нистим. Алейроновий шар ячменю складається з трьох – чотирьох рядів тонкостінних клітин і становить 12...14% маси (в інших зернових – один шар клітин). Плодові плівки становлять 3,5...4%, насінні – 2...2,5%, зародок – 2...3%. У зерні ячменю міститься в середньому 12,2% білка, 77% вуглеводів, 2,4% жиру, до 3% зольних елементів.

Кукурудза є сировиною для виробництва різних круп. У зерні міститься 80...83% ендосперму, 4...5% плівок, 8...15% зародка, який розміщений в ендоспермі, що утруднює його відокремлення, 9...12% білка, 65...70% вуглеводів, 4...8% олії, 1,5% мінеральних речовин.

Горох є сировиною для виробництва різних продуктів харчування. В його зерні міститься до 36% білка, до 54% вуглеводів, 1,6% жиру, понад 3% зольних речовин. Білок гороху є повноцінним за амінокислотним складом і засвоюється в 1,5 раза краще, ніж білок пшениці. В ньому міститься 4,66% лізину, 8,35% аргініну, 1,17% триптофану (від сумарної кількості білка), тоді як у складі білка пшениці – тільки 2,32% лізину та 3,56% аргініну.

Контрольні питання

1. З зерна яких культур виробляють крупу?
2. Як називаються зовнішні плівки, якими вкрите ядро у проса, кукурудзи, гороху?
3. За якими ознаками поділяють зерно гречки на класи?

4. Як поділяються сорти проса за кількістю квіткових плівок?
5. Яку крупу одержують з зерна ячменю?
6. У зерні якої культури міститься найбільший вміст білка?

Розділ 13
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА КРУП

13.1. Структурна схема технологічного процесу

Процес переробки зерна в крупу, як і на борошномельних заводах, поділяється на три основних етапи: підготовку зерна до переробки; переробку зерна в крупу і круп`яні продукти; затарювання і відпуск готової продукції. Загальний процес виготовлення крупи можна представити такою схемою: очищення зерна від домішок – сортування очищеного зерна за крупністю – лущення – відокремлення ядра від плівок – обробка ядра в різних варіантах залежно від роду зерна і сорту крупи (шліфування, полірування, подрібнення, плющення) – сортування готової продукції (схема 6, 7).

Для того, щоб забезпечити якісніше виконання усіх цих технологічних процесів переробки зерна в крупу, потрібно в процесі формування крупних партій дотримуватись таких правил:

- не змішувати зерно різних сортів, типів і підтипів;
- не змішувати партії зерна з різницею вологості понад 1%;

- не змішувати партії зерна з великою різницею у вмісті домішок (особливо важковідокремлюваних), зіпсованих зерен;
- не змішувати сушене зерно з несушеним.

В зерноочисному відділенні круп'яного заводу проводять вилучення домішок із зерна, дрібного, неповноцінного зерна, гідротермічну обробку з метою забезпечення нормативних показників якості підготовленого зерна.

Організація і ведення технологічного процесу на крупозаводі суттєво відрізняється для кожної культури, що обумовлено особливостями анатомічної будови зерна, його структурно-механічними та фізико-хімічними властивостями. Ці істотні відміни визначають різні схеми технологічного процесу виробництва круп.

Згідно цих схем для виробництва круп як з цілого, так і подрібненого зерна виконуються такі операції: сортування зерна на фракції за крупністю, лущення зерна, сортування продуктів лущення, подрібнення ядра, сортування продуктів подрібнення, шліфування ядра або його частинок, полірування, контроль круп, побічних продуктів та відходів. Проте не всі з цих операцій є обов'язковими за переробки кожної культури. Обов'язковими операціями за переробки будь-якої круп'яної культури є лущення, сортування продуктів лущення, контроль круп, побічних продуктів і відходів.

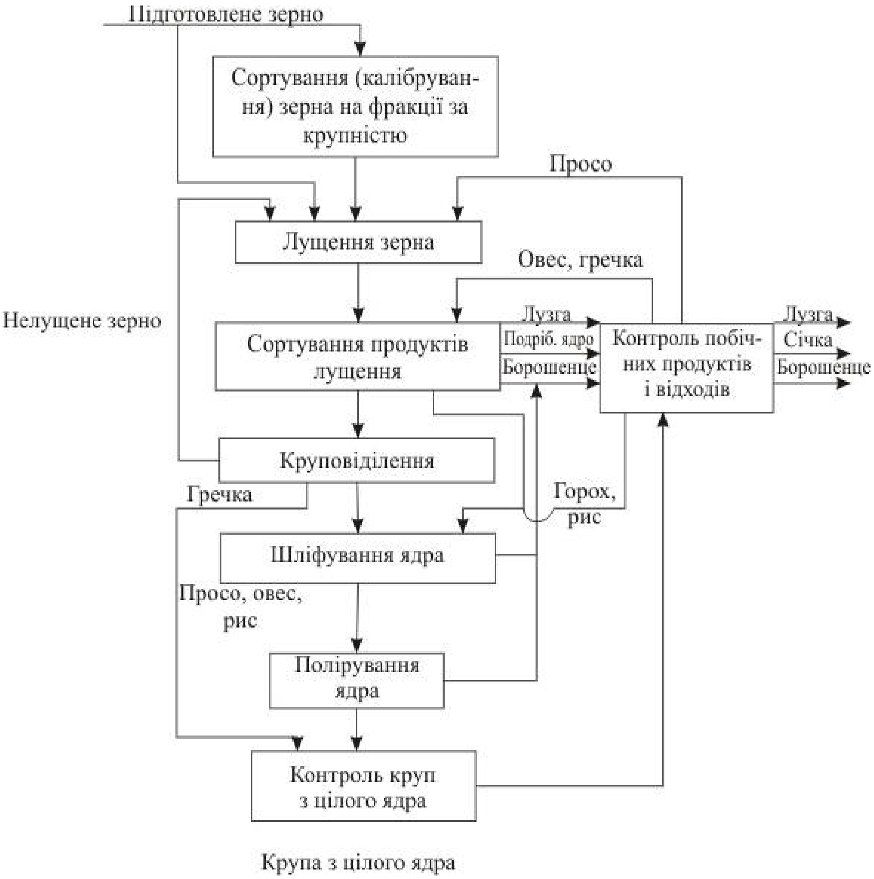


Схема 6. Схема переробки в крупи з цілого зерна.

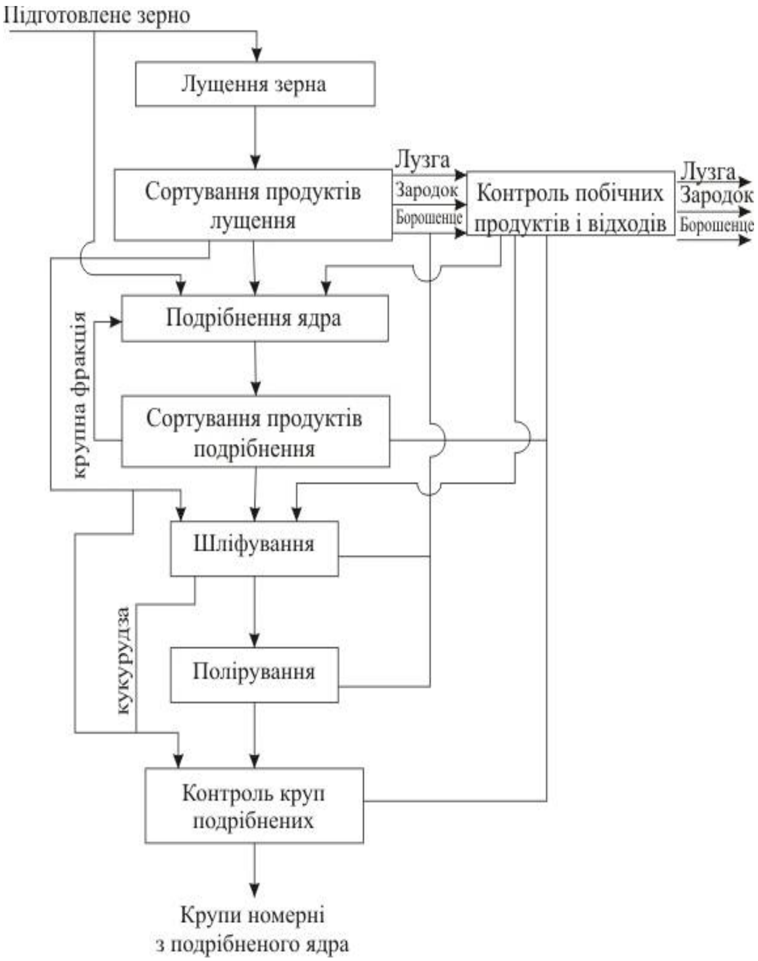


Схема 7. Схема переробки зерна в крупи з подрібненого ядра.

За виробництва більшості видів круп застосовують їхнє шліфування і полірування. Детально про всі ці технологічні операції буде сказано в розділі 14 «Асортимент та якість круп».

13.2. Відокремлення домішок

В зерновій масі, яка використовується для виготовлення круп, міститься насіння бур'янів, дефектні і дрібні зерна основної культури, органічні, мінеральні і металеві домішки. Основні машини для виділення цих домішок і схема очищення зерна представлені на рисунку 20.

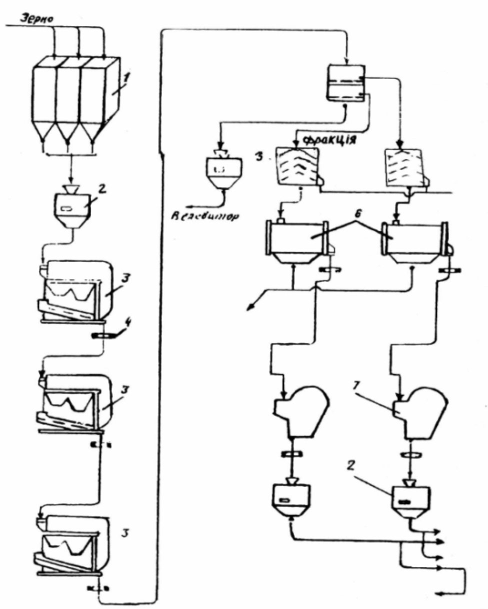


Рис. 20. Схема очищення зерна на крупозаводі:
1 – бункер; 2 – автоматичні ваги; 3 – сито-повітряні сепаратори; 4 – магнітний сепаратор; 5 – каменевідбірна машина; 6 – трієри; 7 – аспіратор

Різні розміри і форми зерна обумовлюють використання в сито-повітряних сепараторах сит з різними отворами. Якщо зерно має видовжену форму, використовують сита для видалення домішок

з продовгуватими отворами, якщо зерно круглої форми – з круглими отворами. Розміри отворів сит вибирають залежно від розмірів зерна (табл. 32).

Таблиця 32. Розміри отврів сит сито-повітряних сепараторів

Культура	**Система сепарування**	**Розміри отврів сит, мм**	
		сортувального	**підсівного**
Просо	Перша	Ø 4,0…4,5	1,5×20
	Друга	Ø3,5	1,7×20
	Третя	Ø3,5	1,7×20
Рис (округле зерно)	Перша	3,0…4,0×20	Ø3,6…4,0
	Друга	Ø5,5…6,0	2,5×20
	Третя	2,7…2,8×20	Ø3,0…3,2
Рис (довгасте зерно)	Перша	3,0…3,5×20	1,7…1,8×20
	Друга	2,5…2,8×20	1,8×20
	Третя	Ø5,5	Ø3,2
Гречка	Перша	Δ7,8	2,2…2,4×20
	Друга	Δ6,5…7,0	2,6×20
Овес	Перша	4,0…4,5×20	1,8×20
Ячмінь	Перша	4,5×20	2,2×20
	Друга	4,2×20	2,4×20
	Третя	4,0×20	2,2×20
Пшениця	Перша	3,5…4,0×20	1,7…2,0×20
	Друга	Ø4,5	2,4×20
	Третя	Ø3,5	1,7…2,0×20
Горох	Перша	Ø10	Ø5,0
	Друга	Ø10	Ø5,0
Кукурудза	Перша	Ø12	Ø5,0…5,5
	Друга	Ø12	2,7×20

Щоб краще просівалось зерно і домішки, потрібно змінити установлювальні пристрої і кінематичні параметри сит. За очищення трудносипучого зерна (рис, овес), збільшують кут нахилу сит, амплітуду або частоту коливань, а для проса і гороху суттєво зменшують кут нахилу сит і кінематичні параметри.

Для виділення домішок з зернової маси гречки використовують сита з трикутними отворами. Зерно гречки, маючи трикутну форму, проходить крізь отвори сит, а домішки, що мають кулясту чи циліндричну форму, крізь отвори цих сит не проходять. В той же час дрібні домішки можуть пройти крізь отвори сит разом з зерном, тому зернову масу гречки в процесі очищення поділяють на дві-три фракції на ситах з крупними отворами, після чого зерно кожної фракції очищають від домішок на ситах з трикутними отворами відповідних розмірів. Фракційний спосіб очищення використовують також за підготовки до переробки зерна рису, вівса.

Мінеральні домішки з зернових мас на круп'яних заводах відокремлюють на каменевідбірних машинах. Найефективніші вібропневматичні каменевідбірні машини, які можуть виділяти домішки з зернової маси будь-якої культури, в тому числі і грудочки землі.

Короткі і довгі домішки виділяють в трієрах. Для зернових мас проса і гречки використовують вівсюговідбірні машини, де відокремлюють довгі домішки. Для відокремлення домішок з зернової

маси проса використовують сита з отворами 3,5…4мм, гречки – 6…7мм. Для зерна, що має видовжену форму (овес), використовують куколевідбірні машини, розміри отворів яких становлять 6 мм. Для очищення зерна кукурудзи і гороху трієри не використовуються.

Після очищення зерна від домішок їхній вміст не повинен перевищувати значень, наведених в таблиці 33.

