

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва гречаних
пластівців з використанням інфрачервоного
випромінення**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТ-1-21
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Андрій АНТОНЕНКО

Керівник: _____ Олег ТЕРТИШНИЙ

Рецензент: _____ Станіслав ЗУБКО

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції


Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
технології зберігання і переробки
сільськогосподарської продукції,
кандидат технічних наук, доцент

 Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«18» жовтня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Антоненку Андрію Анатолійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва гречаних пластівців з використанням інфрачервоного випромінення».

Керівник роботи: Тертишний Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» жовтня 2022 року № 3009.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 06 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва круп'яних продуктів швидкого приготування із зерна гречки. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Матеріали і методи проведення досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Проведення виробничих досліджень. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Огляд літературних джерел. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Результати досліджень. 4 Виробничі випробування та їх результати. 5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

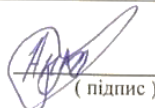
Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	18.10.2022	06.12.2022
5	доцент ДЕРКАЧ Олексій	18.10.2022	06.12.2022
6	доцентка ПАВЛЕНКО Олена	18.10.2022	06.12.2022

7. Дата видачі завдання 18 жовтня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	18.10-19.10.22	виконано
2	Аналітичний огляд	20.10-27.10.22	виконано
3	Матеріали і методи проведення досліджень	28.10-07.11.22	виконано
4	Експериментальна частина	08.11-17.11.22	виконано
5	Проведення виробничих досліджень	18.11-22.11.22	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	23.11-27.11.22	виконано
7	Організаційно-економічна частина	28.11-30.11.22	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	01.12-02.12.22	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	05.12.2022	виконано

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Андрій АНТОНЕНКО

Керівник роботи

(підпис)

Олег ТЕРТИШНИЙ

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва гречаних пластівців з використанням інфрачервоного випромінення»

Кваліфікаційна робота містить: 84 с., 16 рис., 22 табл., 76 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – процес ІЧ-обробки гречки, його зв'язок з конструктивними та режимними параметрами установки для сушіння ІЧ-опроміненням.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу ІЧ-обробки зерна гречки при виробництві пластівців та його вплив на ефективність протікання процесу.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування технології виробництва гречаних пластівців з використанням ІЧ-опромінення.

Зернове виробництво традиційно є основою агропромислового комплексу України і найбільш великої галуззю сільського господарства.

На зернове виробництво припадає 1/4 частина вартості основних виробничих фондів і 15 % чисельності працівників, зайнятих в агропромисловому комплексі, які виробляють майже 10 % його продукції.

Сьогодні в Україні вирощуються практично всі види зернових культур, однак основну частку в посівах і виробництві займають чотири – пшениця, ячмінь, овес і жито.

Виробництво круп'яних культур (просо, гречка, рис) становить в цілому близько 1,6 млн. т (1,8 % загального виробництва зерна), а площа – близько 2,9 млн. га (4,8 % загальних посівів зернових культур). Найбільшу частку серед них по площі займає гречка.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Гречка, ядриця, пластівці, робота, іч-опромінення, сушарка, ефективність, дослідження, впровадження.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Характеристика гречки та її будова	10
1.2 Хімічний склад гречки	12
1.3 Використання зерна гречки	16
1.3.1 Переробка зерна гречки в крупу	17
1.3.2 Виробництво гречаних пластівців	24
1.4 ІЧ-опромінення, як один із методів гідротермічної обробки зерна	25
Висновки до розділу	29
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
2.1 Характеристика зерна гречки	30
2.2 Вироблення гречаних пластівців у лабораторних умовах	31
Висновки до розділу	33
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	34
3.1 Підвищення ефективності калібрування окремих фракцій гречки	35
3.2 Виробництво гречаних пластівців з застосуванням інфрачервоної обробки	40
3.3 Оптимізація етапів підготовки гречки до плющення з використанням ІЧ-опромінення	47
Висновки до розділу	49
4 ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
4.1 Виробництво гречаних пластівців з ядриці у виробничих умовах	50
4.2 Вплив фракційного складу гречки на загальний вихід і міцність пластівців	53
4.3 Визначення якісних характеристик вироблених пластівців	56
Висновки до розділу	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
5.1 Організація охорони праці в ТОВ «Побережне»	61

5.2 Аналіз стану охорони праці в товаристві	61
5.3 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань	64
5.4 Розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху	65
Висновки до розділу	69
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	70
6.1 Організація проведення дослідження	70
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	71
6.3 Розрахунок вартості дослідження	74
Висновки до розділу	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
БІБЛІОГРАФІЯ	77

ВСТУП

Зернове виробництво традиційно є основою агропромислового комплексу України і найбільш великої галуззю сільського господарства.

На зернове виробництво припадає 1/4 частина вартості основних виробничих фондів і 15 % чисельності працівників, зайнятих в агропромисловому комплексі, які виробляють майже 10 % його продукції.

В Україні виробництво зерна грало вагомому роль в забезпеченні продовольством населення на всіх етапах історії країни. Під зернові, бобові та олійні культури освоювалися і відводилися великі площі, що становлять значну частку посівів сільськогосподарських культур.

Сьогодні в Україні вирощуються практично всі види зернових культур, однак основну частку в посівах і виробництві займають чотири – пшениця, ячмінь, овес і жито.

Виробництво круп'яних культур (просо, гречка, рис) становить в цілому близько 1,6 млн. т (1,8 % загального виробництва зерна), а площа – близько 2,9 млн. га (4,8 % загальних посівів зернових культур). Найбільшу частку серед них по площі займає гречка.

Виробництво крупи – важлива галузь харчової індустрії. Крупа є цінним і необхідним продуктом харчування для населення всіх вікових груп.

В останні роки валовий збір круп'яних культур істотно знизився. У зв'язку з цим завантаження виробничих потужностей склала в середньому 81,3 % – по рису, 59 % – по гречці, 65,3 % – по просу.

З переходом державної економічної системи від планової до ринкової вітчизняна круп'яна продукція поступово стала поступатися позиціям дешевої імпортової.

Серед факторів, що сприяють оптимістичним варіантом прогнозу розвитку техніки і технології круп'яного виробництва, можна виділити наступні:

- раціональне використання потенційних можливостей харчових властивостей круп'яного зерна і значні розширені асортименти продукції, що виробляється;

- дослідження фізичних, хімічних, біологічних властивостей вторинних сировинних ресурсів круп'яного виробництва і способів раціонального їх застосування;

- вивчення потенційних можливостей зерна круп'яних культур з метою оптимізації процесу вироблення крупи традиційного асортименту за параметрами виходу і якості продукції при мінімізації енерго- і матеріалоємності процесу;

- розширення асортименту круп'яних виробів, поліпшення їх якості і харчової цінності;

- поліпшення якості крупи традиційного асортименту, підвищення її виходу, зниження витрат праці та матеріалів;

- використання побічних продуктів круп'яного виробництва на господарські потреби.

Із загальної кількості вторинних сировинних ресурсів круп'яного виробництва гречана і рисова лузга становить 12 %. Вона не знаходить застосування і вивозиться на звалище, що засмічує прилеглі до заводів території і т.д. [25].

Мета і завдання дослідження:

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексної технології переробки гречки з використанням ІЧ-опромінення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати і розробити способи вироблення гречаних пластівців, з можливістю їх реалізації на існуючих гречезаводах;

- оцінити вплив технологічних етапів і режимів рекомендованих способів термічної обробки зерна гречки на якість гречаних пластівців;

- визначити характер запропонованих технологічних рішень на можливі якісні показники гречки при її підготовці до плющення, встановити раціональні режими технологічного процесу.

Об'єкт дослідження – процес ІЧ-обробки гречки, його зв'язок з конструктивними та режимними параметрами установки для сушіння ІЧ-опроміненням.

Предмет дослідження – закономірності та взаємозв'язок технологічного процесу ІЧ-обробки зерна гречки при виробництві пластівців та його вплив на ефективність протікання процесу.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Круп'яні продукти займають гідне місце в раціоні харчування людини завдяки різноманітному асортименту, доступності різних верств споживачів, високій якості та харчової цінності, безпеки, створення на їх базі продуктів із заданим складом і властивостями. [40]

Серед круп'яних культур гречка займає особливе місце. Завдяки високій харчової і біологічної цінності, продукти, що виробляються з гречки, широко використовуються не тільки в громадському, а й в дитячому і дієтичному харчуванні. Однак, в даний час основними продуктами, виробленими з гречки, є ядриця і проділ.

Відносно недавно на ринку з'явилися гречані пластівці, які є цінним харчовим продуктом харчування, які мають високі споживчі якості, високий ступінь засвоюваності, перетравлюваності організмом людини. Якість багатьох таких продуктів сьогодні залишає бажати кращого, так як сучасні технології засновані на виробництві пластівців саме з крупи.

Крім основних продовольчих продуктів з гречки не слід забувати і про лушпинні – цінну вторинну сировину для виробництва різних харчових добавок. Хімічний склад гречаного лушпиння зумовлює необхідність розвитку технологій і розробки сучасного обладнання для глибокої безвідходної переробки лузги.

У зв'язку з цим, очевидна потреба в розширенні асортименту продуктів, що виробляються з гречки, в тому числі і на існуючих підприємствах, з можливістю раціонального використання всіх складових частин сільськогосподарської сировини.

1.1 Характеристика гречки та її будова

Рід гречка представлений трьома самостійними, відокремленими видами: гречка посівна, гречка татарська, гречка напівзонтова. [28]

Всі сорти гречки в Україні відносяться до одного і того ж виду. Гречку вирощують практично на всій території країни – від західних до східних кордонів.

На сьогоднішній день, середньорічне виробництво гречки в світі за останні 20 років склало близько 2,9 млн. т. Основні країни виробники гречки: Китай – 1,6 млн. т., Росія – 0,578 млн. т., Україна – 0,380 млн. т. [45]

Морфологічні та біологічні особливості гречки (будова листя, квіток і коренів, мала потреба у волозі для проростання насіння і велика – в період цвітіння – плодоутворення) свідчать про гірське її походження. Всі дослідники сходяться на тому, що батьківщина гречки – гірські райони східної частини Азії (північні райони Індії).

Найбільш добре відомим як важлива продовольча культура і широко оброблювана в багатьох країнах світу і у нас є гречка посівна, або звичайна. Це однорічна рослина висотою 50 – 150 см. Стебло гіллясте, порожнисте, циліндричне, колінчасте, червонувато-зеленого забарвлення. Листя мають прилистки у вигляді перетинчастих розтрубів, які охоплюють стебло біля основи черешка. Квітки розташовані на довгих пазушних квітконосах, зібрані в кисті і щитки. Тичинок вісім, що чергуються з вісьмома нектарниками, товкач один. Плоди – тригранні горішки з гладкими гранями і цільними ребрами, коричневого, чорного або сірого забарвлення (рис. 1.1). [28]

Іноді зустрічаються зерна дво- і чотиригранні. Зовні зерно покрите грубою плодової оболонкою (20 – 25 %), що нещільно охоплює ядро. Плодова оболонка зростається з ядром лише в одній точці – середині підстави ядра і легко віддільна від нього. Ядро (75 – 80 %) також тригранної форми, зовні вкрите тонкими насінневими оболонками (1,5 – 2,0 %), за якими розташований алейроновий шар (3,0 – 5,0 %). Усередині ендосперму, з невеликим виходом до поверхні, знаходиться сильно розвинений зародок (15 – 20 %). [15]

Частина зародка розташована на поверхні насіння під оболонками, а велика, що має 8-подібну форму, в середині ендосперму.

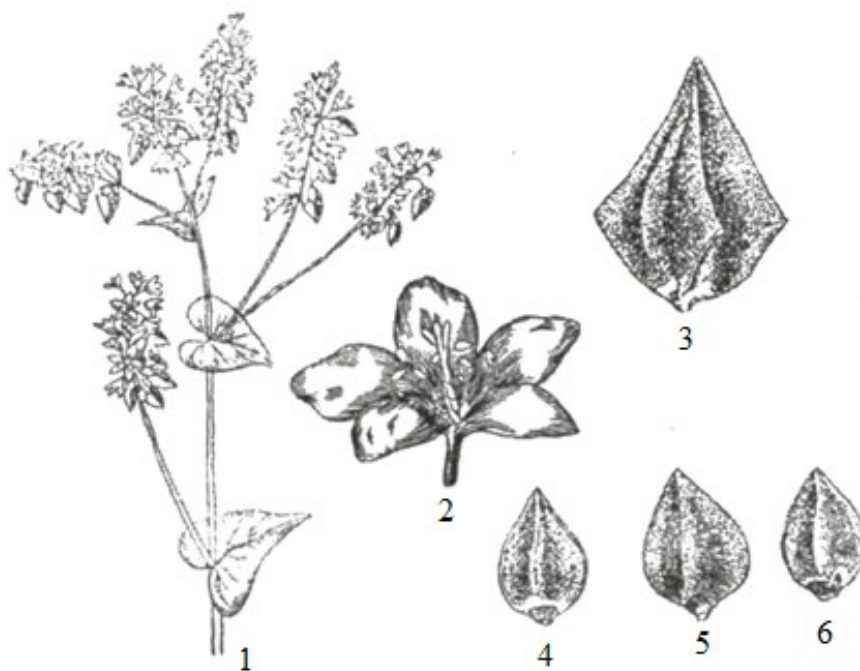


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд гречки і її плодів
1 – загальний вигляд; 2 – квітка; 3, 4, 5, 6 – плоди

Вага, розміри і форма зерна гречки коливаються в досить широких межах і є важливими ознаками, що характеризують технологічні властивості цієї культури. Технологічні властивості гречки – її здатність давати більший або менший вихід крупи-ядриці – обумовлені складною взаємодією різних факторів, у тому числі найбільше значення має крупність плодів.

Питома вага гречки – її натура – коливається в межах 550 – 690 г. [48]

1.2 Хімічний склад гречки

У насінні гречки міститься білка 8 – 16 % (в середньому – 11,1 %). По частинах зерна гречки білок розподілений так (%): ядро з зародком 13,5 – 15,0; зародок 40,0 – 49,5; плодова оболонка 3,0 – 5,0. Азот небілкових азотистих речовин становить в середньому 6 % від загальної кількості азоту зерна гречки (3,9 – 16,8 %). Фракційний склад білків зерна гречки представлений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Кількість азоту білкових фракцій зерна гречки, % від загального азоту сухого насіння

Показники	Загальний азот	Альбуміни	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни	Всього
Гречка	2,2 – 2,3	21,7 – 23,3	42,6 – 45	1,1 – 1,2	10,5 – 12,3	79,0 – 82,3

Для зерна гречки характерна майже повна відсутність проламінових білків (0,8 – 1,2 %), переважання над усіма фракціями глобулінів (42,6 – 45,0 %) і вміст значної кількості водорозчинних білків (18,2 – 23,3 %). У фракційному складі білків диплоїдного і тетраплоїдного зерна гречки істотних відмінностей немає. Амінокислотний склад білків зерна гречки представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Амінокислотний склад білків зерна гречки (% від загального вмісту білка)

Найменування	Коливання	Середній вміст	Найменування	Коливання	Середній вміст
Лізін	3,79 – 8,0	6,31	Аланин	3,37 – 6,50	5,26
Гістідін	1,74 – 3,50	2,58	Пистин	2,0 – 2,7	2,23
Аргінін	9,15 – 28,4	12,17	Валін	3,37 – 6,25	4,77
Аспаргінова кислота	6,0 – 11,80	8,67	Метіонін	0,63 – 2,60	1,49
			Ізолейцин	3,54 – 6,70	4,67
Треонін	2,10 – 3,85	3,21	Лейцин	3,35 – 7,93	6,26
Серії	2,0 – 6,67	4,22	Тирозин	1,76 – 3,48	2,66
Глютамінова кислота	7,0 – 20,97	14,42	Фенілаланін	3,4 – 4,96	4,13
Пролин	2,89 – 4,54	3,70	Триптофан	1,42 – 2,70	2,16
Гліцин	4,65 – 8,76	6,74	Сума незамінних амінокислот	32,1 – 41,2	34,8

Зерно гречки відрізняється високим вмістом незамінних амінокислот. За однією з найважливіших незамінних амінокислот – лізину – зерно гречки перевершує зерно проса, пшениці, жита, рису і наближається до соєвих бобів. За вмістом треонина зерно гречки перевершує зерно проса, пшениці і жита, а за вмістом валіна поступається лише рису.

За вмістом валіна зерно гречки може бути прирівняне до молока, по лейцину – до яловичини, фенілаланіну – до молока і яловичини. За вмістом триптофану зерно гречки не поступається продуктам тваринного походження.

Білки зерна гречки добре збалансовані за вмістом незамінних амінокислот. Виняток становлять ізолейцин і особливо сірковмісні амінокислоти, яких недостатньо в білках зерна гречки. [41]

Білкові речовини гречки не здатні формувати клейковину і в суміші з білками злаків не беруть участі в її утворенні. Борошно з гречки тому різко відрізняється за своїми технологічними властивостями від борошна пшениці і використовується для виробництва виробів, що не вимагають високої газотримуючої здатності. [47]

Підкреслюючи високий біологічний рівень білкових речовин (більш 90 %), ряд авторів відзначає негативний вплив клітковини і дубильних речовин – танінів – на їх засвоюваність (менше 80 %). [47]

У тілі людини жири виконують функції енергетичного і пластичного матеріалу. Біологічна цінність жирів залежить від легкості перетравлення і засвоєння в травному тракті і, головним чином, від кількості поліненасичених жирних кислот, що грають велику роль в процесах обміну речовин. [41]

Загальна кількість жиру в зерні гречки становить 1,8 – 3,9 %, при цьому по частинах гречки жир розподіляється наступним чином (%): плодова оболонка 0,5 – 1,3; ядро 2,2 – 3,0; насіннева оболонка 1,6 – 2,4; ендосперм 0,5 – 0,7; зародок 10 – 22. [15]

Істотні відмінності у відносному вмісті вільних, зв'язаних і міцнозв'язаних ліпідів пояснюються їх різною роллю в процесах життєдіяльності. Вільні ліпіди – це в основному запасні ліпіди, пов'язані – структурні. Тому кількісна

характеристика ліпідів зернових культур без урахування пов'язаних форм є абсолютно недостатньою (табл. 1.3). [16]

Таблиця 1.3 – Вміст вільних, зв'язаних і міцнозв'язаних ліпідів в зерні гречки

Культура	Вміст, %			
	Вільні	Зв'язані	Міцнозв'язані	Сума ліпідів
Гречка	2,7	0,8	0,2	3,7

Вільні ліпіди тільки частина загальної кількості ліпідів, хоча і значна (73 %). Другою за значенням групою є зв'язані ліпіди (21,5 %). Відносний вміст міцнозв'язаних ліпідів (5,5 %) в гречці значно менше, ніж двох інших груп. Слід зазначити, що в гречці, у порівнянні з іншими культурами, в найбільшій кількості містяться зв'язані ліпіди. [60]

За загальним хімічним складом плоди гречки відносяться до групи крохмалистих. Вміст крохмалю коливається від 50 до 70 % (для плодів з оболонками). [47] До складу вуглеводного комплексу ядра гречки також входять моно- і дицукри (їх сума коливається незначно від 2,1 до 2,6 %), декстрини (0,3 – 0,9 %), клітковина (1,2 – 1,8 %). У плодової оболонці вміст клітковини становить 10 – 17 %. [36]

На відміну від зернівки злаків тканини ендосперму гречки містять багато золи і є джерелом ряду найважливіших мінеральних елементів (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Вміст мікроелементів в зерні гречки

Мінеральний елемент	K	P	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	B	Cu
Вміст в гречці, мг/кг	5650	4900	2676	197	30,3	29,2	16,4	6,7	7,1

У порівнянні зі злаками, такими як рис, кукурудза або з пшеничним борошном гречка відрізняється великим вмістом цинку, міді і магнію. [10]

Гречана крупа є багатим джерелом вітамінів (мг/100 г): *B1* (0,43 – 1,09), *B2* (0,19 – 0,21), *PP* (4,19 – 6,10), *P* (6,00 – 11,20), *E* (8,73 – 9,11) та ін. [53]

1.3 Використання зерна гречки

У порівнянні з основними зерновими культурами гречка не може формувати високий урожай. Однак, як показує історія, в світовому землеробстві вона обробляється протягом 2 тис. років. Феномен гречки – в її різномічному використанні, у високій якості одержуваних з неї продуктів. На рисунку 1.2 показані варіанти використання гречки. [5]



Рисунок 1.2 – Основні напрямки використання гречки

У стандарті на гречку нормують наступні показники: кислотність, вміст обрушених зерен, масову частку ядра (для переробки в крупу цей показник повинен бути не менше 71 %, а для вироблення продуктів дитячого харчування – не менше 73 %), а також вологість, вміст смітної домішки. Відповідно до ДСТУ, кислотність зерна для вироблення продуктів дитячого харчування повинна бути не більше 4,5 град.