Таблиця 33. Вміст домішок в зерні після очищення, %

Культура	**Смітна домішка всього, не більше**	**в тому числі**			
		міне-ральна	**кукіль**	**сажка**	**гірчак і куче-рявий горошок**
Просо	0,3	0,1	-	0,03	0,02
Гречка	0,5	0,1	-	-	-
Овес	0,3	0,1	0,1	0,03	0,02
Рис	0,4	0,1	-	-	-
Ячмінь	0,4	0,1	-	0,03	0,02
Пшениця	0,4	0,1	0,1	0,03	0,02
Горох	0,5	0,05	-	-	-
Кукурудза	0,2	0,1	-	-	-

13.3. Гідротермічна обробка зерна

Гідротермічну обробку зерна круп’яних культур проводять з метою поліпшеня техноло-

гічних властивостей зерна; полегшення відокремлення оболонок під час лущення; зменшення подрібнення ядра; поліпшення споживчих властивостей крупи; поліпшення консистенції каші; збільшення стійкості крупи під час зберігання внаслідок інактивації ферментів, які сприяють псуванню крупи.

Способи гідротермічної обробки зерна круп'яних культур досить різноманітні, іхній вибір залежить від будови зерна, асортименту продукції, режиму обробки зерна та його впливу на зовнішній вигляд крупи.

Найпоширеніші способи гідротермічної обробки: пропарювання – сушіння – охолодження; зволоження – відволоження. Перший спосіб застосовують для зерна гречки, вівса і гороху. При цьому зерно нагрівають за температури понад 100°С, одночасно відбувається пропарювання за надлишкового тиску пари (0,15…0,30 МПа) протягом 3…5 хв. Пропарювання зволожує і прогріває зерно, пластифікує ядро, яке становиться менш хрупкішим, менше подрібнюється в процесі лущення і шліфування.

Пластифікація ядра відбувається також внаслідок деяких хімічних перетворень. Відбувається повна або часткова клейстеризація крохмалю і частковий гідроліз його з утворенням ряду проміжних колоїдних речовин (декстринів). У зв`язку з цим значно збільшується вміст у продукті водорозчинних речовин, кількість яких знаходиться в прямій залежності від властивостей крохмалю

і ступеня гідротермічної обробки. В процесі клейстеризації крохмалю спостерігається порушення внутрішньої структури крохмальних зерен і приєднання молекул води до їхніх звільнених гідроксильних груп, що сприяє збільшенню сухих речовин круп, які гідротермічно оброблені.

Ступінь клейстеризації крохмалю знаходиться в прямій залежності від кількості води, що бере участь в гідротермічній обробці, і тривалості цього процесу. На ступінь клейстеризації впливає також природа крохмалю. Відомо, що крохмаль різних круп відрізняється не лише співвідношенням амілази і амілопектину, але й фізико-хімічними властивостями, наприклад, температурними зонами клейстеризації.

Білкові речовини круп внаслідок теплової обробки зсідаються і коагулюють, причому цей процес необоротний, і у варено-сушених крупах і виробах з них білки представлені в коагульованому стані. Коагуляція білків веде до зменшення вмісту водорозчинних речовин у крупах, оскільки коагульований білок є гідрофобним. Особливо помітне зменшення водорозчинних речовин після гідротермічної обробки в зернобобових, які містять велику кількість білкових речовин. Відомо, що коагульовані білки краще засвоюються організмом людини. Проте треба мати на увазі, що надмірна дія тепла може призвести до значних необоротних процесів у білковій молекулі, наприклад, до початкової стадії протеолізу, що інколи може

викликати зменшення засвоюваності білкового азоту.

Гідротермічна обробка, що проводиться за підвищеного тиску і температури, зумовлює деякий гідроліз клітковини, що робить доступнішими харчові речовини окремих клітин. Під час сушіння первинна структура клітковини не відновлюється, піддається гідролізу й геміцелюлоза, а протопектин перетворюється в розчинний пектин. В процесі гідротермічної обробки спостерігаються реакції між редукуючими цукрами та іншими вуглеводами, які містять альдегідні групи з амінокислотами, за яких утворюються коричневозабарвлені речовини – меланоїдини. Якщо їх утвориться багато, то якість готового продукту може суттєво погіршитись.

Гідротермічна обробка інактивує ферменти, в тому числі моноацилгліцерол – ліпазу і ліпоксигеназу, які сприяють згіркненню жиру, і тим самим вона запобігає появі в крупі гіркоти. Дихання зерна після гідротермічної обробки майже повністю припиняється. Все це збільшує стійкість крупи (вівсяної, гречаної) під час зберігання. Квіткові плівки вівса, проса, ячменю, рису і плодові оболонки гречки стають еластичними, а ядро міцнішим, що полегшує лущення зерна, забезпечує збільшення виходу доброякісної крупи, зменшення кількості клітковини, мінеральних і водорозчинних речовин.

Після пропарювання проводять сушіння зерна, яке збезводнює зовнішні плівки. Внаслідок втрати води вони робляться крихкішими і легше

розколюються під час лущення, а оболонки зерна відшаровуються.

Охолодження після сушіння додатково зменшує вологість зерна, холодні оболонки крихкіші. Охолоджують зерно в спеціальних колонках, або в аспіраторах, або в системах пнемо-транспорту. Охолодження зерна також може погіршити його якість після лущення, внаслідок того, що охолоджене ядро робиться менш еластичнішим, і можливе збільшення виходу подрібненого ядра. Тому температура охолодженого зерна повинна бути не більша ніж на 6…8°С від температури в виробничому приміщені.

Другий спосіб (зволоження – відволоження) застосовується в основному для зерна пшениці і кукурудзи. Зволожене зерно набуває підвищеної пластичності, менше кришиться під час лущення; зовнішні оболонки частково відшаровуються і легко відокремлюються. Зерно пшениці зволожують до вологості 14,5…15,0%, кукурудзи – 15,0…16,0%, тривалість відволоження зерна пшениці 0,5 …2 години, кукурудзи – 2…3 години.

13.4. Лущення зерна

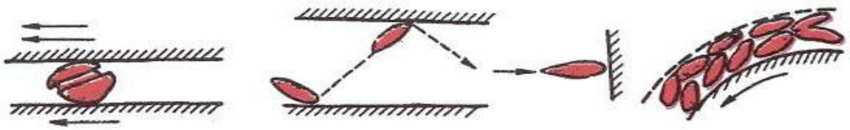
Це одна з основних операцій, від ефективності якої в значній мірі залежить вихід і якість крупи. Сутність процесу лущення полягає у відокремленні зовнішніх оболонок – квіткових, плодових або насінних - від ядра.

У зв'язку з великою різноманітністю влативостей зерна круп'яних культур застосовують різні способи його лущення. Вибір способу лущення і лущильних машин, в яких здійснюються ці способи, залежить від кількох факторів. По-перше, має велике значення міцність зв'язку оболонок і ядра: міцний – оболонки зрослись з ядром, неміцний – оболонки з ядром не зрослись. По-друге, вибір способу лущення залежить від міцності ядра. По-третє, має значення асортимент крупи, що виробляється з даного зерна, тобто виробляється ціла чи подрібнена крупа.

Перед подачею зерна на лущильні машини розділяють його на фракції, тобто калібрують. Внаслідок цього можна точніше підібрати робочий зазор в лущильних машинах, що поліпшує ефективність лущення; ретельніше виділити домішки та розділити лущені і нелущені зерна після лущення.

Основними способами впливу робочих органів машин на зерно вважаеться три: стискання і зрушення, багаторазові або одноразові удари, інтенсивне стирання плівок гострошорсткою поверхнею робочих органів лущильної машини (рис. 21).

Спосіб стискання і зрушення полягає в стисканні зерна між двома поверхнями, віддаль між якими дещо менша розмірів зерна, що викликає стискання і розколювання плівок, а внаслідок відносного руху поверхонь їхне зрушення і відокремлення від ядра. Так можна лущити зерно рису, вівса, гречки, проса.



Рис, овес, гречка, просо.	Овес, ячмінь, кукурудза, пшениця.	горох, ячмінь, пшениця, кукурудза.
Шліфувальний посад, вальцьодековий верстат, лущильник з гумовими вальцями	Оббивні машини, відцентровані лущильники	Лущильно-шліфувальні машини
А	Б	В

Рис. 21. Способи лущення зерна:
А – лущення стисканням і зрушенням;
Б – лущення багаторазовим і одноразовим ударом;
В – лущення шляхом інтенсивного стирання плівок.

Другий спосіб лущення базується на відокремленні плівок за одноразового або багаторазового ударів зерна об тверду поверхню. Лущити одноразовим ударом можна лише зерно вівса. За багаторазових ударів можна виробляти лише подрібнену крупу з зерна ячменю, пшениці, кукурудзи.

Третій спосіб лущення – інтенсивне стирання плівок або оболонок використовується в основному для лущення зерна, у якого оболонки зрослися з ядром. Це – ячмінь, пшениця, кукурудза, горох.

Залежно від способу лущення та культури використовуються різні машини та установки. Для лущення зерна способом стискання та зрушення використовується машина А1-ЗШН-3. Ця машина

використовується в основному для лущення зерна вівса.

Вальцьодековий постав використовують для лущення зерна гречки і проса (рис. 22).

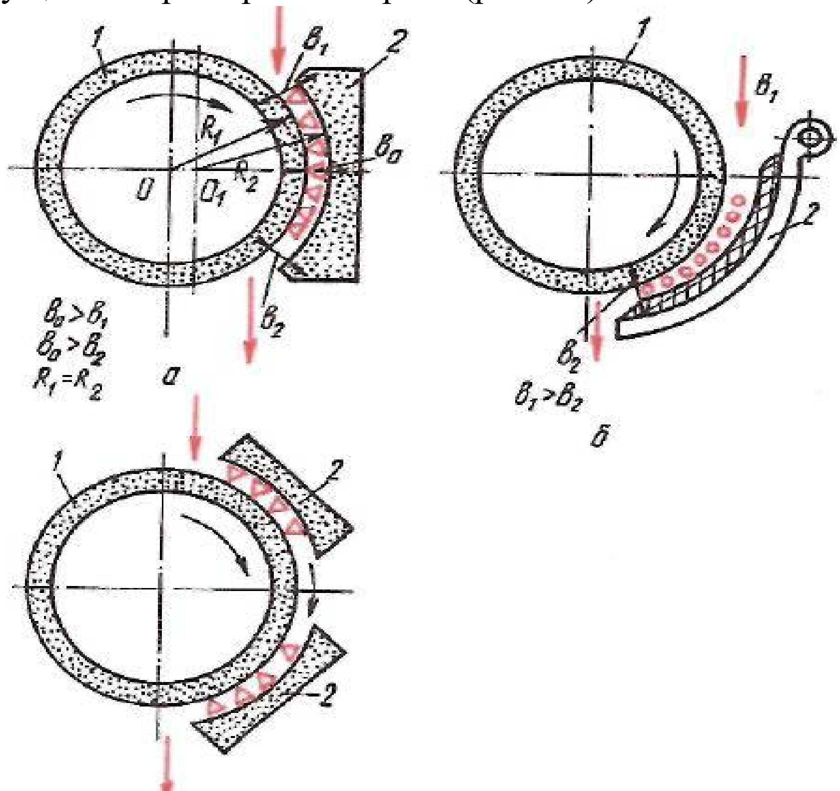


Рис. 22. Схема розмішення робочих органів вальцьодекового поставу для лущення гречки (а) і проса (б):

Основними машинами, в яких зерно лущиться багаторазовими ударами, є бильні (оббивні) машини.

Ефективність лущення зерна може регулюватися зміною швидкості оберту ротора, а також рівнем зерна в робочій зоні, який в свою чергу залежить від кута нахилу бил і положення затулки на вихідному отворі циліндра.

Лущення зерна одноразовим ударом відбувається в відцентрових лущильниках. Принцип роботи лущильника ґрунтується на ударі зерен, розсіяних відцентрованою силою в роторі з радіальними або нахиленими під деяким кутом до радіусу ротора каналами, об відбивну поверхню (рис. 23).

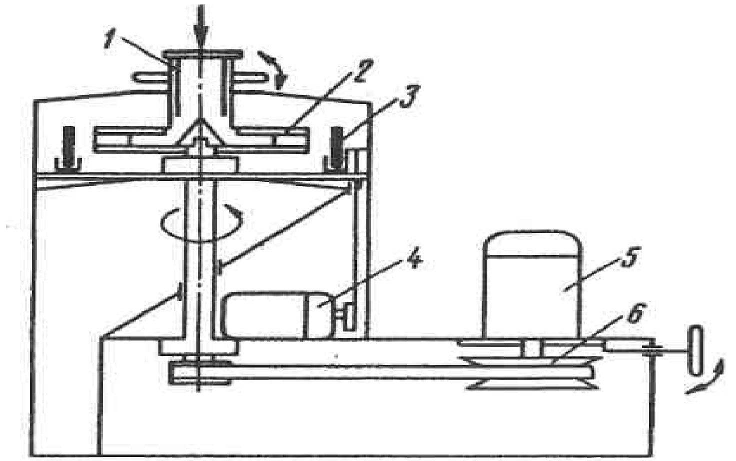


Рис. 23. Схема відцентрованого лущильника:

1 - приймомна труба; 2 – лопатевий ротор; 3 – ударна дека; 4 – мотор-редуктор; 5 – електродвигун; 6 – варіатор швидкості.

У такому лущильнику можна лущити зерно вівса. Основною машиною для лущення зерна довготривалим розтиранням є вертикальна лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3 (рис. 24).