Стандарт також містить базисні і обмежувальні норми для гречки. Гречка повинна бути в здоровому негріющомуся стані, мати властиві здоровому зерну колір, запах (без затхлого, солодового, пліснявого, стороннього запахів).

Найбільш широке застосування гречка знаходить у вигляді крупи і частково борошна. [5; 18; 24]

1.3.1 Переробка зерна гречки в крупу

При переробці гречки в крупу отримують два основних види готової продукції: ядриця і проділ. Гречана крупа відрізняється високою харчовою цінністю і кулінарними властивостями.

Ядриця – ядро гречки, звільнене від плодових оболонки, неколоте (не проходить через сито з отворами розміром 1,6×20 мм), яке зберегло насіннєві оболонки і зародок. Висока зольність ядриця і вміст у ній порівняно великої кількості жиру пояснюються наявністю великого зародка. Ядриця – основний продукт гречезаводу.

Проділ – розколоте ядро гречки, що отримується проходом сита 1,6×20 і сходом сита №080, проділ – це крупа, одержувана неминуче в невеликій кількості в процесі переробки. [1]

Зерно очищають від насіння бур'янів, неповноцінних і нерозвинених (дрібних) зерен основної культури, зерен інших культур, від органічних, мінеральних і металомагнітних домішок. [18]

Важковідокремлюваними домішками для гречки є дика редька, пшениця, татарська гречка та ін. Особливість застосування просіювальних машин полягає в широкому використанні в них сит з трикутними отворами, а також фракційного

методу очищення зерна. На ситах з трикутними отворами виділяють в основному насіння дикої редьки і деякі інші домішки.

Зерно від домішок очищають на двох-трьох системах сепарування в повітряно-ситових сепараторах, в круп'яних розсівах А1-БРУ, тріерах, каменевідбірних машинах, аспіраторах (рис. 1.3).

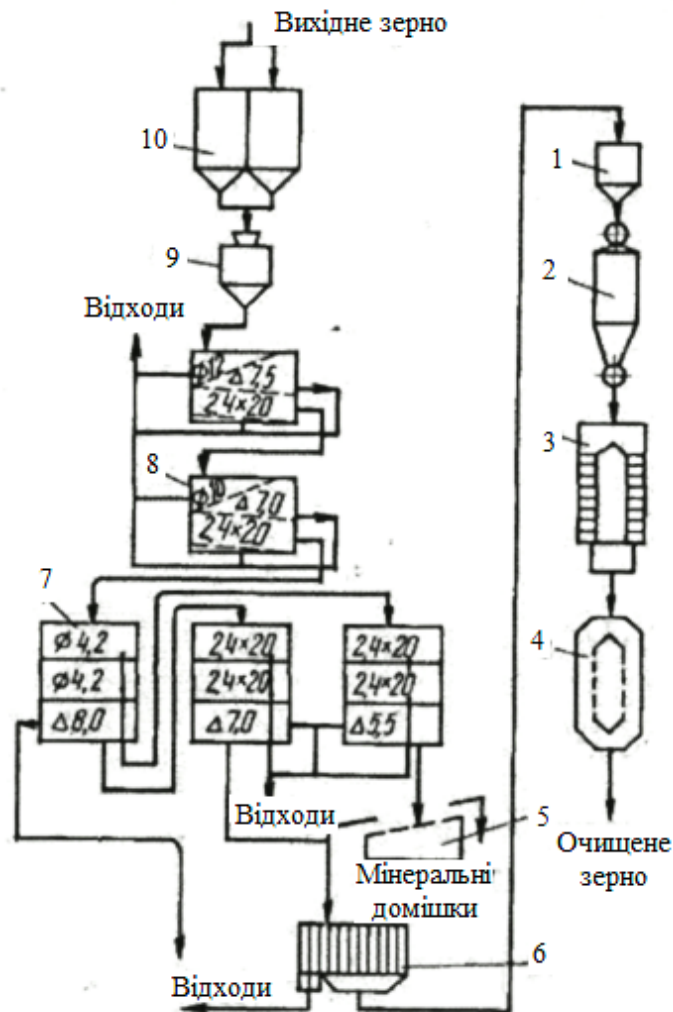


Рисунок 1.3 – Схема підготовки зерна гречки до переробки

- 1 – бункер; 2 – пропарювач; 3 – сушарка; 4 – охолоджувальна колонка;
 5 – каменевідбірна машина; 6 – трієр; 7 – розсів; 8 – повітряно-ситовий сепаратор;
 9 – автоматичні ваги; 10 – бункера для неочищеного зерна.

Після дворазового сепарування в розсіві А1-БРУ виділяються важковідокремлювані і великі домішки, а також зерно розділяється на дві фракції,

кожна з яких направляється окремо на наступні системи розсівів А1-БРУ. У цих розсівах виділяють дрібні і важковідокремлювані домішки, причому для виділення останніх застосовують сита з отворами різних розмірів: для великої фракції зі стороною 7 мм, для дрібної – 5,5 мм.

Мінеральні домішки містяться в основному в дрібній фракції, тому її направляють в каменевідбірні машини. Для виділення довгих домішок з великої фракції застосовують вівсюговідбірні машини з розміром комірок \varnothing 7 – 8 мм. Відходи контролюють в крупосортувальних машинах.

Гідротермічна обробка (ГТО), наступна за етапом очищення гречки, проводять для різних цілей. Після такої обробки поліпшуються технологічні властивості зерна, полегшується відділення оболонок при луценні, знижується дробильність ядра; поліпшуються споживчі властивості крупи, скорочується тривалість її варіння, консистенція каші стає більш розсипчастою, підвищується стійкість крупи при зберіганні в результаті інактивації ферментів, які сприяють псуванню крупи. [18]

Схема гідротермічної обробки включає пропарювання зерна, його сушку та охолодження. При ГТО зерно зволожують і пропарюють при тиску пари 0,15–0,30 МПа протягом 3 – 5 хв, потім висушують до вологості 12 – 14 %.

Гідротермічна обробка зерна істотно підвищує вихід ядриці в результаті зниження кількості проділу, а також вихід крупи першого сорту. Так, загальний вихід крупи підвищується на 1 %, вихід ядриця першого гатунку – з 52 до 59 %, вихід проділу знижується з 10 до 5 %.

Особливість технології гречаної крупи складається з роздільної переробки зерна по фракціям. Зерно в розсівах А1-БРУ ділять на шість фракцій. Це дає можливість подальшого поділу суміші лущених і нелущених зерен, поліпшення умов лущення зерна, додаткового виділення важковідокремлюваних домішок, яке відбувається на ситах з трикутними отворами.

Зерно поділяють, тобто калібрують, на ситах з отворами \varnothing 4,5 – 4,2 – 4,0 – 3,8 – 3,6 – 3,3 мм.

Калібрувати зерно необхідно з великою точністю, тобто в кожній фракції має бути якомога менше зерна інших фракцій, особливо дрібнішого. Наявність більш дрібного зерна у фракції призводить до засмічення нелущеними зернами ядриці, що знижує її якість. Вміст зерна більш дрібних фракцій в кожній фракції зерна не повинно перевищувати 2 – 6 %. Про особливу значущість операції калібрування (ділення на фракції) свідчить і та обставина, що для її здійснення відводять половину всієї просіювальної поверхні гречезавода, навантаження на яку вдвічі менше, ніж на борошномельних заводах.

Весь цикл переробки – лущення зерна і сортування продуктів лущення – для кожної з шести фракцій здійснюється окремо. Ці схеми практично однакові, відрізняються лише ситами, застосовуваними для поділу лущених і нелущених зерен.

Зерно лущать в вальцедекових верстатах. Так як ядро гречки дуже крихке, коефіцієнт лущення зерна порівняно невисокий, особливо для дрібних фракцій. Це викликає багаторазове збільшення фактичного навантаження на устаткування. Технологічна схема повинна бути гнучкою, щоб забезпечити можливість рівномірного завантаження устаткування при зміні крупності вихідного зерна.

Продукти лущення зерна сортують в розсівах А1-БРУ або крупосортувальних машинах. Для поділу суміші лущених і нелущених зерен в просіювальних машинах застосовують сита з круглими отворами, діаметр яких на 0,2 – 0,3 мм менше, ніж розмір отворів сит, сходом з яких отримана дана фракція. Сходом цього сита отримують суміш нелущених зерен і лушпиння, після виділення останньої в аспіраторах залишилися нелущені зерна повертають для повторного лущення в вальцедековий верстат тієї ж системи. Прохід сита є сумішшю ядриці, лушпиння, проділу і мучки.

Для відділення проділу разом з мучкою і частиною лушпиння застосовують сита з отворами розміром 1,6 – 1,7×20 мм. Сходом з цього сита отримують ядрицю. Прохід сита з отворами 1,6×20 мм направляють на контроль проділу.

Виділена ядриця після сортування продуктів лущення всіх фракцій зерна з'єднується і надходить на контроль ядриці. Так само об'єднують лузгу і проділ з мучки.

Для виділення важковідокремлюваних домішок з крупи можливе застосування розсівів з модернізованими ситовими рамами і падді-машин, що дозволяє істотно знизити вміст цих домішок у готовій продукції.

В результаті переробки хімічний склад крупи змінюється (табл. 1.5), засвоюваність підвищується, смакові і кулінарні гідності поліпшуються. [18, 24]

Таблиця 1.5 Середній хімічний склад гречаної крупи (на 100 г крупи)

Вид крупи	Білки	Жири	Вуглеводи		Клітковина	Зола
			Моно- і дисахариди	Крохмаль		
Ядриця	12,6	3,3	1,4	60,7	1,1	1,7
Проділ	9,5	2,3	1Д	64,8	1,1	1,3

Однак, багатьма дослідниками відзначається недосконалість існуючої технології переробки гречки в крупу.

Відзначається, що існуюча технологія виробництва гречаної крупи досить енергоємна через періодичності роботи пропарювача і низьку ефективність парових сушарок. [43]

Говориться про те, що існуючі лушильні установки не можуть ефективно працювати без відповідної підготовки зерна до переробки, мають малу продуктивність, невисокий ступінь лущення, низький коефіцієнт вилучення ядра, високу ступінь засміченості продуктів лущення елементами зносу робочих органів. [64]

Недостатньо повно реалізуються резерви збільшення виходу, що становить 67 % і поліпшення якості готової продукції. Це пов'язано не тільки з організацією технологічного процесу, режимами обробки сировини, а й обумовлено недосконалістю використовуваного технологічного обладнання. [56]

При виробництві гречаної крупи ядриці, що має високу харчову цінність і лікувальні властивості, навіть при найкращих показниках її переробки понад 5 – 7 % ядра перетворюється в продукти зниженої товарної та споживчої цінності – проділ і мучку. [36]

У зв'язку з цим, постійно ведеться робота спроби вдосконалення існуючої технології переробки гречки в крупу.

Так, пропонується здійснити модернізацію етапу гідротермічної обробки. Передбачається попереднє зволоження зерна і підсушування, підігрівання перед подачею до пропарювача, переведення парових агрегатів на комбінований спосіб сушіння. Завдяки попередньому підігріванню прискорюють пропарювання зерна. При цьому продуктивність пропарювача підвищується на 12 – 18 %. При цьому легше відокремлюються оболонки, менше подрібнюється ядро, на 3,5 – 4,5 % підвищується загальний вихід крупи, зменшується кількість колотого ядра і вміст нелущених зерен в крупі. Крім того, тривалість варіння крупи скорочується на 3 – 5 хв., вона набуває однорідний темно-коричневий колір, доброякісність ядра підвищується на 0,3 %. [43]

Запропоновано спосіб, який передбачає обсмажування очищеного зерна гречки при 170 – 200 °С протягом 3 – 5 хв, зволоження водою з температурою 90 – 100 °С до масової частки вологи в зерні 19 – 21 %, пропарювання паром з атмосферним тиском протягом 4,9 – 5 хв, відволоження протягом 1 – 2 год. в ізотермічних умовах, підсушування до масової частки вологи не вище 13,5 % і охолодження до температури, що не перевищує температуру навколишнього повітря виробничого приміщення на 6 – 8 °С. Результатом даного способу є поліпшення споживчих переваг і якісних показників готового продукту: кольору, смаку, запаху, збільшується коефіцієнт лущення зерна, скорочується час варіння крупи, що відбувається за рахунок зниження тиску пари до атмосферного при гідротермічної обробці гречки. При цьому наголошується, що вихід крупи не зменшується в порівнянні з базисним, а спосіб може бути реалізований на підприємствах малої потужності. [73]

Технологія вироблення гречаної крупи з двоетапною ПЧ-обробкою при переробці її з попередніми зволоженням до 24 – 25 %. Дана технологія дозволяє підвищити вихід ядриці до 74,3 % при загальному виході крупи 75,3 %. [36]

Конструкція лушильної установки, в якій зерно з бункера дозовано подається на лопатеве колесо вентилятора, яке розганяє порцію зерна разом з повітрям і подає до лушильної камери, де при ударі об робочу поверхню і прослизанні по ній, а також під впливом повітряного потоку відбувається відділення оболонок від ядриці. Після чого продукт лушення подається в пневмосепаратор, де відбувається його сортування.

Така конструкція лушильної установки дозволяє виключити з технологічної лінії обладнання для попереднього (перед лушенням) поділу зерна на фракції, а також обладнання для сортування продуктів лушення. Порівняльні випробування пневмомеханічного лушильника з вальцедековим верстатом показали, що він забезпечує підвищення продуктивності на 50 %. Даний лушильник рекомендований автором для застосування в умовах сільськогосподарського товаровиробництва. [64]

Так само групою авторів пропонується вести переробку зерна без поділу на фракції і після гідротермічної обробки при відволоженні зерно підсушувати до вологості 15,5 – 18 %. Лушення проводити відцентровим лушильником при швидкості зіткнення зерна про нерухому перешкоду 55 – 58 м/с. Після виділення з проміжного продукту крупи проводять її досушування до вологості зберігання 13 %. Винахід дозволяє поліпшити (спростити) технологічний процес і знизити витрату енергії на термообробку. [44] Однак слід зазначити, що інформації про вихід крупи при застосуванні даного методу не наводиться.

З наведених прикладів видно, що основними напрямками вдосконалення технології переробки гречки в крупу є модернізація обладнання і режимів гідротермічної обробки, а також обладнання лушильного відділення гречезаводу. Основною метою запропонованих нововведень є скорочення енерговитрат на вироблення кінцевої продукції і поліпшення споживчих переваг крупи при збереженні або підвищенні її базисного виходу.

1.3.2 Вироблення гречаних пластівців

В даний час пластівці отримують з багатьох культур. Причому з кожним роком асортимент сировини стає все більш різноманітним. Крім традиційно використовуваних культур для виробництва пластівців (вівса, пшениці, кукурудзи) в останні роки все більшого поширення знаходять рисові, гречані, житні, пшеничні і горохові пластівці. [49]

Технологія виробництва гречаних пластівців як правило така ж як і вівсяних. Але структурно-механічні властивості вівсяного і гречаного ядра істотно розрізняються. Ядра гречки більше тендітні й менш міцні, ніж вівсяні. Тому при плющенні гречаного ядра утворюється досить багато крихти і мучки, а самі пластівці порівняно неміцні. [57] Відповідно до літературними даними вироблення гречаних пластівців ведеться, як правило, з крупи.

Так, запропонований спосіб виробництва пластівців з круп підвищеної поживної цінності, з великим виходом. Для вироблення гречаних пластівців крупу зволожують шляхом занурення в воду з температурою 85 °С і витримки в ній протягом 85 – 90 с. Зволожену крупу при термообробці ІЧ-випромінюванням в два етапи, на першому з яких впливають ІЧ випромінюванням з довжиною хвилі 3,35 мкм і щільністю потоку 10кВт/м² до досягнення на поверхні крупи температури 100 °С, а на другому – ІЧ випромінюванням з довжиною хвилі 1,0 мкм і щільністю потоку 20кВт/м² протягом 8 с. Отриманий напівфабрикат охолоджують шляхом зволоження розпорошеною в повітрі водою з вмістом цукру 6 % з температурою навколишнього середовища до досягнення вологості 20 %. Потім напівфабрикат піддають плющенню. Вихід пластівців становить 92 – 96 %, поживна цінність підвищується за рахунок декстринізації і збільшення водорозчинних сполук. [72]

Також відомий спосіб, при якому гречану крупу доводять до вологості 17,0 % в шнековом зволожувачі. Зволожену крупу при термообробці протягом 45 с інфрачервоним випромінюванням з довжиною хвилі 1,0 мкм і щільністю потоку 22 кВт/м² з нагріванням крупи до температури 140 °С і збільшенням зернівки в обсязі в 1,1 рази.

Термооброблену крупу темперуючі протягом 11 хв в теплоізолюваному бункері. Потім крупу зволожували на 2 % зі зниженням температури до 75 °С, після чого здійснюють плющення крупи до товщини пластівців 0,25 мм. Отримані пластівці примусово охолоджують до температури навколишнього середовища (20 °С), після чого готові до вживання пластівці мають вологість 14 %. [46]

Кафедрою «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції» ДДАЕУ було розглянуто спосіб вироблення пластівців з крупи, отриманої з використанням гідротермічної обробки, режими якої відповідали рекомендаціям Правил організації і ведення технологічного процесу на круп'яних підприємствах. Крупу піддають різним видам гідротермічної обробки: зволоженню, відволожуванню і пропарюванню; подвійному пропарюванню. Вихід пластівців становить близько 96 %. Тривалість варіння пластівців 2,5 – 3 хв. Пластівці можна приготувати, заливши їх окропом або молоком. [57]

З наведених прикладів видно, що для пластифікації крупи і відповідно зниження кількості крихти і мучки в пластівцях, крупу необхідно звожити і піддати прогріванню (пропарювання, обробка ІЧ випромінюванням і т.д.).

Гречана крупа через своїх властивостей, будови вимагає дуже серйозної підготовки, щоб потім були отримані саме пластівці, а не суміш деякої кількості пластівців з мучки.

1.4 ІЧ-опромінення, як один із методів гідротермічної обробки зерна

Гідротермічна обробка є одним з кращих методів підготовки зерна до переробки в борошномельній і круп'яній промисловості. Головним завданням гідротермічної обробки є спрямована зміна вихідних технологічних властивостей зерна з збільшення виходу і поліпшення якості готового продукту.

Крім традиційних методів гідротермічної обробки (зволоження, пропарювання) набули поширення і менш відомі методи, наприклад, ІЧ-обробка зерна.