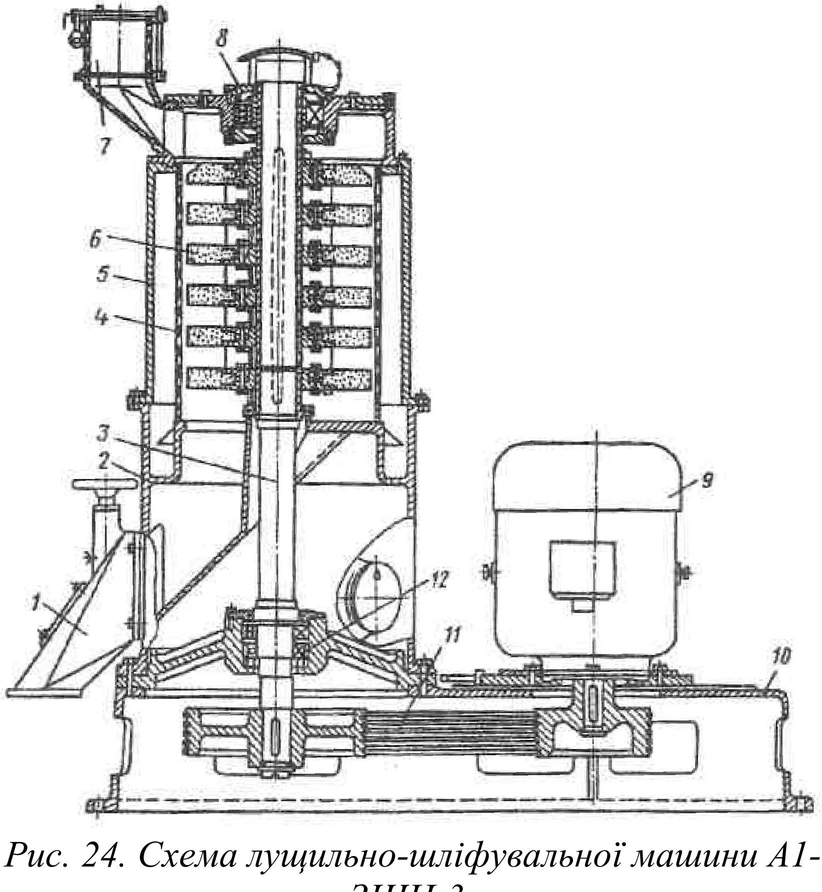


Рис. 24. Схема лущильно-шліфувальної машини А1-ЗШН-3:

1 – випускний патрубок; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – ситовий циліндр; 5 – корпус робочої камери; 6 – абразивний диск; 7 – приймний патрубок; 8, 12 – підшипники; 9 – електродвигун; 10 – станина; 11 – клиноремінна передача

Перевагою цієї машини є її універсальність, тому що вона може використовуватися не лише для лущення, але й для шліфування продуктів переробки.

Ефективність процесу лущення визначають за допомогою кількісної і якісної оцінки. Кількісну оцінку ефективності процесу лущення визначають за допомогою коефіцієнта лущення, який розраховують за формулою:

$$Кл = \frac{H1 - H2}{H1},$$

де: $К_л$ - коефіцієнт лущення;

$Н_1$ – вміст нелущених зерен в продукті, що надходить на лущення;

$Н_2$ – вміст нелущених зерен в продукті після лущення,%

Якісну оцінку процесу лущення визначають за допомогою коефіцієнта цілісності ядра, який розраховують за формулою:

$$Кц.я. = \frac{Я}{Я + П + Б},$$

де: $К_{ц.я.}$ – коефіцієнт цілісності ядра;

Я – приріст цілого ядра,

П – подрібненого ядра;

Б – борошенця в процесі лущення, %.

Продукт кожного з цих компонентів визначається як різниця між його кількістю в продукті до лущення і після лущення.

13.5. Сортування продуктів лущення

Після лущення зерна одержують суміш, яка включає п’ять фракцій продуктів: зерно або ядро – це основна фракція; нелущені зерна – вони залишаються за будь-яких умов лущення; лузга – це оболонки (плівки), які відокремились в процесі лущення; подрібнене ядро різних розмірів; борошенце. Борошенце і подрібнене ядро мають дрібні розміри, їхнє відокремлення проводять шляхом просіювання крізь сита з отворами згідно культур. Лузга відокремлюєтся повітряним потоком (рис. 25).

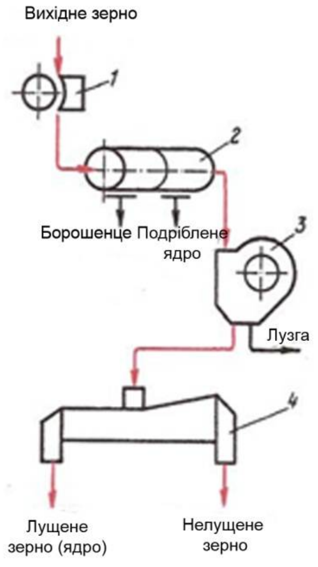


Рис. 25. Схема сортування продуктів лущення.
1 – лущильна машина;
2 – машина для просіювання продуктів лущення;
3 – аспіратор;
4 – машина для відокремлювання крупи.

Якщо є можливість розділити суміш лущених і нелущених зерен, то на повторне лущення подають лише нелущене зерно, якщо такої можливості нема, то на повторне лущення подають усю суміш. У першому випадку застосовують схему лущення з

проміжним відбиранням ядра, у другому – схему лущення без проміжного відбирання ядра (рис. 26).

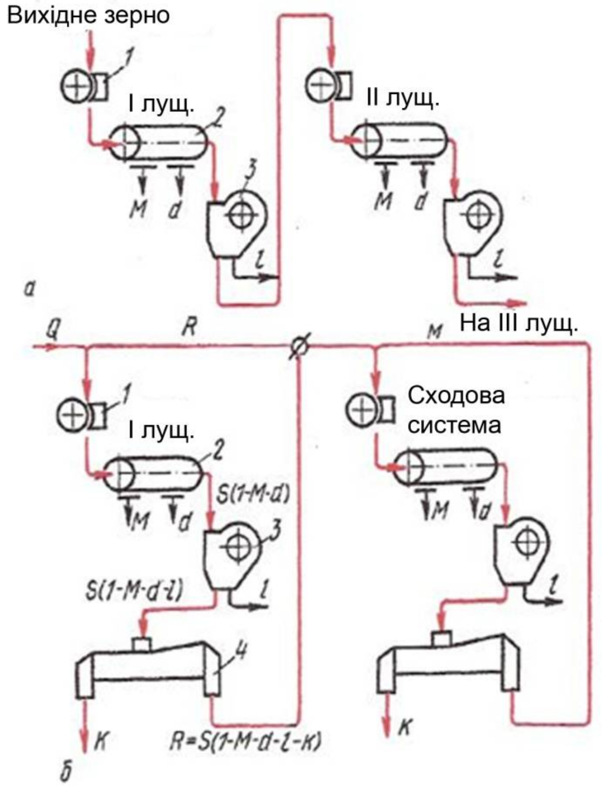


Рис. 26. Схема лущення зерна:

а - без проміжного відбирання ядра;
б - з проміжним відбиранням ядра;
1-лущильна машина;
2-бурат;
3-аспіратор;
4-круповідбірна машина.

В процесі лущення зерна, у якого плівки зрослися з ядром (рис, овес, гречка і просо), поряд з повністю лущеними і нелущеними зернами будуть зерна частково лущені з різною кількістю плівок. Розділити таку суміш можна лише за допомогою сортувальних машин, які діють за принципом поділу компонентів на основі їхніх властивостей (товщина, довжина, розмір тощо). Для поділу використовують ту ознаку, яка є найістотнішою. Наприклад, зерно гречки поділяють за ознакою розмір, для цього використовують машини для просіювання (розсійники, крупосортувальні машини); зерна вівса – за довжиною, використовуючи трієри; зерна рису, вівса, проса – за комплексом властивостей на круповідбірних машинах (падді-машини, самотічні круповідбірні машини).

13.6. Шліфування, полірування і подрібнення ядра

Процес шліфування полягає в поступовому стиранні зовнішніх частин ядра внаслідок інтенсивного тертя його об абразивну або іншу гострошорстку поверхню, а також взаємного тертя ядер. Під час шліфування ядра витримують велике навантаження, що призводить до подрібнення деяких з них. Наприклад, під час шліфування рисового ядра утворюється значна кількість січки.

Для шліфування крупи використовують лущильно-шліфувальні машини А1-ЗШН-3, валкові станки для шліфування пшона, шліфувальні посади

РС-125 та шліфувальні машини А1-БШМ. Найбільше поширення мають шліфувальні посади для шліфування рисового і вівсяного ядра (рис. 27).

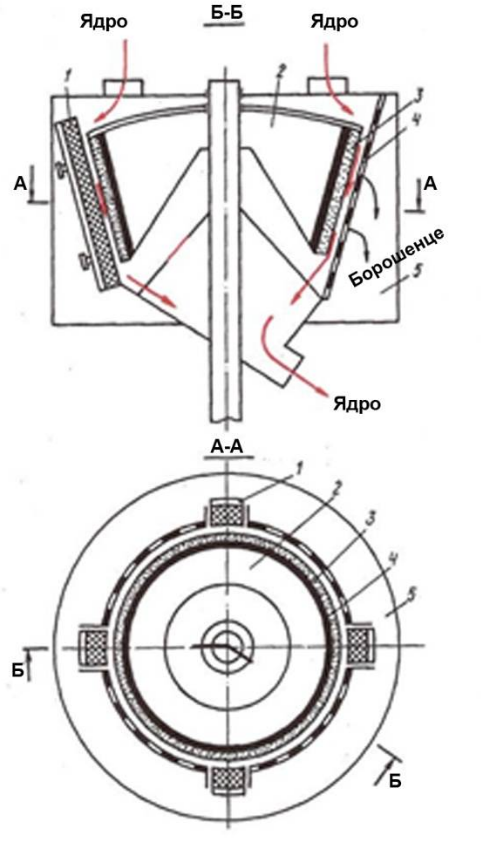


Рис.27. Схема шліфувального посаду:

1-гумова колодка; 2-шліфувальний конус; 3-абразивна робоча частина конуса; 4-ситова обичайка; 5-корпус.

Для шліфування і полірування подрібненої крупи – перлової, ячної, пшеничної, кукурудзяної, горохової використовують мишини типу ЗШН.

Крім шліфування, крупу також і полірують. Полірування поліпшує зовнішній вигляд крупи. При цьому з поверхні ядра видаляється борошенце, загладжуються подряпини, крупа становиться світлішою і яскравішою.

Внаслідок шліфування і полірування крупі надається певна форма, однорідність, змінюється хімічний склад, збільшується засвоюваність, смакові і кулінарні властивості поліпшуються. Після шліфування і полірування в крупі зменшується зольність, вміст клітковини, жиру і білка, збільшується вміст крохмалю, зменшуються біологічно важливі речовини (вітаміни, макро- і мікроелементи). Вміст тіаміну, наприклад, в рисі лущеному становить 4…5 мг/кг, в рисі шліфованому – 1,5, а в рисі поліорованому – лише 0,5 мг/кг; вміст фосфору в рисовій крупі після шліфування зменшується на 80,5%, калію – на 83, кальцію – на 70, заліза – на 83%; у вісяній крупі вміст фосфору зменшується на 30%, калію на – 49, кальцію – на 60, заліза – на 75%.

Виготовлення деяких круп вимагає подрібнення або розрізання крупи чи ядра на частинки. Таке подрібнення застосовують для виробництва перлової і пшеничної крупи, подрібненої вівсяної крупи і пластівців з цієї крупи. Для подрібнення ядра використовують вальцьові станки, для вівсяної крупи – спеціальні крупорізки, для кукурудзяної – дежермінатори.

Контрольні питання

1. Яка структурна схема виробництва круп?
2. Які сита використовують для очищення домішок в зерні гречки, вівса, проса?
3. Які є способи гідротермічної обробки зерна?
4. Для чого проводять гідротермічну обробку зерна?
5. Від яких факторів залежить вибір способу лущення зерна?
6. Які одержують продукти після лущення зерна?
7. Які є способи обробки ядра?

Розділ 14
ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА КРУП ТА ЇХНЯ ЯКІСТЬ

14.1. Пшоно

Пшоно виробляють з зерна проса, яке відрізняється перш за все кольором плівок: біле, кремове, червоне, жовте, сіре, а також дещо формою. Кращі технологічні властивості мають сорти проса з жовтими і кремовими, а також з червоними плівками. На якість пшона, крім цього впливає ураження рослин проса патогенами, борошнистою сажкою і меланозом. Маране зерно є непридатним для перероблення на крупу. Меланозні зерна зменшують вихід крупи і погіршують її органолептичні властивості. Каша з такої крупи набуває сіруватого відтінку і неприємного смаку. Меланозні зерна мають меншу механічну міцність, легко руйнуються під час лущення, внаслідок чого зменшується вихід крупи.

Підготовка зерна до переробки включає очистку його від домішок і відокремлення дрібного зерна. Основна очистка зерна здійснюється в повітряно-ситових сепараторах, каменевідбірних машинах. Важковідбірні домішки, а також дрібне зерно видаляють, застосовуючи фракційний метод

сепарування в круп'яних розсівах А1-БРУ з поділом зерна на крупну і дрібну фракції (рис. 28).

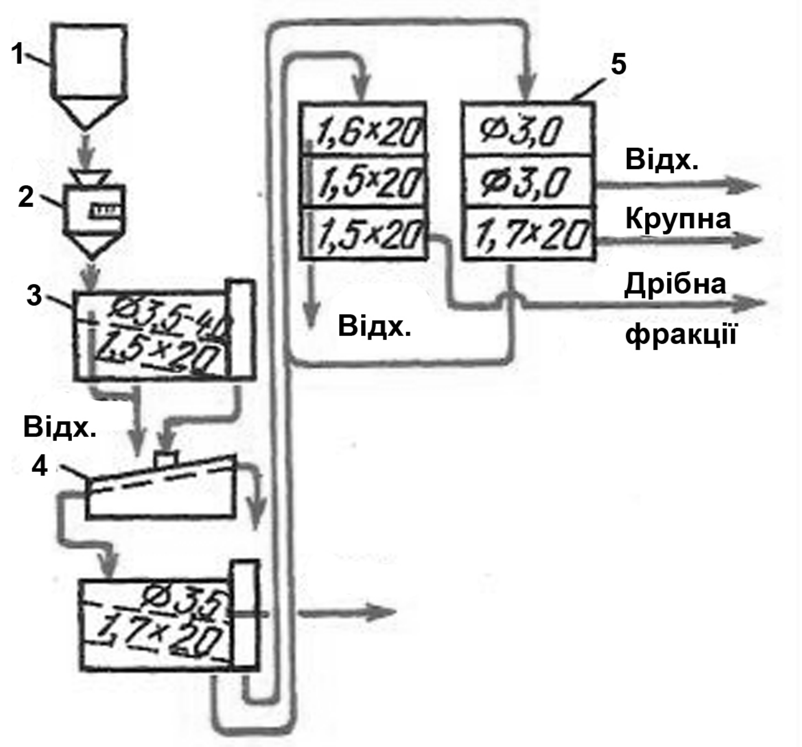


Рис. 28.Схема підготовки зерна проса до переробки:

1-бункер; 2-автоматичні ваги; 3-сепаратори; 4-каменевідбірник; 5-розсійники А1-БРУ.

Лущать зерно за схемою без проміжного відбору зерна, використовуючи в основному однодекові або дводекові вальцедекові верстати. Робочими органами верстатів є вальці, покриті абразивною масою з дрібнозернистого шліфзерна.

Робоча поверхня деки виготовляється з гумовотканинних пластин або з спеціального поліуретана. Для ефективного лущення на першій системі лущать роздільно зерно крупної і дрібної фракцій, що забезпечує лущення 80…90% зерна (рис.29).

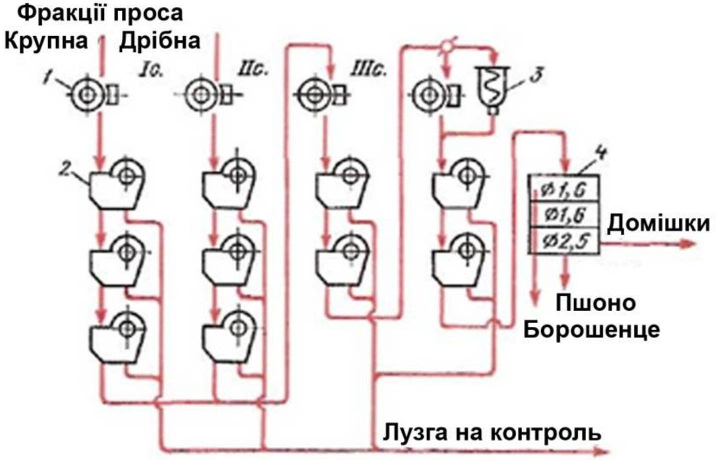


Рис. 29. Схема переробки зерна проса в крупу – пшоно :

1 - вальцьодекові верстати; 2 - аспіратори; 3 - шліфувальна машина У1-БШП; 4 - розсійник А1-БРУ

Після лущення подрібнені зерна і борошенце разом з лущеним зерном і лузгою триразово сепарують в повітряних сепараторах. Суміш лущених і нелущених зерен крупної і дрібної фракцій об’єднують і подають на другу, а потім на третю систему лущення. Після цього лузгу відокремлюють в повітряних сепараторах.

Шліфування крупи проводять на машинах А1-ЗШН-3 або в гвинтопресових машинах У1-БШП.

Контроль крупи здійснюють просіюванням її в розсійниках або в крупосортувалках, де відокремлюють роздрібнені зерна і борошенце, а також деякі домішки, що залишились в крупі. Після відокремлення в аспіраторах легких домішок і магнітного контролю крупу подають в бункери для готової продукції.

Виробляють пшоно шліфоване вищого, першого і другого сорту. Якість його повинна відповідати таким вимогам (табл. 34).

Пшоно шліфоване може бути також білого кольору, але кращими споживчими властивостями характеризуються крупи жовтого кольору. Вони мають склоподібне ядро і високі смакові якості. Каша з таких крупів є розсипчастою. Крупи білого кольору мають борошнисте ядро. Тривалість варіння пшона – 40…50 хв. Крупи в процесі варіння збільшуються в об’ємі.

Таблиця 34. Якість сортів пшона

Показники	Вищий	Перший	Другий
Колір	Жовтий різних відтінків		
Смак	Властивий пшону, без сторонніх присмаків		
Запах	Властивий пшону, без затхлості, плісняви		
Доброякісність ядра, %, не менше	99,2	98,7	98,0
в т. ч. битих ядер, %, не більше	0,5	1,0	1,5
Смітна домішка, %, не більше	0,3	0,4	0,4
в т.ч.:			
мінеральна	0,05	0,05	0,05
шкідлива	0,05	0,05	0,05
з них гірчаку і кучерявого горошку	0,02	0,02	0,02
Зіпсоване ядро, %, не більше	0,2	0,5	0,8
Необлущених зерен, %, не більше	0,3	0,4	0,6
Вологість, %, не більше	14	14	14

Виробляють також пшоно нешліфоване, яке за хімічними показниками суттєво відрізняється від шліфованого. В ньому більший вміст білка, мінеральних речовин, зокрема фосфору, жиру, менший вміст крохмалю порівняно з шліфованим.

14.2. Гречана крупа

Процес підготовки зерна гречки включає його очистку від домішок, гідротермічну обробку і фракціонування (рис.30).

Схема ситового сепарування з використанням сит з круглими, довгастими і трикутними отворами в поєднанні з фракціонуванням дозволяє досить ретельно видалити основну масу домішок.

Спочатку проводять фракціонування на ситах з

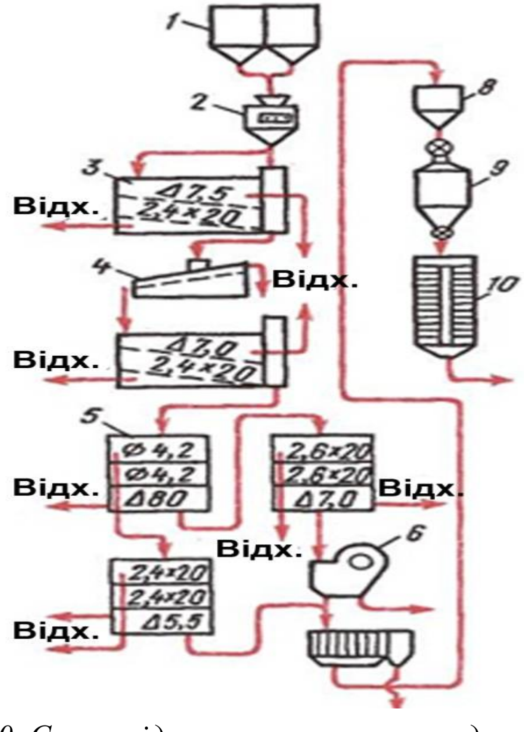


Рис. 30. Схема підготовки зерна гречки до переробки: 1-бункер; 2-автоматичні ваги; 3-сепаратори; 4-каменевідбірник; 5-розсійники А1-БРУ; 6-аспіратор; 7-трієр-вісюговідбірник; 8-бункер над пропарником; 9-пропарник періодичної дії; 10-сушарка

круглими отворами, а потім просівають фракції на ситах з продовгуватими і трикутними отворами, розміри яких підбирають, виходячи з крупності зерна.

Гідротермічна обробка зерна гречки проводиться шляхом пропарювання в пропарниках періодичної дії А9-БПБ. Режим пропарювання – тиск пари 0,25…0,3 МПа протягом 5 хв.

Сушать пропарене зерно до вологості не більше 13,5%, потім зерно охолоджують або в аспіраторах, або в спеціальних охолоджувальних колонках. Перед лущенням зерно гречки поділяється на 3…6 фракцій крупності. Для калібрування зерна використовують розсійники А1-БРУ. Після цього зерно кожної фракції лущать, а продукти їхнього лущення сортують (рис. 31).

Сортування продуктів лущення проводять в розсійниках А1-БРУ або А1-ЗРШ, в яких одержують ядро, нелущені зерна, продiл з борошенцем.

Контроль крупи здійснюють в розсійниках або в крупосортувалках, де на ситах з круглими і трикутними отворами видаляють додатково домішки, а на ситах з отворами 1,6х20 мм – продiл і борошенце. Ядро одержують сходом з цього сита. Після провіювання крупи в аспіраторах ядро пропускають крізь концентратор або падді-машину для додаткового виділення домішок.

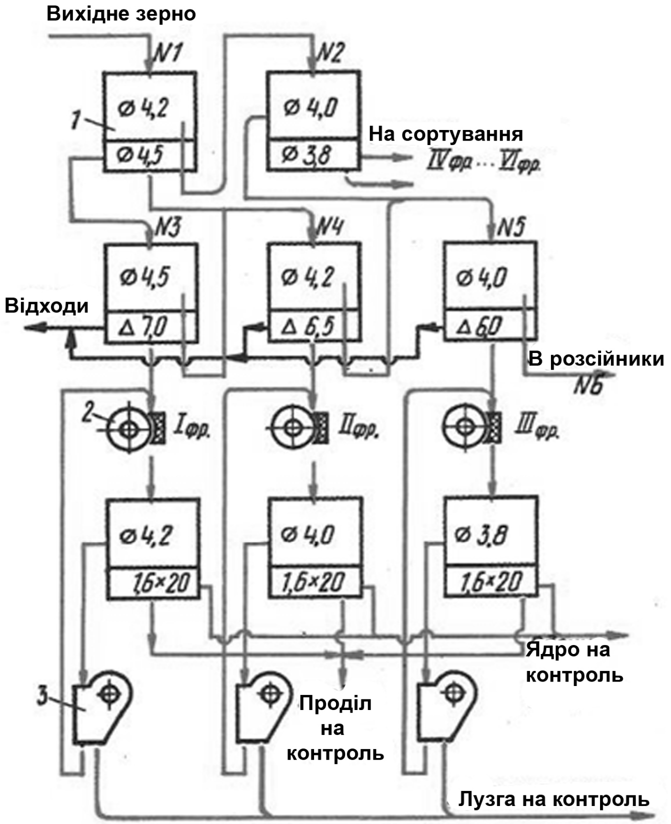


Рис. 31. Схема переробки зерна гречки в крупу:

1-розсійники; 2-вальцьодекові верстати; 3-аспіратори

Гречана крупа поділяється на ядро першого і другого сорту та проділ. Звільнене від плівок і нероздроблене зерно гречки називається ядром, а роздроблене – проділом. Якість крупи залежить від

вмісту в ній доброякісного ядра, домішок, подрібненої крупи, нелущених зерен (табл. 35).

Таблиця 35. Показники якості гречаної крупи

Показники	**Сорт**		
	1	**2**	**проділ**
Ядро доброякісне, %	99,2	98,4	97,5
в т.ч. бите, %	3,0	4,0	5,0
Смітні домішки, %	0,4	0,5	0,6
в т.ч. мінеральні, %	0,05	0,05	0,05
Зіпсовані ядра, %	0,2	0,4	1,2
Нелущені зерна, %	0,3	0,4	0,7
Металеві домішки, мг/кг	3	3	3
Вологість, %, не більше	14	14	14

Залежно від технології виготовлення ядро поділяють на звичайне та швидко розварюване, проділ також поділяють на звичайний і швидкорозварюваний. Швидкорозварювані гречані крупи виготовляють термічною обробкою звичайних гречаних круп. Колір крупи зеленкуватий або кремовий. Тривалість варіння крупи ядро звичайне від 30 до 40 хв., швидкорозварюваної – 15…20 хв. Крупа ядро в процесі варіння збільшується в об'ємі у 5…6 разів. Це підвищує поживні властивості. Проділ вариться швидше ядра (біля 20 хв.), проте він характеризується гіршими споживчими властивостями. Каша, виготовлена з продіялу, має в'язку консистенцію. Проділ на сорти не поділяють. Випускають також крупи, що не потребують варіння.

14.3. Рисова крупа

В підготовчому відділенні крупозаводу проводять очистку зерна від домішок шляхом просіювання всієї маси в повітряних сепараторах. При цьому зерно поділяється на дві-три фракції, які подаються на друге сепарування. Розміри отворів сит на системах другого сепарування підбирають відповідно до розмірів зерна кожної фракції. Для зерна округлої форми підбирають сита з круглими отворами, видовженої – з продовгуватими. Мінеральні домішки виділяють з кожної фракції в камене-відбірниках (рис. 32).

Гідротермічну обробку зерна рису не проводять, хоча є потреба збільшити міцність ядра.

Головною причиною, що не дозволяє використовувати цей процес, є те, що під час прогрівання зволоженого зерна рису ядро набуває жовтого або коричневого кольору, що погіршує споживчі властивості крупи. Зміна кольору ендосперму відбувається внаслідок реакції білків з цурками, що є наслідком утворення меланоїдинів.

Очищене зерно від домішок надходить в лущильне відділення крупозаводу. Тут здійснюють операції лущення, сортування, шліфування, а в деяких випадках і полірування готової крупи.