Метод ІЧ-опромінення, є одним з фізичних методів обробки харчових продуктів, який знаходить все більше застосування в різних галузях харчової промисловості: кондитерської, консервної, харчоконцентратної та інших. ІЧ-опромінення застосовується в таких технологічних процесах, як нагрівання, сушіння, термічна обробка зернової сировини, випічка, обсмажування, бланшування. Відзначається рентабельність застосування даного методу в харчовій промисловості, позитивний вплив ІЧ-обробки на харчові продукти. [7]

Застосування ІЧ-обробки різних зернових культур передбачає можливість цілеспрямовано змінювати біохімічні, фізико-технологічні та органолептичні властивості продукту. Змінюючи режимні параметри обробки: вихідну вологість, час, температуру, щільність опромінення, можна прогнозувати кількість декстринів і ступінь клейстеризації крохмалю, проводити м'який гідроліз білків практично без втрати їх розчинності, з мінімальними втратами зберегти вітамінний комплекс сировини, пригнічувати ферменти, поліпшити санітарний стан, збільшити сорбційні властивості і набрякання зерна і значно знизити його міцність. [4]

Під інфрачервоним опроміненням прийнято розуміти невидиму оком область випромінювання, що примикає до червоного спектру видимого світлового опромінення, з довжиною електромагнітних хвиль від 0,76 до 400 – 500 мк. Іноді виділяють в області інфрачервоного опромінення зону субінфрачервоних променів, що генеруються інфрачервоними лампами, довжина хвилі основної частини опромінення яких становить від 0,76 до 5,3 мк.

Інфрачервоні промені відрізняються від інших електромагнітних коливань частотою, довжиною і швидкістю поширення хвиль. Тепловий вплив інфрачервоних променів пояснюється в даний час подвійністю електромагнітного поля або хвильової природою квантів. При цьому джерело опромінення створює електромагнітне поле, що слугує носієм енергії; тепла енергія передається за допомогою цього поля і поглинається предметами навколишнього середовища, тобто атомами речовини, що опромінюється. [6]

При поглинанні енергії підвищується рівень власних коливань атомів, що означає перетворення енергії випромінювання в теплову енергію. Від загальної кількості підводиться до опромінюваного предмету енергія випромінювана в одиницю часу одна частина поглинається, інша – відбивається і третя – пропускається тілом. Більшість вологих продуктів має високу здатність до поглинання; вона залежить, однак, від будови поверхні, хімічного складу і форми тіла.

Особливістю застосування інфрачервоного випромінювання в харчовій промисловості для процесів, пов'язаних з прогріванням матеріалів (випічки, обсмажування, сушіння, термічної дії на зерно і на борошно), є проникнення в них на деяку глибину променистого потоку. Глибина проникнення інфрачервоних променів в матеріал, залежить від його властивостей, структури та характеру поверхні, а також від довжини хвилі опромінення. [6, 8]

Для таких колоїдних капілярно-пористих продуктів як тісто, хліб, борошно або зерно, глибина проникнення ІЧ-променів може бути від десятих часток до декількох (<7) міліметрів. [2, 3]

Особливістю передачі тепла матеріалами, що нагрівається інфрачервоним опроміненням, в порівнянні з конвективною передачею, є можливість створення у багато разів більшою щільності потоку тепла. Це дозволяє досягти значно більших швидкостей прогріву матеріалу. [1, 6] Специфічний вплив ІЧ-опромінення на харчові продукти рослинного і тваринного походження пов'язане з інтенсифікацією процесів біохімічних перетворень внаслідок резонансного впливу поглиненої енергії на зв'язку атомів в молекулах, частоти коливань яких збігаються або кратні частоті падаючого інфрачервоного опромінення.

Рослинні жири в порівняно великій кількості містяться в насінні олійних культур – соняшник, рицина, коріандр. Багато жиру в сої, льняному насінні. У зернових культурах, гречці жирів міститься мало, при цьому вони в основному зосереджені в зародку і алейроновому шарі.

Тривала дія підвищеної температури в присутності кисню, вологи і особливо кислот і лугів призводить до омилення жирів з виділенням вільних гліцерину і

жирних кислот або їх солей. Окислення вільних жирних кислот, в першу чергу, ненасичених, є причиною прогіркання жиру. Цьому процесу сприяють ферменти олійної сировини. [5]

Також можна відзначити використання ІЧ-обробки у виробництві зернових пластівців, що базується на технології лушення попередньо зволоженого зерна з подальшому отриманням крупи, запропонованої професором Є.М. Мельниковим. Крупа з виходом 90 %, маючи хороші споживчі властивості, багата клітковиною (харчовими волокнами), амінокислотами, вітамінами, мікроелементами. Подальше перетворення вологої крупи в пластівці включає операції термообробки ІЧ-опромінення, плющення і охолодження. Пластівці, виготовлені за даною технологією, відрізняються меншою крихкістю, великим вмістом великої фракції, мають більш привабливий вигляд, краще зберігають форму при варінні, менше сухих речовин переходить у варильну воду. Крім того, вони мають підвищений вміст натуральних біологічно активних речовин. Час варіння до готовності становить 3 – 4 хв. За даною технологією можна робити пшеничні, ячмінні, житні, кукурудзяні пластівці.

Зелінська Л.С. запропонувала технологічний процес переробки гречки з використанням інфрачервоного опромінення, який дозволяє знизити крихкість ядра, за рахунок чого збільшується вихід ядриці на 5 – 7 %. Встановлено, що мікронізація гречки та крупи призводить до повного знищення мікрофлори, що сприятливо позначається на зберіганні крупи. Переробка гречки із застосуванням ІЧ-опромінення сприяє отриманню гречаної крупи з покращеними споживчими перевагами, зокрема зі зменшенням часу її варіння. За допомогою даного способу обробки можна задовольнити специфічні вимоги до технологічного процесу: збереження в продуктах поживних речовин і вітамінів, ароматичних і смакових властивостей. [5]

Отже, основними напрямками вдосконалення технології переробки гречки в крупу є модернізація обладнання, розробка та дослідження нових способів гідротермічної обробки, а також обладнання луцильного відділення крупозаводів.

Висновки до розділу

Серед круп'яних культур гречка займає особливе місце. Завдяки високою харчовою і біологічною цінністю, продукти, що виробляються з гречки, широко використовуються не тільки в громадському, а й в дитячому і дієтичному харчуванні. Однак, в даний час основними продуктами, виробленими з гречки, є ядриця і проділ.

Традиційна технологія переробки гречки в крупу, маючи розгалужені потоки, характеризується значною енергоємністю. Недостатньо повно реалізуються резерви збільшення виходу гречаної крупы, що становить 67% .

В даний час пластівці отримують з багатьох культур. Причому з кожним роком асортимент сировини стає все більш різноманітним. Крім традиційно використовуваних культур для виробництва пластівців (вівса, пшениці, кукурудзи) в останні роки все більшого поширення знаходять рисові, гречані, житні, пшеничні і горохові пластівці.

Гречка через своїх властивостей, будови вимагає дуже серйозної підготовки до плющення, щоб потім були отримані саме пластівці, а не суміш деякої кількості пластівців з мучки.

Гідротермічна обробка є одним з кращих методів підготовки зерна до переробки в борошномельній і круп'яній промисловості. Головним завданням гідротермічної обробки є спрямована зміна вихідних технологічних властивостей зерна з збільшення виходу і поліпшення якості готової продукції.

Крім традиційних методів гідротермічної обробки (зволоження, пропарювання) набули поширення і менш відомі методи, наприклад, ІЧ-обробка зерна.

Дослідження проводилися в лабораторії кафедри «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції» Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

2.1 Характеристика зерна гречки

При проведенні досліджень використовувалися зразки сортового і рядового зерна гречки чотирьох партій: сорт Єлена врожаїв 2018, 2019, 2020 р. та звичайної врожаю 2017 р Дніпропетровської області.

Показники якості гречки наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості досліджуваних партій гречки

Найменування показника	Одиниця виміру	Показники
Колір Запах Смак		Колір нормального зерна Запах відповідає здоровому зерну Смак, характерний доброякісному зерну
Вологість	%	9,5 – 14,3
Зараженість шкідниками	–	Чи не виявлена
Вміст смітної домішки	%	0,5 – 1,0
Вміст зернової домішки	%	0,2 – 0,9
Плівчастість	%	21,6 – 28,4
Вміст ядра	%	71,2 – 78,2

Відповідно з якісними показниками, представленими в таблиці 2.1, досліджувана гречка відповідає 2-ому класу, відповідно до вимог ДСТУ 19092-2006 «Гречка. Вимоги при заготівлях і поставках».

2.2 Вироблення гречаних пластівців у лабораторних умовах

Для вироблення пластівців в лабораторному розсіві відбирали окрему фракцію гречки, яка відповідно до [61], в умовах гречезавода може бути виділена на етапі попереднього сепарування, здійснюваного в зерноочисному відділенні.

При виробленні пластівців з зерна, що пройшло ГТО, або крупи, спочатку проводили пропарювання, сушіння охолодження відповідно до традиційних режимам круп'яного виробництва. [61]

Зволоження, відволоження, пропарювання, сушіння та охолодження проводили аналогічно описаному в п. 1.3 з тим винятком, що при наявності в схемі підготовки гречки до плющення етапу темперування, відволоження проводили в термоізольованій ємності.

Після завершення гідротермічної обробки гречку лушили в лабораторному вальцедековому верстаті до повного лушення (вихід ядра становив 74 – 76 %). Продукти лушення пропускали через аспіратор, відокремлюючи таким чином лузгу, поділяли в лабораторному розсіві на крупу, мучку.

При виробленні гречаних пластівців також застосовувався такий спосіб теплової обробки, як обробка напівфабрикатів інфрачервоним випромінюванням. Інтенсивна тепла обробка за допомогою впливу на сировину інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 1,1 мкм здійснювалася на установці для обробки харчової сировини, оснащеної знімним піддоном і набором з п'яти знімних ламп, встановленої в лабораторії кафедри «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції».