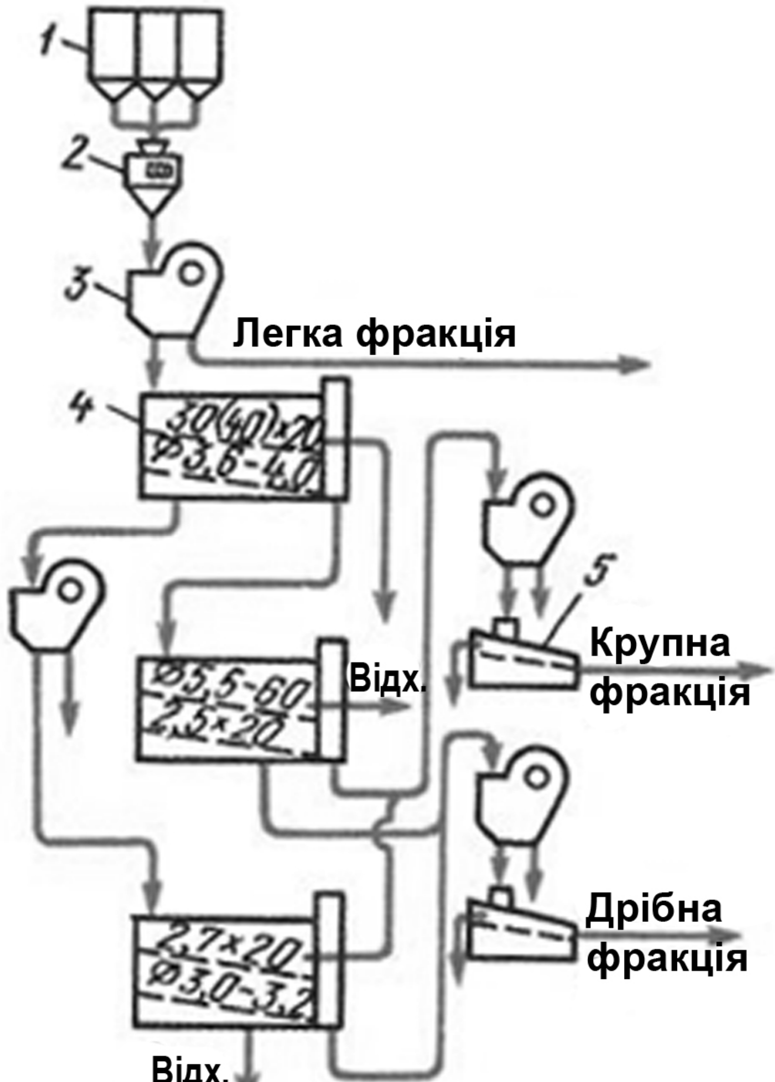


Рис.32.Схема підготовки зерна рису до переробки:

1-бункери; 2-автоматичні ваги; 3-аспіратори; 4-сепаратори; 5-каменевідбірники

Основною машиною для лущення рису є двовальцьовий лущильник з вальцями, покритими гумою або поліуретаном. Сортування продуктів лущення проводять в аспіраторах, де видаляється лузга, борошенце і дрібна січка (рис. 33).

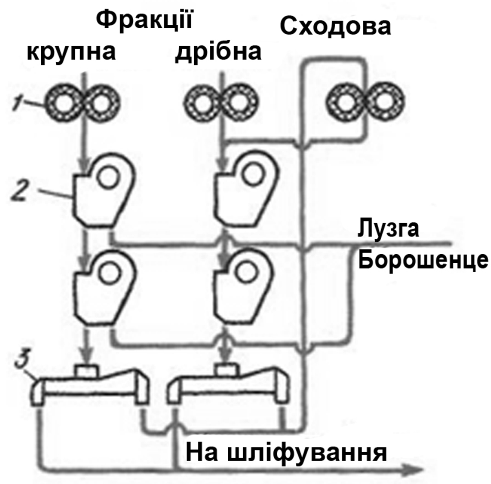


Рис. 33. Схема лущення і сортування продуктів лущення зерна рису:

1-двовальцьові лущильники; 2-аспіратори; 3-падді-сепаратори

Виділені лущені зерна направляють на шліфування, нелущені зерна – на повторне лущення. Шліфування крупи відбувається багаторазовим пропуском її крізь робочі органи спеціальних шліфувальних машин. При цьому з поверхні кожного ядра знімаються плодові і насінні оболонки, видаляється зародок. Після шліфування для відокремлення борошенця використовують повітряні сепаратори.

В процесі шліфування ядра істотно змінюється хімічний склад крупи: на 1,0…1,5% зменшується вміст білка, жиру, в 1,5…2 рази – клітковини, на 2…4% збільшується вміст крохмалю.

Рисові крупи залежно від технології виготовлення поділяють на шліфовані не подрібнені, а також подрібнений рис, або січку, як побічний продукт. Крупа шліфована поділяється на екстра, вищий, перший, другий і третій клас, подрібнений рис на класи не поділяється. Рисова крупа за якістю повинна відповідати таким вимогам (табл.36).

Рисові крупи характеризуються добрим смаком, приємним зовнішнім виглядом, високою засвоюваністю, вони широко використовуються для дитячого та дієтичного харчування. Тривалість варіння рисових круп 30..40 хв.

Таблиця 36. Показники якості рисової крупи

Показник	**Характеристика і норми для крупи сортів:**					
	екстра	**ви-щий**	**пер-ший**	**дру-гий**	**третій**	**подріб-нений**
1	2	3	4	5	6	7
Колір	Білий	Білий з різними відтінками				
Запах	Властивий рисовій крупі					
Смак	Властивий рисовій крупі без присмаків					
Вміст довгого ядра, % (довжина / ширина = 2,3...3,9)	90	-	-	-	-	-
Доброякіс-ність, %, не менше	99,7	99,7	99,4	99,1	99,0	98,2
в т.ч., рису подрібненого, не більше, %	4,0	4,0	9,0	13,0	25,0	-
вологість ,%, не більше	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5

продовження таблиці 36

1	2	3	4	5	6	7
пожовкле ядро	не допус-кається	0,5	2,0	6,0	8,0	-
крейдяні зерна	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	8,0
ядра з червоними смужками	не допус-кається	1,0	3,0	8,0	10,0	не обмежу-ється
червоні ядра	не допускається				1,0	не нормуєть-ся
глютинозні ядра	0,5	1,0	2,0	2,0	3,0	-
Облущені зерна просянки, %, не більше	-	-	-	-	-	3,0
Необлущені зерна, %, не більше	не допускається		0,2	0,3	0,3	-
Смітна домішка, %, не більше	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,8
в т.ч.: мінеральна	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10
органічна	не допускається		0,05	0,05	0,05	0,05
Металева домішка,не більше, мг/ кг	3	3	3	3	3	3
Мертвих шкідників, екземпляр, кг, не більше	не допускається		15	15	15	15

14.4. Вівсяні крупи

В підготовчому відділенні крупозаводу зерно вівса очищають від домішок, проводять гідротермічну обробку і поділ на фракції.

Схема очистки зерна від домішок включає повітряно-ситовий сепаратор, каменевідбірник, а також розсійники для додаткового виділення дрібного зерна проходом крізь сита з отворами розміром 1,8х20 мм і поділу зерна на фракції на ситах з отворами 2,2×20 мм(рис. 34).

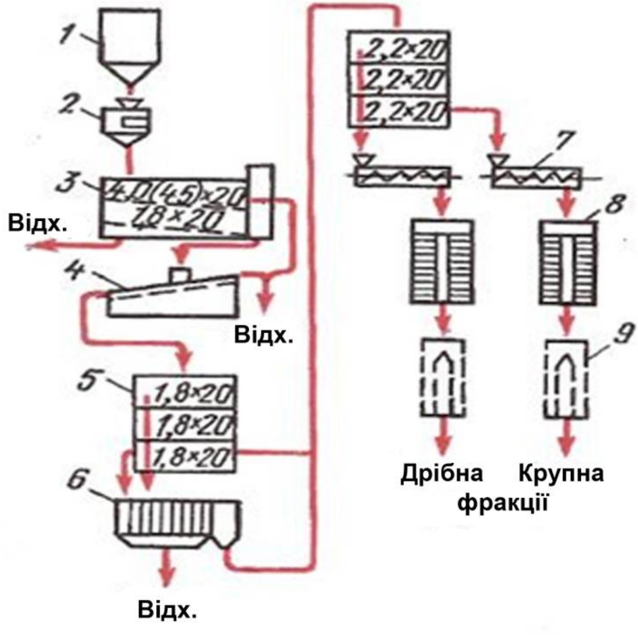


Рис. 34. Схема підготовки зерна вівса до переробки: 1-бункер; 2-автоматичні ваги; 3-сепаратори; 4-камене-відбірник; 5-розсійник А1-БРУ; 6-трієр-

куколевідбірник; 7-пропарювач безперервної дії; 8-сушарка; 9-охолоджувальна колонка.

Дрібну фракцію зерна направляють в трієр-куколевідбірник для видалення коротких домішок, крупну – в вівсюговідбірник для видалення довгих домішок. Потім дрібне зерно додатково просівають в розсійнику або бураті на ситах з отворами розміром 1,4…1,5×20 мм.

Гідротермічну обробку зерна проводять окремо кожної фракції. Для пропарювання зерна використовують пропарники безперервної дії – шнекові, вертикальні. Тривалість пропарювання 5 хв. Гідротермічна обробка зерна, крім зміцнення ядра, ліквідує гіркуватий присмак, характериний для вівсяної крупи, зумовлює глибокі зміни вуглеводного комплексу, що підвищує атакованість крохмалю ферментами. Кількість продуктів ферментативного гідролізу крохмалю відображає ступінь руйнування його природної структури під час технологічного процесу.

Сушіння зерна проводять в шахтних контактних сушарках до вологості не більше 10% за наступного лущення зерна в лущильних посадах і до 10…14% за лущення в відцентрованих лущильниках і оббивних машинах.

Технологічна схема переробки зерна вівса в крупу включає лущення зерна, сортування продуктів лущення, шліфування крупи, контроль крупи і відходів. Переробку зерна крупної і дрібної фракцій

здійснюють роздільно. Ядро, виділене з крупо-відбірних машин крупної і дрібної фракцій, шліфують в посаді РС-125, потім контролюють крупу, відсіваючи січку і борошенце проходом сита з отворами 2,5х20 мм. Одержану крупу віють в аспіраторах і двічі сепарують в падді-машинах для додаткового видалення не подрібнен зерен.

Вівсяна крупа поділяється на не подрібнені, плющену (вищого, першого і другого сорту), пластівці і толокно. Неподрібнена і плющена крупа повинна відповідати таким показникам (таблиця. 37).

Таблиця 37. Показники якості вівсяної крупи

Показники	**Неподрібнена і плющена, сорт:**		
	вищий	**перший**	**другий**
Доброякісність ядра, %, не менше	99,0	98,5	97,0
в т. ч. биті ядра в е подрібненій крупі,%, не більше	0,5	1,0	2,0
Необлущені зерна, %, не більше	0,1	0,7	0,8
Смітні домішки, %, не більше	0,3	0,7	0,8
Металеві домішки, мг/кг, не більше	3,0	3,0	3,0
Зараженість шкідниками	Не допускається		
Вологість, %, не більше	12,5	12,5	12,5

14.5. Крупи з зерна ячменю

В підготовчому відділенні крупозаводу здійснюється очистка зерна від домішок і видалення квіткових плівок. В повітряно-ситовому сепараторі видаляють домішки і дрібні зерна, в каменевідбірнику – мінеральні домішки, а потім в розсійниках додатково видаляють дрібне зерно і ділять основну масу зерна ячменю на дві фракції. Кожну фракцію зерна повторно сепарують в розсійниках або сепараторах, потім дрібну фракцію направляють в трієр-куколевідбірник, а крупну – в трієр – вівсюговідбірник. Особливістю підготовки зерна є його попереднє лущення, внаслідок якого одержують лущений ячмінь – пенсак. В пенсаку повинно бути не більше 5% нелущених і 50% подрібнених зерен.

Пенсак одержують шляхом чотириразового лущення в оббивних машинах і одно-дворазового в лущильниках А1-ЗШН-3. Після кожної лущильної машини одержана лузга і борошенце відокремлюються в повітряних сепараторах (рис. 35).

В процесі підготовки ячменю до переробки застосовують гідротермічну обробку зерна шляхом пропарювання протягом 3 хв. за тиску пари 0,2 МПа з наступним сушінням до вологості не більше 15%. При цьому суттєво поліпшуються технологічні властивості зерна і споживча цінність крупи. Така загальна схема підготовки зерна ячменю для виготовлення як перлової, так і ячної крупи.

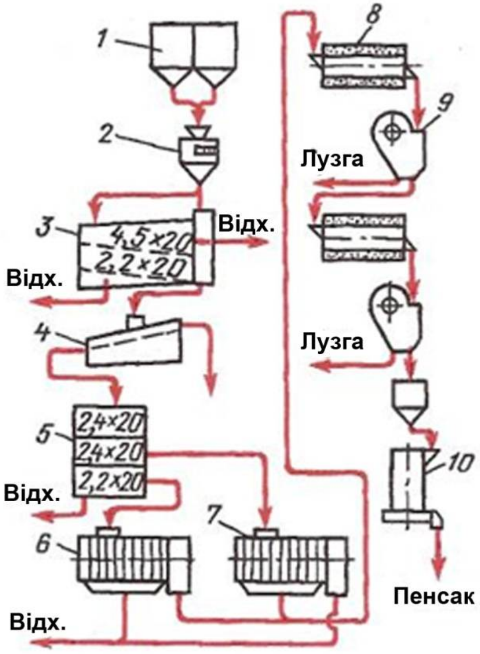


Рис.35. Схема підготовки зерна ячменю до переробки:
1 - бункери; 2 - автоматичні ваги; 3 - сепаратори; 4 – каменевідбірники; 5 - розсійник; 6 – трієр-куколевідбірник; 7 – трієр-вівсюговідбірник; 8 - оббивні машини; 9 - аспіратори; 10 - лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3.

В подальшому для одержання перлової крупи пенсак шліфують і полірують в машинах А1-ЗШН-3. Типова схема передбачає три системи шліфування і три полірування. Під час обробки продуктів в машинах А1-ЗШН-3 рештки плівок і поверхневі шари зерна відокремлюються у вигляді борошенця, яке просівається крізь отвори ситових обичайок і виноситься потоком повітря з машин. На шліфування поступають не лише цілі ядра, але й

подрібнені. Дрібні подрібненні ядра обробляються швидше, і для того, щоб не допустити їхнього надлишкового стирання уже після третьої системи шліфування, часточки, розмір яких відповідає розміру крупи №4 і №5, відсіваються і зразу поступають на контроль готової крупи.