ІЧ-обробка напівфабрикатів (зволожене зерно гречки), здійснювалася наступним чином: зволожена гречка поміщалася на піддон установки рівним шаром, після чого переміщалася в зону нагріву і піддавалася впливу інфрачервоного випромінювання. При цьому контролювалася тривалість обробки.

Плющення підготовленої гречки в пластівці здійснювали в установці гладкими валами і співвідношенням окружних швидкостей валів 1:1.

Крихкість гречаних пластівців визначалася за методикою [22], в лабораторному розсіві з використанням набору сит.

Визначення крихкуватості проводили наступним чином: наважка продукту (пластівців) 45 – 50 г з попередньо відібраної крихтою і мучки поміщали на штаповані металеве сито першого типу з діаметром отворів 2,5 мм разом з руйнівними елементами, масою 35 г. Після чого сито ставили на піддон, закривали кришкою і закріплювали в лабораторному розсіві. Процес руйнування продукту проводили протягом 1 хвилини. Отриманий після руйнування продукт повторно просівали і визначали величину крихкуватості з наступного співвідношення:

$$K_p = \left(\frac{M_{np}}{M_{не}} \right) \cdot 100, \% \quad (2.1)$$

де K_p – крихкуватість, %;

M_{np} – маса зруйнованого продукту (прохід через сито $\varnothing = 2,5$ мм.), г;

$M_{не}$ – маса наважки аналізованого продукту, г.

Тобто кількість крихти і мучки, що додатково утворилася розглядали як показник крихкості (міцності) пластівців.

Оптимізацію вироблення гречаних пластівців проводили за принципом постановки багатофакторного експерименту. Методики проведення експерименту і наступних розрахунків представлені в [27, 67].

Визначення середнього розміру пластівців проводилася за допомогою гранулометричного вимірювального пристрою ДІУ-2 і програмного продукту для ЕОМ «Flour».

Введення зображення здійснюється за допомогою спеціалізованого пристрою (ДІУ-2). ДІУ-2 являє собою електронний мікроскоп, підключений до ЕОМ.

Програма «Flour» призначена для введення та обробки зображень, що містять множинні окремі відмінні за яскравістю об'єкти на однорідному фоні, а також для накопичення результатів обробки.

Висновки до розділу

Було теоретично обґрунтовано можливість застосування при виробництві гречаних пластівців одночасно двох способів енергопідводу – ІЧ-випромінювання і пропарювання. Експериментальними дослідженнями підтверджена ефективність послідовної обробки гречки ІЧ випромінюванням, призводить до деякого розпушення структури ядра, з подальшим пропарюванням, що сприяє його пластифікації.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Найбільш широке застосування гречка знаходить у вигляді крупи. В значно меншій мірі використовуються продукти швидкого приготування з гречки –

пластівці, а також борошно. У нормативно-технічних джерелах відсутні рекомендації щодо вироблення таких продуктів, а в літературних джерелах є суперечливі і недостатньо обґрунтовані рекомендації по виробництву та використанню гречаних пластівців.

Істотно розширився асортимент продуктів з гречки визначає необхідність розробки комплексної технології її переробки.

Була розроблена технологія комплексної переробки гречки, яка схематично представлена на рисунку 3.1.

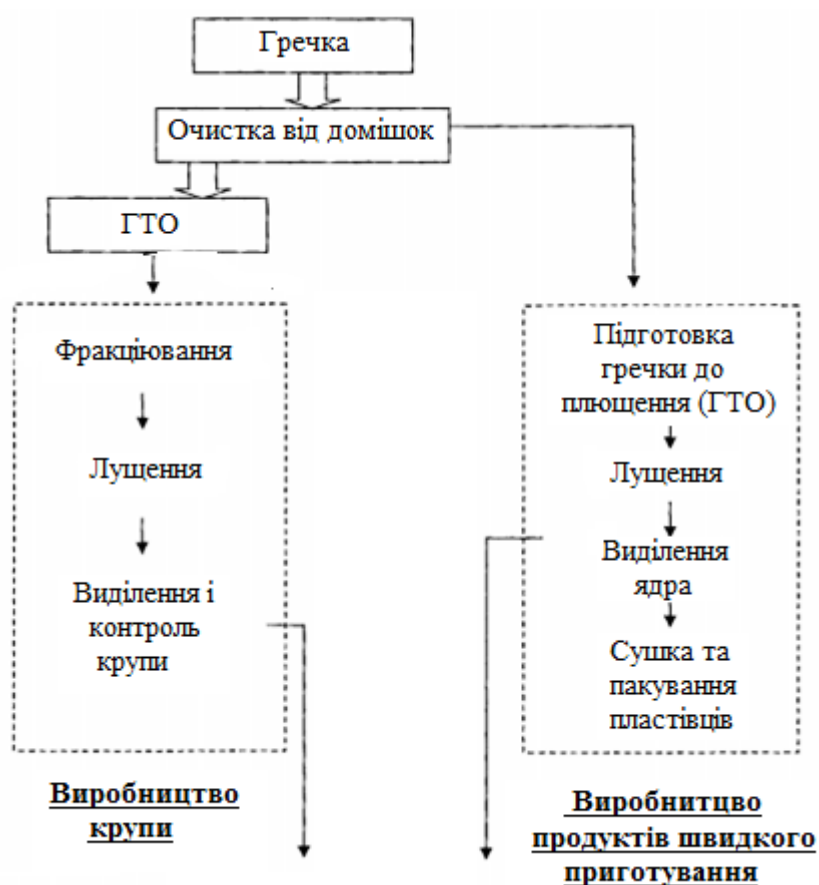


Рисунок 3.1 – Схема комплексної технології переробки гречки

Представлена на рисунку 3.1 схема комплексної технології передбачає виробництво з гречки традиційних продуктів – крупи, а також продуктів швидкого приготування і борошна. Наведена схема дозволяє застосовувати специфічні режими і способи ГТО гречки, цілеспрямовано змінюючи властивості сировини

для більш повного використання ресурсів зерна, підвищуючи вихід і якість кінцевих продуктів.

3.1 Підвищення ефективності калібрування окремих фракцій гречки

Однією з особливостей технології виробництва гречаної крупи є роздільна переробка гречки по фракціям. Гречку в розсівах ділять на шість фракцій. Зерно поділяють, тобто калібрують, на ситах з отворами $\varnothing 4,5 - 4,2 - 4,0 - 3,8 - 3,6 - 3,3$ мм. [18]

Ретельне сортування гречки на фракції викликається необхідністю, з одного боку, досягнення найбільшого коефіцієнта лущення при мінімальному дробленні ядра, з іншого – більш повного відділення ядра від нелущеного зерна. [26]

При калібруванні найважливіше – домогтися мінімального вмісту у фракції дрібних зерен. Решта у фракції, такі зерна не можуть бути виділені з крупи, засмічують її, знижуючи сорт, або робить крупу взагалі нестандартної.

Для операції калібрування на крупозаводі виділяється до 50 % всієї поверхні, що просіює, так як більшість фракцій багаторазово пропускається через просівальні машини для ретельного виділення більш дрібних для даної фракції зерен. [81]

Для повного виділення більш дрібних для даної фракції зерен на ситах повинна бути забезпечена оптимальна висота шару продукту. Саме від висоти шару продукту на ситі залежить ефективність виділення проходових фракції. При товщині, меншою, ніж оптимальна, частки нижнього шару внаслідок ударів об поверхню сита втрачають контакт з ним і ймовірність їх просіювання зменшується; збільшення маси верхніх шарів до певної межі протидіє цьому. При товщині продукту, більшою, ніж оптимальна, знижується інтенсивність самосортування і зменшується швидкість просіювання проходових частинок через підвищене тертя об суміжні частинки і поверхню сита, що знижує проходження їх через отвори. [19]

Кількість гречки у фракціях досить різна, основна маса гречки міститься в перших великих фракціях. Зерно, зареєстрованих в Україні сортів гречки, містить 80 – 90 % фракцій, одержуваних сходом з сит діаметром 4,5 і 4,2 мм. [26]

При просіюванні останніх фракцій, особливо при невеликій продуктивності підприємства, неможливо забезпечити необхідну висоту шару, а також багаторазовий пропуск гречки через просіювальні машини.

Пропонується нове рішення задачі підвищення ефективності відсіювання дрібного насіння гречки з фракцій.

Після калібрування перша частина отриманої фракції гречки направляється на лущення, друга частина фракції повертається для повторного сортування на ту ж просіювальну машину. Проходячи повторно через машину, друга частина фракції додатково звільняється від дрібних зерен. При сталому режимі процесу кількість подаваного на сортування зерна зростає, після фракціонування на лущення надходить вся кількість початкового зерна. Зерно, що повертається на повторне сортування продовжує циркулювати в заданому співвідношенні.

Змінюючи співвідношення потоків, які направляються на лущення і повторне просіювання, можна встановити оптимальне навантаження на просіювальну машину, незалежно від вихідного фракційного складу гречки, і підвищити ефективність відділення дрібних зерен.

Поділ потоків в потрібному співвідношенні може бути досягнуто шляхом послідовної установки двох клапанів, з яких перший здійснює сталість величини потоку зерна на будь-якій одиниці довжини клапанної коробки, другий ділить потік на дві частини в заданому відношенні. Подібний пристрій дозволяє ділити потік зерна на дві фракції в заданому співвідношенні незалежно від можливої зміни початкової кількості подаваного на сортування зерна.

Існуюча і пропонована схеми фракціонування гречки представлені на рисунках 3.2 – 3.3.

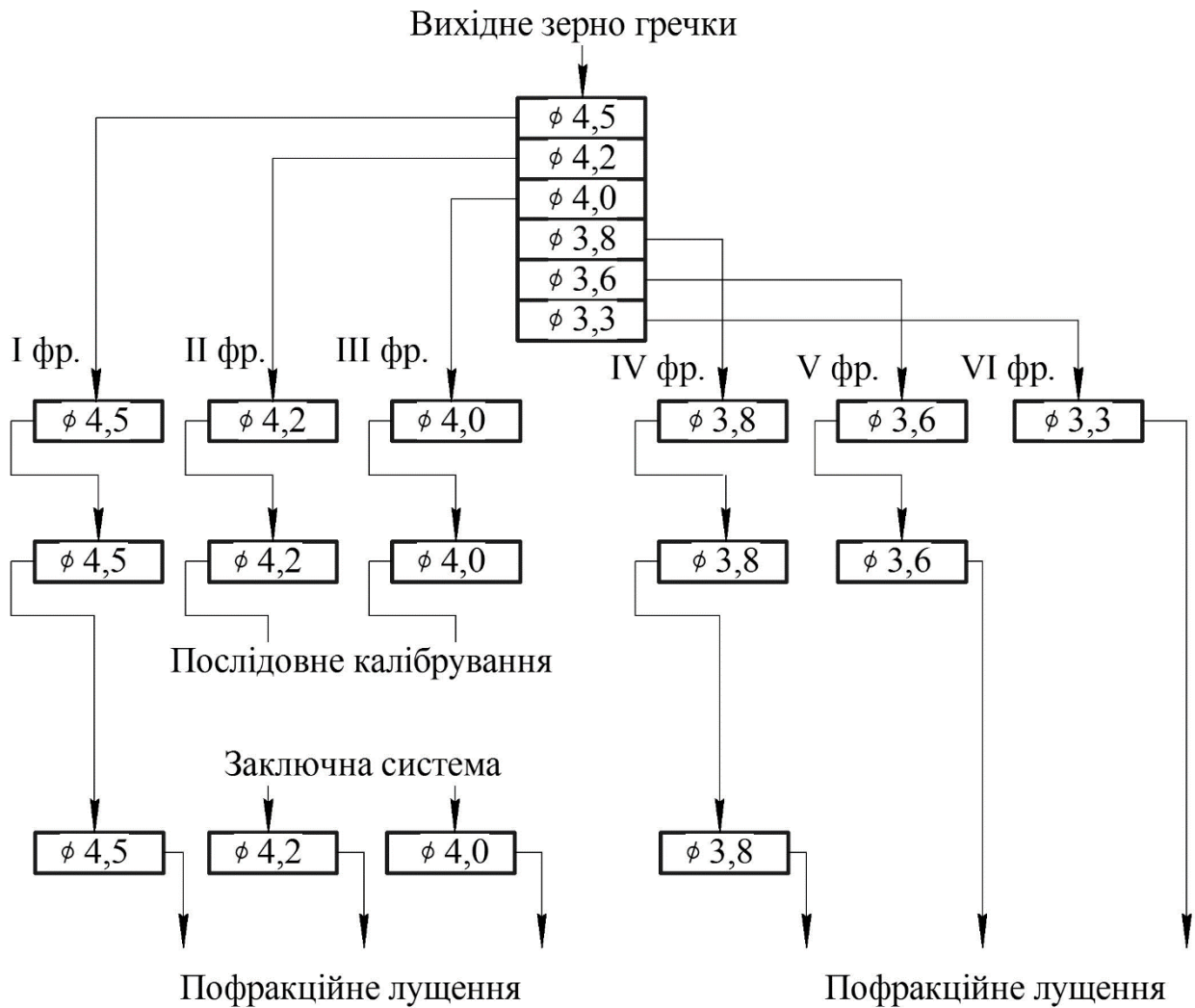


Рисунок 3.2 – Існуюча схема фракціювання гречки

У лабораторних умовах було поставлено експеримент, метою якого було визначення доцільності застосування запропонованої схеми фракціювання гречки.

Для цього виділили середню пробу гречки, масою 3 кілограми, і провели її сортування в лабораторному розсіві, схема розсівання представлена на рисунку 3.4.

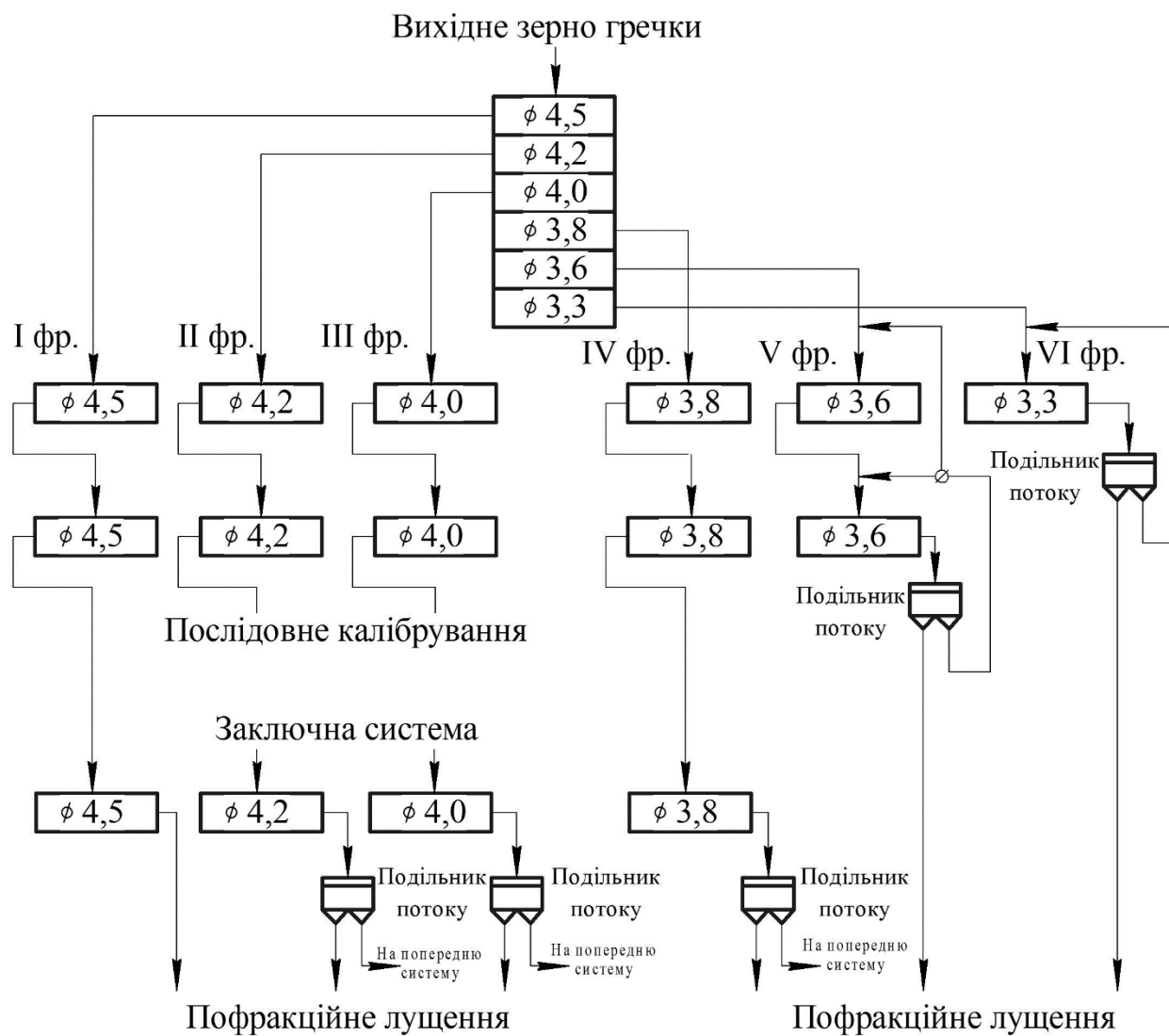


Рисунок 3.3 – Пропонована схема фракціонування гречки

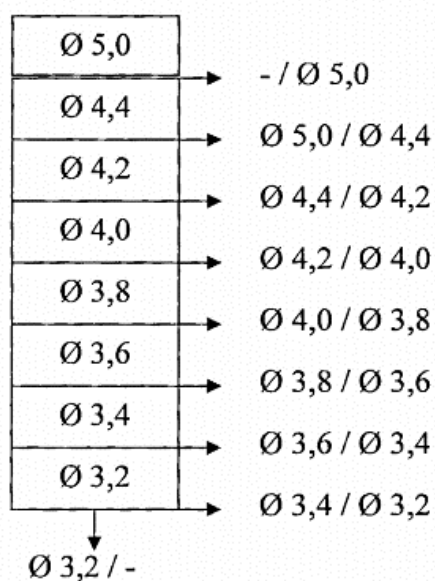


Рисунок 3.4 – Схема лабораторного розсіву

У першому випадку на сито $\varnothing 5,0$ помістили наважку гречки 400 – 450 г, яку просівають протягом трьох хвилин, після цього сід з сит відділявся, а на верхнє сито поміщено нову наважку тієї ж маси. Після повного фракціювання виділених трьох кілограмів гречки визначали кількість недосіву в кожній фракції.

У другому випадку також на сито $\varnothing 5,0$ спочатку поміщено наважку гречки 400 – 450 г, яку просівають протягом трьох хвилин, після чого сід з сит відділявся частково або не відділявся зовсім, в залежності від кількості продукту на ситі, так що висота продукту на ситі становила 7 – 15 мм, а на верхнє сито поміщено нову наважку масою 200 – 250 г. Після повного фракціювання виділених трьох кілограмів гречки визначали кількість недосіву, тобто кількість дрібних фракцій гречки, що містяться в сході. Їх кількість повинна бути мінімально.

Для визначення недосіву сходову фракцію сита просівали на контрольному ситі протягом 3 хвилин в лабораторному розсіві. Розмір отвору контрольного сита відповідав розміру отвору робочого сита просіювальної машини, з якого отримана дана сходова фракція.

Коефіцієнт недосіву розраховували за формулою:

$$K_n = \left(\frac{M_{np}}{M_{кпр}} \right) \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

де K_n – коефіцієнт недосіву, %;

M_{np} – маса проходивої фракції певного сита, отримана після контрольного просіювання, г;

$M_{кпр}$ – маса певної фракції гречки, яку витратили на контрольне просіювання, г.