Решта ядер послідовно обробляється на системах полірування, і з останньої системи суміш крупи різного розміру розділяють на 5 або іншу кількість фракцій залежно від того, як формується її асортимент. Ядро, розміри якого більші максимального розміру крупи, повертають на другу систему полірування або на спеціально виділену сходову систему.

Під час обробки пенсака в машинах А1-ЗШН-3 утворюється багато борошенця, яке також повертається контрольному просіюванню з метою видалення з неї крупки (рис. 36).

Ячну крупу виробляють на вальцьових станках і розсійниках шляхом подрібнення, застосовуючи 4…5 систем (рис. 37).

Перлові крупи виготовляють п’яти номерів – від 1 до 5. Крупи №1 мають найбільші розміри (3…3,5 мм), а №5 – найменші (менші від 1,5 мм) крупи №1 і №2 – це відшліфовані цілі зерна ячменю, а №3, 4 і 5 – подрібнені, відшліфовані. Форма перлових крупів №1 і №2 видовжена, колір білий або жовтуватий. Крупи № 3, 4 і 5 мають округлу форму і білий колір з темними смужками на місці борозенки.

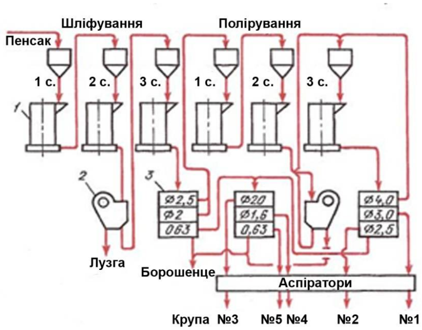


Рис. 36. Схема переробки пенсака в перлову крупу:

1-лущильно-шліфувальні машини А1-ЗШН-3; 2-аспіратори; 3-розсійники.

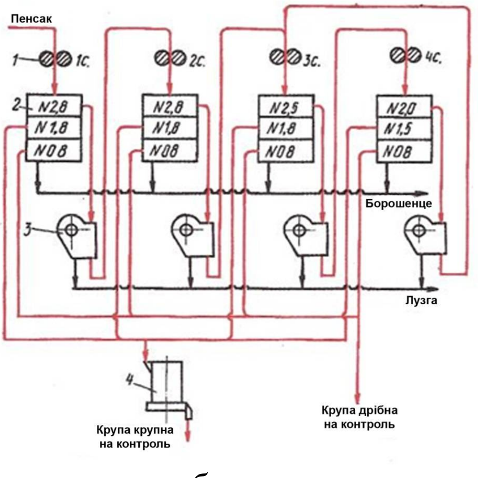


Рис. 37. Схема переробки зерна ячменю в ячну крупу:

1-вальцьові станки; 2-розсійники; 3-аспіратори; 4-лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3.

Ячні крупи залежно від розміру крупинок поділяють на три номери: 1, 2 і 3. Крупинки мають неправильну форму, гострі грані і жовтувато-сірий колір.

Найбільші розміри крупинок у крупах №1. Інші показники для усіх номерів крупи повинні бути однаковими (табл.38).

Таблиця 38. Показники якості ячної крупи

Показники	**Перлова**	**Подрібнена**
Доброякісність ядра, %, не менше	99,6	99,0
Смітні домішки, %, не більше	0,3	0,3
в т.ч.:		
мінеральні	0,05	0,05
шкідливі	0,05	0,05
Зараженість шкідниками	не допускається	
Вологість, %, не більше	15,0	15,0

Вихід перлової крупи повинен становити 45%, ячної – 65%, в тому числі: №1 -15%, №2- 43, №3 – 7%, вихід борошенця 18%, у перлової крупи – 40 %. Ячні крупи варять 40…50 хв., перлові – значно довше – 60…90 хв. Ячні і перлові крупи збільшуються в об'ємі у 5…6 разів. У кулінарії їх використовують для приготування каш і супів. Каші з ячних крупів мають в'язку консистенцію, а з перлових –

розсипчасту. Каша з ячних круп після охолодження твердіє, що є її недоліком.

14.6. Пшеничні крупи

Підготовка зерна пшениці до переробки включає етапи очищення зерна від домішок, гідротермічну обробку і попереднє лущення (рис. 38).

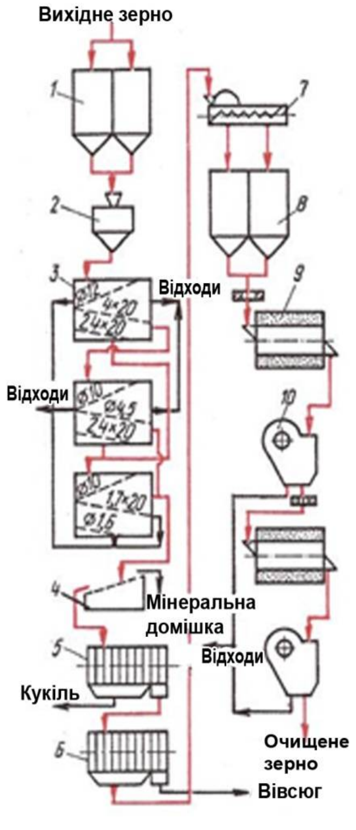


Рис. 38. Схема підготовки зерна пшениці до переробки:

1-бункери для неочищеного зерна;
2-автоматичні ваги;
3-повітряно-ситовий сепаратор;
4-каменевідбірна машина;
5-куколевідбірна машина;
7-машина для зволоження;
8-бункери для відволоження;
9-оббивна машина; 10-аспіратор.

Видалення домішок проводять в повітряно-ситовому сепараторі, каменевідбірних, трієрах-куколевідбірних і вівсюговідбірних машинах. В розсійнику додатково відокремлюють дрібне зерно проходом крізь сито з отворами 1,7×20 мм, а основне зерно поділяють на дві фракції: крупну і дрібну. Для більш ретельного виділення домішок можна кожну фракцію повторно направити на повітряно - ситові сепаратори.

Гідротермічна обробка полягає в зволоженні зерна теплою водою за температури 40° С до вологості 14,5…15,0%. Тривалість відволоження зерна від 0,5 до 2 год. Лущення зерна проводять на двох системах оббивних машин з абразивною робочою поверхнею. Після кожної оббивної машини для відокремлення оболонок і борошенця провівають в повітряних сепараторах. Для лущення зерна використовують машину А1-ЗШН-3. Переробку зерна пшениці в крупу проводять за такою технологічною схемою (рис. 39).

Шліфування і полірування крупи відбувається на трьох системах машини А1-ЗШН-3 з проміжним просіюванням продуктів після третьої системи шліфування крізь сито №063 з метою додаткового відбору борошенця, а також дрібної крупи, яку направляють безпосередньо на контроль крупи.

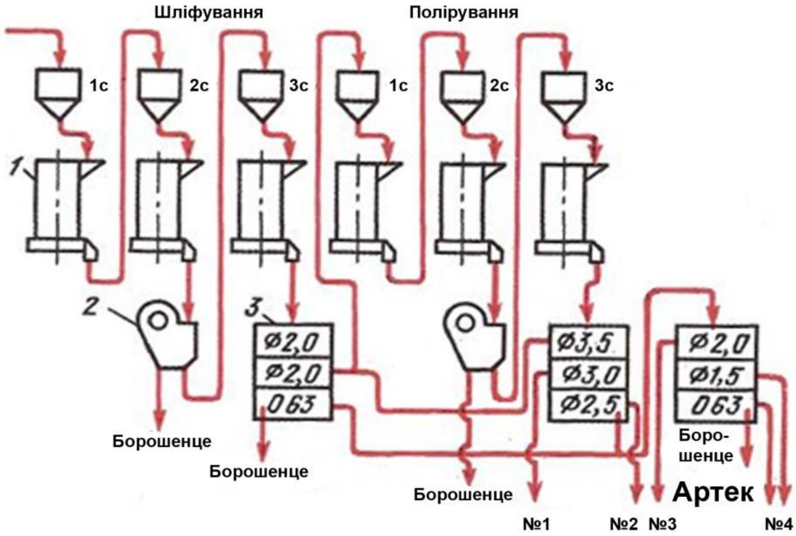


Рис. 39. Схема переробки зерна пшениці в «Полтавську» крупу і крупу «Артек»:
1с, 2с, 3с – системи шліфування; 1-лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3; 2-аспіратор; 3-розсійник.

Пшенична крупа виробляється з пшениці твердої (Triticum durum) сортів “Полтавська” і “Артек”. “Полтавська” крупа виробляється чотирьох номерів. Крупа № 1 – це зерно, звільнене від зародка і частково від плодових і насінних плівок, видовженої форми з округлими краями; крупа № 2 – це частинки подрібненого зерна, повністю звільнені від зародка і частково від плодових і насінних плівок, зашліфовані, овальної форми з округлими краями; крупа № 3 і 4 – це частинки подрібненого зерна різного розміру, повністю звільнені від зародка

і частково від плодових і насінних плівок, округлої форми, зашліфовані. Крупа “Артек” – це частинки дрібно подрібненого зерна, повністю звільнені від зародка і частково від плодових і насінних плівок, зашліфовані.

Крупа пшенична усіх видів і номерів повинна відповідати таким вимогам: колір – жовтий; смак – властивий пшеничній крупі без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий; запах – властивий пшеничній крупі, без затхлості, плісняви та інших сторонніх запахів; доброякісність ядра не менше 99,2%; смітної домішки не більше 0,3% , в т.ч. мінеральної не більше 0,05%, шкідливої не більше 0,05%, з них гірчаку та кучерявого горошку не більше 0,02%, куколю не більше 0,01%; зіпсованих зерен не більше 0,2%; вміст зерен жита і ячменю не більше 3,0%; зараженість шкідниками недопускається.

З пшеничного зерна виробляють також манну крупу: з м`якої (Triticum aestivum) – марки М, з твердої – марки Т, з суміші м`якої – 80 % і твердої – 20% (марки МТ).

14.7. Горохова крупа

Підготовка зерна гороху до переробки включає видалення домішок, гідротермічну обробку, фракціонування (рис. 40).

Видалення домішок проводять шляхом дворазового пропуску крізь повітряно-ситові сепаратори, в яких сходом з сит з отворами діаметром 10 мм видаляють крупні домішки, а проходом крізь

сито з отворами діаметром 5 мм-дрібне зерно з дрібними домішками. Дрібне зерно контролюється в просівних машинах на ситах з отворами діаметром 2,5 мм, проходом крізь які видаляють некормові відходи, а сходом – дрібні зерна гороху.

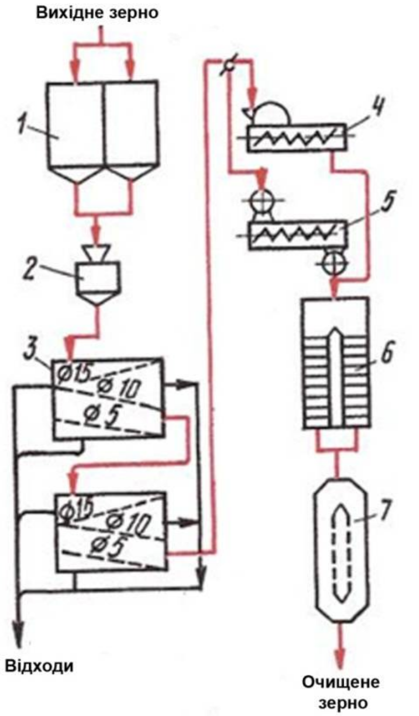


Рис. 40. Схема підготовки зерна гороху до переробки:
1- бункери для неочищеного зерна;
2-автоматичні ваги;
3-повітряно-ситовий сепаратор;
4-машина для зволоження;
5-пропарник безперервної дії;
6-сушарки;
7-колонка для охолодження.

З метою збільшення виходу цілої крупи і видалення специфічного бобового запаху зерна гороху піддають гідротермічній обробці. Проводять пропарювання під тиском пари 0,10…0,15 МПа протягом 2…2,5 хв. Потім зерно висушують до вологості 14,0…15,0% і охолоджують.

Потім зерно гороху поділяють на дві фракції, однакової кількості. Для цього в розсійниках

встановлюють сита з отворами діаметром 7 – 6,5 – 6 мм. Схід з першого сита направляють в крупну фракцію, прохід крізь третє – в дрібну. Залежно від крупності зерна гороху сходи з сит з отворами діаметром 6,5 і 6 мм приєднують або до крупної, або до дрібної фракції.

Схема переробки зерна гороху включає дві системи обробки в машинах А1- ЗШН-3 цілого гороху крупної фракції і дві – дрібної фракції. Роздільна переробка зерна гороху дозволяє застосовувати фракціональні режими його лущення і шліфування, а також повніше відокремити колотий горох від цілого (рис. 41).

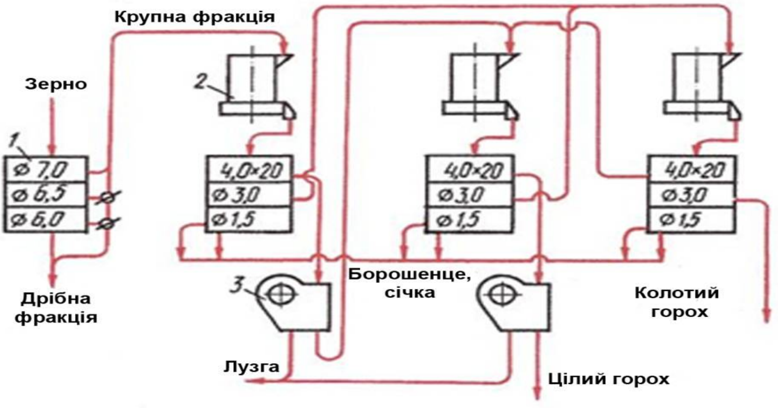


Рис. 41. Схема переробки зерна гороху в крупу:

1 –розсійник; 2- лущильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3; 3- аспіратор.

Продукти лущення перших систем сортують в розсійниках, де сходом з сит з отворами розміром 4х20 мм для крупної і 3х20 мм для дрібної фракції

відбирають цілий горох, який після провіювання в повітряних сепараторах направляють на машини А1-ЗШН-3 другої системи. Прохід крізь ці сита і схід з сит з отворами в діаметрі 3 мм являє собою колотий горох і після провіювання його також обробляють на машині А1-ЗШН-3.

З метою поліпшення товарного вигляду перед подачею готової крупи в бункери додатково обробляють крупу на щіткових машинах для її полірування.

В процесі переробки зерна гороху вихід цілого лущеного 1 і 2 сортів повинен становити 47,0%, гороху колотого лущеного 1 і 2 сортів – 30,0%, січки і борошенця – 6,5%.

Крупа шліфованого гороху містить 20…25% білка, 40…50% крохмалю, 1…2 % жиру, 5…6% клітковини, зольність 2…3%. Крупа також багата вітамінами групи В. Все це визначає високу харчову цінність горохової крупи.

14.8. Кукурудзяна крупа

Кукурудза завдяки своїм харчовим цінностям і різноманіттю продуктів, що виробляються з її зерна, є однією з основних зернових культур в світі. З зерна кукурудзи одержують крупну крупу та дрібну крупу, борошно, зародок, кормові відходи. Круп’яні властивості зерна залежать від співвідношення385 кременистого і борошнистого ендосперму зерна. Найбільший вихід крупи дає кремenисте зерно, а

борошнистий ендосперм в процесі подрібнення і шліфування кришиться, перетворюючись в борошно.

За вмістом незамінних амінокислот кукурудзяні крупи поступаються гречаним і вівсяним, але переважають рисові, ячмінні і пшеничні. Найбільший вміст В-каротину характер-ний для кукурудзяної крупи, але за кількістю біотину і пантотенової кислоти вона поступається вівсяним і гороховим крупам. Недоліком кукурудз-зяних крупів вважають тривалеваріння каші (30…40 хв.). Одним із способів скорочення цього процесу є волого-теплова обробка з наступним плющенням і сушінням крупи. Завдяки цьому відбуваються якісні зміни в білковому і вуглеводному комплексах, підвищується засвоюваність білків внаслідок часткової денатурації, збільшується гідрофільність крохмалю і пептизація амілопектину.

Підготовка зерна до переробки включає етапи очищення зерна від домішок, гідротермічну обробку, відокремлення зародка (рис. 42).

Для одержання якісних продуктів із зерна кукурудзи спершу потрібно видалити зародок, з якого одержують олію. В даний час існує чотири технології переробки зерна кукурудзи, які відрізняються способами відокремлення зародка:

1. Суха – з використанням ударних дежермінаторів і пневмостолів.

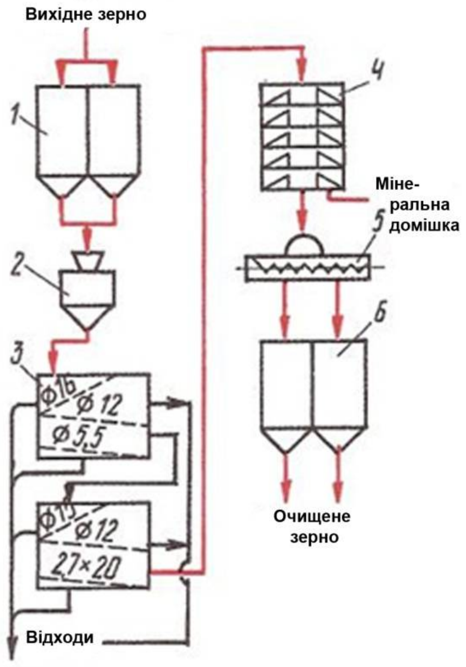


Рис. 42. Схема підготовки зерна кукурудзи до переробки:

1 - бункери для неочищеного зерна; 2- автоматичні ваги; 3- повітряно-ситовий сепаратор; 4- каменевідбірна машина; 5- машина для зволоження; 6- бункери для відволожування.

2. Волога – з використанням колінних дежермінаторів і пневмостолів.
3. Напіввологa – з використанням спеціальних дежермінаторів і комбінованих аспіраційних установок.
4. Змішана – з ударними дежермінаторами, комбінованими аспіраційними установками, вальцьові верстати і розсійники.

Зерно кукурудзи після дворазового очищення на повітряно-ситових сепараторах і каменевідбірнику направляють на гідротермічну обробку. Проводять її шляхом зволоження зерна водою, температура якої біля 40°С, до вологості зерна 15…16%. Гідротемічна обробка сприяє відшаруванню і кращому

відокремленню оболонок, пластифікації і меншому дробленню зародка під час його відокремлення.

Продукти дроблення сортують на фракції, які одержують сходом з сит з отворами діаметром 6; 4,5; 3 і 1,5 мм. Прохід крізь сито з отворами 1,5 мм являє собою борошенце. Схід з сита з отворами в діаметрі 6 мм являє собою зерно, що повністю не подрібнилось, його повертають на повторне дроблення. Сходи з решти сит є фракціями подрібненого зерна.

Шліфовану крупу виробляють шляхом чотириразового шліфування в машинах А1-ЗШН-3. Після кожної системи шліфування крупа провівається і сортується на розсійниках. Проходом крізь сито №067 відокремлюють борошенце.

Технологічна схема виробництва спеціальної кукурудзяної крупи для виготовлення пластівців і паличок показана на рис 43.

Після подрібнення продукт сортується на розсійниках на дві фракції, які роздільно направляються на пневмосортувальні столи, де поділяються на три фракції за крупністю. Крупна фракція використовується для виготовлення пластівців, дрібна – для паличок, третя фракція – борошно.

Кукурудзяна крупа поділяється на шліфовану п`яти номерів, крупу для пластівців (крупну) і паличок (дрібну). Кукурудзяна крупа шліфована дуже довго розварюється. Для поліпшення кулінарних властивостей крупи застосовують інтенсивне пропарювання зерна при підвищеному

тиску. Проте значно більшу цінність в харчовому відношенні мають кукурудзяні пластівці, палички, зірвані зерна.

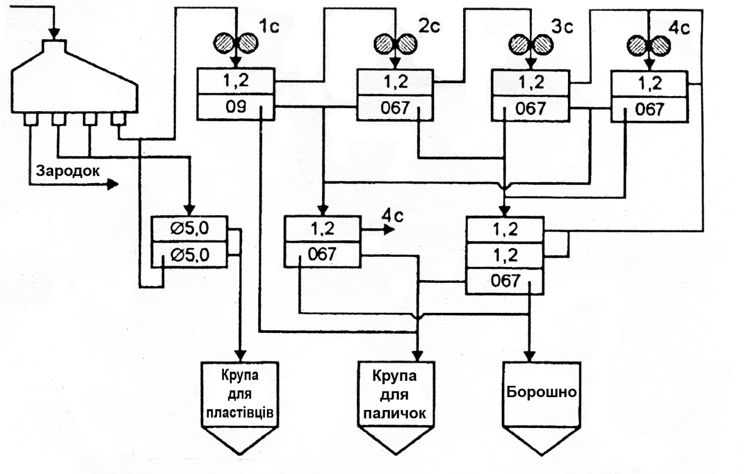


Рис. 43.Технологічна схема виробництва спеціальної кукурудзяної крупи для виготовлення пластівців і паличок.

Для приготування пластівців зерна кукурудзи подрібнюють, потім варять в рідині, яка містить цукор і сіль, плющать крупу на валках і обсмажують одержані пластівці. При цьому відбувається декстринізація крохмалю і збагачення продукту цукром. Пластівці являють собою готовий до вживання продукт, так як і розлусні зерна, які одержують шляхом лущення зволожених зерен у спеціальних камерах. Здатністю лускатися володіє тільки розлусна кукурудза.

Кукурудзяні палички – пористі продукти, одержані з вареної крупи шляхом обробки в

спеціальних апаратах. В процесі виготовлення вони збагачуються цукром, олією та іншими високопоживними продуктами, що підвищує їхні харчові якості.

За органолептичними і фізико-хімічними показниками кукурудзяна крупа повинна відповідати таким вимогам (Табл. 39).

Таблиця 39. Показники якості кукурудзяної крупи

Показники	**Шліфована п`яти номерів**	**Крупна**	**Дрібна**
Колір	Білий або жовтий з відтінками		
Запах	Властивий крупі без пліснявіння, затхлого та інших запахів		
Смак	Властивий крупі, без кислого, гіркого та інших присмаків		
Вміст вільного зародка, %, не більше	3,0	2,0	-
Зольність, %, не більше	0,95	-	0,95
Смітні домішки, %, не більше	0,3	0,3	0,3
в т. ч.: *мінеральні*	0,05	0,05	0,05
шкідливі	Недопускаються		
Металеві домішки, мг/кг, не більше	3,0	3,0	3,0
Зараженість шкідниками	Недопускається		
Крупа з залишками плівок і зародка, %, не більше	-	10	-
Цілі, необроблені зерна, %, не більше	-	1,0	-
Вологість, %, не більше	14,0	14,0	14,0

14.9. Комбіновані крупи та крупа швидкого приготування

На сучасних круп`яних заводах розроблені технології, які дозволяють одержувати крупу підвищеної харчової цінності, а також таку, яка не потребує наступноговаріння. Нові види круп є комбінованими продуктами, які одержують на основі натуральної круп`яної сировини з введенням збагачених добавок тваринного (знежирене сухе молоко, сухий яєчний білок) та рослинного походження (солод, цукор), а також вітамінів і мінеральних речовин (табл. 40).

Таблиця 40. Асортимент і рецептура комбінованих круп, %

Компонент	Асортимент круп						
	Здоров`я	Ювілейна	Піонер	Спортивна	Флотська	Сильна	Південна
Рис подрібнений	73	70					
Гречаний продів					70		
Крупа вівсяна			90	90			
Крупа ячна					30	15	10
Горох подрібнений						70	20
Борошно пшеничне	15	15				15	20
Борошно кукурудзяне							50
Молоко сухе, знежирене	10	15	10	10			
Сухий яєчний білок	2						

Процес виробництва комбінованих продуктів складається з низки операцій. Крупу гречану, рисову, вівсяну, горохову розмелюють на борошно, просівають на розсівах крізь капронові сита №32…35 і прохід крізь них направляють у бункери. В окремі бункери направляють знежирене сухе молоко і пшеничне борошно. З бункерів за допомогою встановлених під ними дозаторів борошно і сухе знежирене молоко згідно з рецептурою подають у змішувач. Одночасно на змішування з невеликих бункерів за допомогою дозаторів подають вітаміни і різні збагачувальні добавки. Після ретельного перемелювання однорідна суміш подається на прес, оснащений матрицями, які дозволяють одержувати крупу певної форми і розмірів. Вироблені у такий спосіб крупи мають добрі смакові якості, швидко розварюються і дають добру розсипчасту кашу, характеризується великим вмістом мінеральних речовин (табл. 41).

В комбінованих крупах можна збільшувати вміст білка, а підвищений вміст в нових видах круп легкозасвоюваного молочного кальцію робить їх цінними продуктами для дитячого харчування.

У крупах, які не потребують варіння, відбувається підвищений вміст водорозчинних речовин, білки представлені в коагульованому стані, крохмаль клейстеризований, міжклітинні перетинки порушені. Крупа має достатню готовність.

Надалі в процесі сушіння варених круп частинки крохмалю ущільнюються, втрачаючи воду, вміст водорозчинних речовин зменшується.

Таблиця 41. Вміст мінеральних речовин в комбінованих крупах

Показники	Кальцій	Фосфор	Магній	Залізо	Цинк	Йод
Добова потреба,мг	1200	1800	300	18	15	0,13
Вміст у 100 г продукту, мг:						
«Здоров'я»	480	267	120	7,2	6	0,09
«Піонерська»	480	415	120	7,2	6	0,09
«Спортивна»	480	461	121	7,2	6	0,10
«Флотська»	480	457	120	7,2	6	0,09
Задоволення добової потреби, %						
«Здоров'я»	40	15	40	40	40	71
«Піонерська»	40	23	40	40	40	72
«Спортивна»	40	26	40	40	40	73
«Флотська»	40	25	40	40	40	71

Однак білкові речовини залишаються денатурованими, природні властивості крохмалю не відновлюються. Не відновлюються також міжклітинні перетинки, зруйновані внаслідок гідролізу клітковини, геміцелюлози і пектинових речовин.

Щоб одержати крупу, яку не потрібно варити в процесі приготування каш або інших кулінарних блюд, необхідно надати їй властивості легко набухати у воді незалежно від температури. Це досягається, наприклад, за певних схем виробництва. Колоте ядро вівса доводять до вологості 28%, потім витримують протягом 20 хв, пропарюють під тиском 0,2…0,25 МПа протягом 3 хв і сушать до вологості

7%. Зварену крупу після деякого підсушування піддають підвищеному температурному режиму в закритому ізольованому бункері і відлежуванню, а потім плющать на гладеньких валках. Плющену крупу (пластівці) сушать за температур 200°С і більше з інтенсивною циркуляцією повітря. Одержаний продукт легко вбирає воду і для використання в харчуванні його не потрібно варити. Отриманий продукт після відновлення в гарячій воді має приємний, злегка горіховий запах і смак та розсипну консистенцію.

Круп'яні продукти швидкого приготування вважаються сучасним видом здорового харчування, які порівняно добре збалансовані за вмістом основних речовин, сприяють нормалізації мікрофлорри кишок, характеризуються профілактичною дією у випадку деяких захворювань травного каналу, порушення обміну речовин, захворювання серцево-судинної системи. Перевагою таких продуктів є скорочення тривалості приготування і відсутність варіння деяких видів, що дає можливість максимально зберегти без суттєвих змін найцінніші компоненти сировини.

Для отримання крупів, що не потребують варіння, впроваджено технологію зірваних зерен. Принцип виробництва їх полягає у створенні таких умов, за яких перегріта вода, що утворюється всередині зерна або крупи, раптово випаровується внаслідок перепаду і зумовлює здування продукту. Ефект здування досягається нагріванням сировини в

герметично закритій ємності – термічному апараті за високого тиску і миттєвого порушення герметичності апарата. Цей процес здійснюється також в апаратах, які працюють в умовах атмосферного тиску з наступним різким створенням вакууму.

Для виготовлення гречаної крупи, яка не потребує варіння, зерно гречки очищають від домішок, сортують на фракції за розміром, пропарюють за тиску 0,55…0,60 МПа протягом 6…8 хв і одночасно піддають лущенню для отримання крупи. Вологість зерна після пропарювання становить 18…19%. Потім цілі і розколоті на частини ядра гречки зривають за температури нагрівання 260°С і надлишкового тиску 1,0 МПа, охолоджують і провівають. Вологість крупи після зривання становить 6…8%, вихід – 99,7%. Для приготування каші крупу відновлюють під час витримки в гарячій воді для набухання протягом 3…5 хв. Готова каша має типові смак і запах та розсипну консистенцію.

Якість усіх круп визначають за органолептичними та хімічними показниками у такій послідовності: зараженість шкідниками хлібних запасів, колір, запах, смак, хруст, вологість, вміст металевих домішок, крупність (номер крупи), вміст смітних домішок, вміст доброякісного ядра, зольність та іншими, характерними для певного виду крупи. Наприклад, у рисовій крупі визначають вміст пожовклих, глютинозних зерен тощо. Для повної характеристики якості крупи визначають її кулінарні властивості, а саме: колір, смак, структуру каші, тривалість варіння і коефіцієнт розварювання

(відношення об`єму каші до об`єму крупи, що взята для варіння).

Контрольні питання

1. Яка технологія виробництва пшона?
2. На які сорти поділяється пшоно та їхня якість?
3. Яка гідротермічна обробка зерна гречки?
4. На які сорти поділяється гречана крупа та якими показниками характеризується їхня якість?
5. Охарактеризувати технологію виготовлення рисової крупи.
6. На які сорти поділяються рисова крупа і якими показниками характеризується їхня якість?
7. Охарактеризувати технологічні процеси виготовлення вівсяних круп.
8. Які крупи виготовляють з зерна вівса?
9. Охаратеризувати технологію виготовлення крупи з зерна ячменю.
10. За якими ознаками відрізняються перлові крупи від ячних?
11. Яка технологія виробництва пшеничних круп?
12. За якими ознаками відрізняються крупи «Полтавська» і «Артек»?
13. Яка технологія виготовлення горохової крупи?
14. На які сорти поділяється горохова крупа та їхні основні показники якості?

15. Які технології переробки зерна кукурудзи в крупу, що визначаються способом відокремлення зародка?
16. Які крупи виготовляють з зерна кукурудзи?
17. Як виготовляються комбіновані крупи та крупа швидкого приготувавння?
18. За якими показниками визначають якість усіх круп?

Розділ 15
ЗБЕРІГАННЯ КРУП

На відміну від борошна зберігання круп має свої особливості. Якщо у борошна в початковий період зберігання спостерігається процес дозрівання, то крупа лише деякий час зберігає стабільну споживчу якість, потім вона погіршується в різному ступені залежно від умов зберігання.

Негативні процеси спостерігаються в усіх крупах. В них можуть активно розвиватись мікроорганізми, комахи і кліщі, а також самозігрівання. Зволоження крупи внаслідок її сорбційних властивостей сприяє розвитку мікробів, комах і кліщів; спричинює втрати в масі, утворення специфічних запахів (пліснявого, затхлого, кліщового тощо) і в цілому погіршення якості.

Для усіх круп характерне збільшення кислотного числа жиру, яке залежить від багатьох умов: якості зерна, з якого виготовлена крупа, способів виготовлення, вологості, температури повітря в сховищі і доступу повітря до крупи. Утворення вільних жирних кислот під час зберігання проходить три стадії: початкову швидку, другу, коли їхне утворення проходить дуже повільно і кінцеву фазу поступового утворення. Конденсовані дієни утворюються протягом усього періоду зберігання. Внаслідок окислення ліпідів відбувається накопичення різноманітних продуктів, в тому числі токсичних. Продукти окислення ліпідів, взаємо-

діючи з іншими речовинами крупи, утворюють з ними комплекси і сполуки різної міцності і таким чином зменшують біологічну і харчову цінність не лише жирів, а й білків, вуглеводів та інших сполук. Крупа при цьому гіркне, стійкість її при подальшому зберіганні різко зменшується.

Введення в технологічний процес виготовлення крупи гідротермічної обробки стабілізує кислотне число жиру і затримує згіркнення. Пропарюванням досягається інактивація ліпази і ліпоксидази, що значною мірою запобігає не лише гідролізу, але й утворенню в крупах під час зберігання продуктів, які надають гіркого смаку. Підвищення температури під час зберігання сприяє швидшому збільшенню кислотного числа жиру, ніж у непропареній крупі. Водночас крупа з пропареного зерна пліснявіє також швидше.

В процесі зберігання крупи відбувається зменшення йодного числа, що являє собою один із наслідків окислювальних процесів, які відбуваються в жирі. Гідротермічна обробка прискорює окислення жиру: пропарені крупи мають менше йодне число, ніж непропарені. Жир крупи, який містить вітамін Е, стійкіший до окислення внаслідок того, що деякі форми вітаміну володіють антиокислювальними властивостями.

В процесі зберігання крупи збільшується її кислотність. Відбувається це внаслідок гідролітичного розщеплення жиру і білкових речовин під впливом ферментів. На початку зберігання в усіх видів крупи спостерігається

збільшення кислотності, а закінчується в різний період: в ядриці через 4 місяці, в кукурудзяній і пшеничній через 6, в перловій через 8, в ячній через 12, у вівсяній і рисовій через 19…22 місяці.

У рисовій крупі під час зберігання накопичуються легкі ароматичні сполуки: пентаналь, пентаном, гексаналь, пентилфуран, октаналь і понональ. Подрібнений рис містить більше цих сполук, ніж ціла крупа, і їхня кількість зростає з подовженням тривалості зберігання незалежно від виду продукту. Ця закономірність встановлена також за температури зберігання 37°С і відносної вологості повітря 70%. Промивання водою суттєво зменшує кількість летких речовин у цілій і в подрібненій крупі, зменшує швидкість утворення вільних жирних кислот і окислення ліпідів.

В процесі зберігання крупи можуть розвиватися мікроорганізми, які негативно впливають на якість зернопродуктів. Як правило, найчастіше розвиваються сапрофітні мікроорганізми. Серед найважливіших факторів, які впливають на їхній розвиток під час зберігання є середня вологість зернопродуктів, температура, ступінь аерації.

Залежність існування мікроорганізмів від вологості субстрату загальновідома. Вона пов’язана з хімічним складом клітин мікробів. Вміст у них великої кількості води (80…96%) і механізм живлення мікробної клітини дозволяє здійснювати обмін між клітиною і субстратом лише за наявності достатньої кількості води в останньому. Чим більша вологість навколишнього середовища, тим інтенсив-

ніше відбувається обмін між мікроорганізмами і субстратом, тим швидше і краще розвиваються мікроби. Мікроорганізми можуть розвиватися в крупі, вологість якої значно менша, ніж вміст води в їхньому тілі.

Відомо, що кожний вид мікробів розвивається найінтенсивніше за певних температур. За відхилення від цих температурних меж життєдіяльність мікроорганізмів порушується або вони гинуть. Залежно від рівня температурного оптимуму усі мікроорганізми поділяють на холодостійкі (психрофільні), теплолюбні (термофільні) і мезофільні (оптимум середніх температур між двома першими). Мезофіли успішно розвиваються за температури 20…40°С, а плісеневі гриби успішно розвиваються й за температури 10…20°С.

Доступ повітря, або ступінь аерації борошна чи крупи впливає на стан мікрофлори і хід мікробіологічних процесів. За потребою в кисні мікроорганізми поділяються на аеробні, фа культативно анаеробні і облігатно анаеробні. Якщо обмежити доступ свіжого повітря до об’єктів зберігання (борошно, крупа), то в міру зменшення в них кисню буде спостерігатись пригнічення життєдіяльності аеробних мікроорганізмів. Міцелій плісняв при цьому припиняє ріст.

Життєдіяльність комах і кліщів в зернових продуктах також залежить від стану навколишнього середовища, а саме: вологості і температури повітря в сховищі, температури зернопродуктів, їхнього хімічного складу і особливо вмісту води в них. У

кожного виду комах і кліщів вимоги до навколишнього середовища різні. Проте, будь-який вид комах і кліщів по відношенню до кожного фактора володіє певною екологічною пластичністю, тобто пристосованістю виду до певного фактора середовища.

Температура – важливий фактор, який визначає можливість та інтенсивність розвитку комах і кліщів в зернових продуктах. Нижній температурний оптимум активного існування знаходиться на рівні 6…12°С, верхній – 36…42°С. Для більшості комах температурний оптимум знаходиться в межах 26…29°С. Для кліщів він відрізняється більше. Наприклад, для борошнистого кліща оптимальні нижчі температури (14…23°С), для кліща Родіонова – 29…35°С. Підвищена вологість повітря, а температура нижча від оптимальної дають можливість комахам і кліщам тривалий час існувати без корму.

В практиці зберігання зернових продуктів відомо декілька сотень комах і десятки видів кліщів. Найбільшої шкоди завдають великий і малий борошняний хрущак, коротковусий і суринамський борошноїд, комірна міль, млинова вогнівка та інші. Серед кліщів найпоширенішими і найнебезпечнішими є борошняний, видовжений, звичайний волосатий кліщ, кліщ Родіонова та інші.

Недотримання режимів і строків зберігання крупів, а також внаслідок використання недоброякісного зерна та порушення технології виготовлення можуть виникнути дефекти крупів.

Одним із них може бути самозігрівання – це підвищення температури у масі крупи внаслідок внутрішніх фізіологічних процесів і поганої теплопровідності. Серед фізіологічних процесів, які відбуваються у крупах під час самозігрівання, необхідно виділити процес дихання і розвиток мікроорганізмів. При цьому змінюються органолептичні показники круп (колір, запах, смак). Сторонній запах крупів виникає внаслідок недотримання товарного сусідства зберігання їх з продуктами, які мають властивість передавати запах (риба, прянощі, мило, одеколон тощо). Причиною появи стороннього присмаку в крупах можуть бути сторонні пахучі домішки у зерні до його переробки. За тривалого зберігання, особливо на світлі, крупи знебарвлюються, темніють. Зволоження крупів активізує ферменти, підвищує інтенсивність їхнього дихання, самозігрівання, розвиток мікроорганізмів. Запліснявіння крупів виникає внаслідок самозігрівання або зберігання у погано вентильованих приміщеннях з високою відносною вологістю повітря – понад 80%. Крупи набувають затхлого запаху, в них підвищується кислотність. Прокисання крупів починається у внутрішніх шарах маси в зв’язку з розвитком кислоутворюючих бактерій, насамперед молочнокислих. Згірклість крупів є результатом окислення жирів. Крупи з підвищеним вмістом жиру швидше гіркнуть. Зниження або втрата сипкості крупів виникає внаслідок самозігрівання, розвитку мікроорганізмів і шкідників хлібних запасів. Такі крупи непридатні

для вживання. Дефектами крупів є знижений вміст доброякісного ядра, підвищений вміст нешеретованого зерна, висока засміченість (органічна, мінеральна).

Зберігають крупу в спеціальних сховищах, можна разом з борошном, в паперових мішках. Температура в сховищах повинна бути не більшою від 10°C, відносна вологість повітря 60…65%. За усіх однакових умов рисова, пшенична, гречана крупи зберігаються довше, ніж крупи з кукурудзи, проса, вівса. За цих умов максимальні строки зберігання пшона шліфованого, кукурудзяних і вівсяних крупів – 6 місяців, манних – 7, пшеничних – 9, гороху лущеного – 10, ячних і рисових крупів (рис шліфований і дроблений) – 12, гречаного проділу – 14, гречаної ядриці і гороху колотого – 15…17 місяців.

Під час зберігання круп ведуть спостереження за температурою і відносною вологістю повітря в сховищі, за запахом, смаком, вологістю і зараженістю шкідниками крупи. Виявивши відхилення, застосовують відповідні заходи.

Температуру і відносну вологість повітря в сховищі визначають на висоті 1,5 м від підлоги один раз на тиждень, а за систематичного провітрювання – щодня. Температуру крупи вимірюють під час її надходження в сховище, а потім один раз на 15 діб при температурі повітря понад 10°C і один раз на місяць при температурі менше 10°C. За вологості крупи 14…15% і температури повітря понад 10°C температуру крупи контролюють кожні 5 діб.

Запах, смак і зараженість шкідниками хлібних запасів визначають один раз на місяць за температури менше 10°С і один раз на 15 діб за температури понад 10°С. Вологість крупи визначають один раз на місяць.

Контрольні питання

1. Які негативні процеси відбуваються в крупах під час зберігання?
2. Введення якого технологічного процесу виготовлення крупи стабілізує кислотне число жиру і затримує згіркнення?
3. Який вітамін володіє антиокислювальними властивостями?
4. Як зберігають крупи в сховищах?
5. За якими показниками контролюють якість крупи під час зберігання?
6. Які дефекти і внаслідок чого можуть з’явитись в крупах під час зберігання?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бурковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М.: Технологии зерноперерабатывающих производств. – М.: Интерграф Сервис, 1999. – 472 с.
2. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. – М.: Колос, 1984. – 376 с.
3. Егоров Г.А. Технология муки. Технология крупы. – М.: Колос С, 2005. – 296 с.
4. Жемела Г.П., Шемавньов В.І., Олексюк О.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. – Полтава, 2003. – 420с.
5. Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П. Биохимия зерна и зернопродуктов. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
6. Мерко І. Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна. – Одеса, 2001. – 348 с.
7. Подпрятов Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – 200 с.
8. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 145 с.
9. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп’яних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 164 с.

10. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.