Результати проведеного експерименту наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати фракціонування гречки за існуючою і запропонованою схемами

Продукт	Існуюча схема фракціонування		Пропонована схема фракціонування	
	Вміст фракції, %	Коефіцієнт недосіву, %	Вміст фракції, %	Коефіцієнт недосіву, %
– / Ø5,0	39,2	Не визначався	37,7	Не визначався
Ø5,0 / Ø4,4	49,9	Не визначався	48,2	Не визначався
Ø4,4 / Ø4,2	4,8	13,1	6,1	6,6
Ø4,2 / Ø4,0	2,6	28,2	2,6	17,5
Ø4,0 / Ø3,8	2,7	1,9	3,3	0,5
Ø3,8 / Ø3,6	0,8	Не визначався	2,1	Не визначався
Ø3,6 / Ø3,4				
Ø3,4 / Ø3,2				
Ø3,2 / –				

Кількість двох великих фракцій при фракціюванні за існуючою схемою склало 89,1 % і 85,9 % – при фракціюванні гречки за пропонованою схемою. Пропонована схема фракціювання дозволяє більш ефективно висіяти дрібні фракції гречки. Кількість додатково виділеного дрібного насіння гречки склало 3,2 % в порівнянні з традиційною схемою, а загальний коефіцієнт недосіву для фракцій Ø4,4 / Ø4,2; Ø4,2 / Ø4,0; Ø4,0 / Ø3,8 знизився на 18,6 %.

3.2 Виробництво гречаних пластівців з застосуванням інфрачервоної обробки

Метод ІЧ-опромінення є добре відомим і досить вивченим фізичним методом обробки харчових продуктів. ІЧ-опромінення застосовувалося і раніше при виробництві пластівців [10]. Однак ІЧ-обробка, як правило, використовується на заключному етапі вироблення зернових пластівців і спрямована на зниження тривалості необхідної кулінарної обробки і поліпшення споживчих переваг кінцевого продукту.

У даній роботі був застосований принципово інший підхід до застосування і ролі ІЧ-обробки в технологічному процесі.

Гречку послідовно очищають від домішок, зволожують, відволожують, проводять термообробку ІЧ-випромінюванням, потім пропарюють, підсушують, охолоджують, луцять, після чого плющать і висівають з отриманого готового продукту крихту і мучку, підсушують пластівці до кінцевої вологості 12 – 14 %.

Використання обробки гречки інфрачервоним випромінюванням до пропарювання дозволяє домогтися істотного розпушення ендосперму, що призводить до більш глибокому проникненню води і пари в ядро при пропарюванні, сприяючи значній пластифікації гречки перед плющенням.

Попередня обробка інфрачервоним випромінюванням зволоження і відволоження гречки призводить до насичення ядра водою і сприяє її рівномірному розподілу в зернівці. Крім того, при поширенні, проникненні води всередину ядра, цілісність структури зернівки порушується, що зумовлено утворенням мікротріщин в ендоспермі зерна. Обробка ІЧ-випромінюванням сприяє швидкому нагріву до високої температури (понад 100 °С) всього обсягу зернівки, при цьому активізуються тепломасообмінні процеси, відбувається внутрішнє випаровування води, відбуваються структурні зміни, зумовлені тепловим впливом. Випаровування води сприяє до ще більшого руйнування ендосперму, утворення його пористої структури.

Оцінка впливу ІЧ-обробки на вихід і якість гречаних пластівців спочатку проводилася за схемою, наведеною на рисунку 3.5.

Гречку доводили до вологості 27 % і відволожували протягом 6 годин. Підготовлене таким чином зерно піддавали впливу інфрачервоного випромінювання протягом 30; 45; 60 секунд при щільності променистого потоку 25,7 кВт/м². Після чого проводили пропарювання протягом 5 хвилин при 0,1 МПа. Пропарене зерно підсушували до вологості 26 % і охолоджували. Потім здійснювали лущення і плющення ядра. Результати впливу тривалості ІЧ обробки представлені в таблиці 3.2.

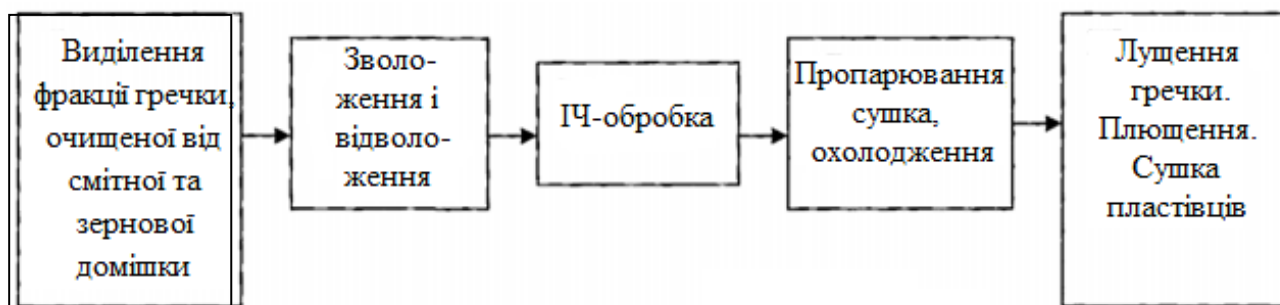


Рисунок 3.5 – Послідовність технологічних операцій при виробництві гречаних пластівців із застосуванням ІЧ-обробки.

Таблиця 3.2 – Вплив тривалості ІЧ-обробки на вихід і стійкість гречаних пластівців до руйнування

Продукт	Вихід пластівців, %					
	Тривалість ІЧ-обробки, с					
	30		45		60	
	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР
–/Ø4,0	66,5	31,0	63,1	29,3	60,3	22,2
Ø4,0/Ø2,5	28,3	56,7	30,2	58,4	31,6	62,9
Ø2,5/Ø0,8	2,8	8,9	4,0	9,2	4,5	10,7
Ø0,8/–	2,4	3,4	2,7	3,1	3,6	4,2

В ході експерименту було відзначено, що при проведенні ІЧ-обробки відбувається інтенсивне випаровування вологи зерна і суттєве підсушування гречки, що негативно позначалося на гранулометричному складі і міцності гречаних пластівців, так як подальше пропарювання не сприяло збільшенню вологості напівфабрикатів до рекомендованих 26 % перед плющенням. Так, при тривалості ІЧ-обробки 10 с відзначалося зниження вологості в середньому на 1,0 %; при 20 с – на 2,0 %; при 30 с – на 4,0 %; при 45 с – на 6,0 %; при 60 с – на 13,0 %. Залежність зниження вологості гречки від тривалості ІЧ-обробки показана на рисунку 3.6.

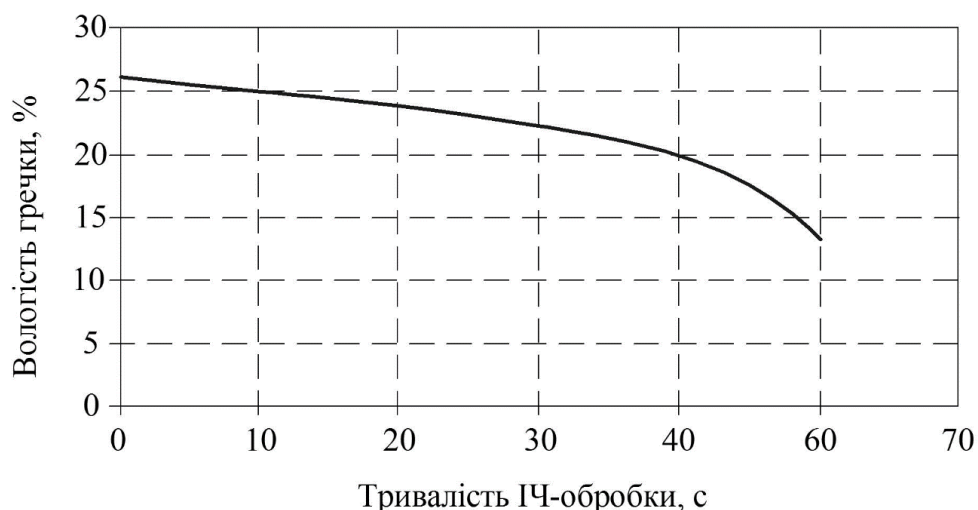


Рисунок 3.6 – Залежність вологості гречки від тривалості ІЧ-обробки

Було запропоновано в схему, показану на рисунку 3.5, включити додатковий етап зволоження і відволоження, який слідував би після ІЧ-обробки. Додаткове зволоження проводили до 26 %, відволожування проводили протягом 4,5 – 5 годин. Також проводили вивчення впливу тривалості ІЧ-обробки, додатково оцінили вплив ІЧ-обробки протягом 10 і 20 с. Результати впливу додаткового етапу зволоження і зволоження показані в таблиці 3.3 і на рисунку 3.7.

Максимальний вихід гречаних пластівців отриманий при тривалості ІЧ-обробки протягом 30 с, показник крихкості при цьому мінімальний.

Пролонгування обробки практично не впливає на загальний вихід пластівців, проте істотно позначається на крихкості, робить пластівці більш крихкими. Найбільш стійкі до механічних впливів гречані пластівці можуть бути вироблені при проведенні обробки протягом 25 – 35 с.

Таблиця 3.3 – Вплив додаткового етапу зволоження і відволоження і тривалості ІЧ-обробки на вихід і стійкість гречаних пластівців до руйнування

Продукт	Вихід пластівців, %
	Тривалість ІЧ-обробки, з

	10		20		30		45		60	
	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР
-/Ø4,0	84,9	53,4	85,4	50,8	90,7	70,2	89,4	67,6	88,2	40,8
Ø4,0/Ø2,5	9,6	33,6	9,9	37,2	6,1	23,0	6,1	22,5	5,4	39,4
Ø2,5/Ø0,8	3,0	8,1	2,4	8,3	1,7	4,7	2,5	6,7	3,2	13,0
Ø0,8/-	2,5	4,9	2,3	3,7	1,5	2,1	2,0	3,2	3,2	6,8

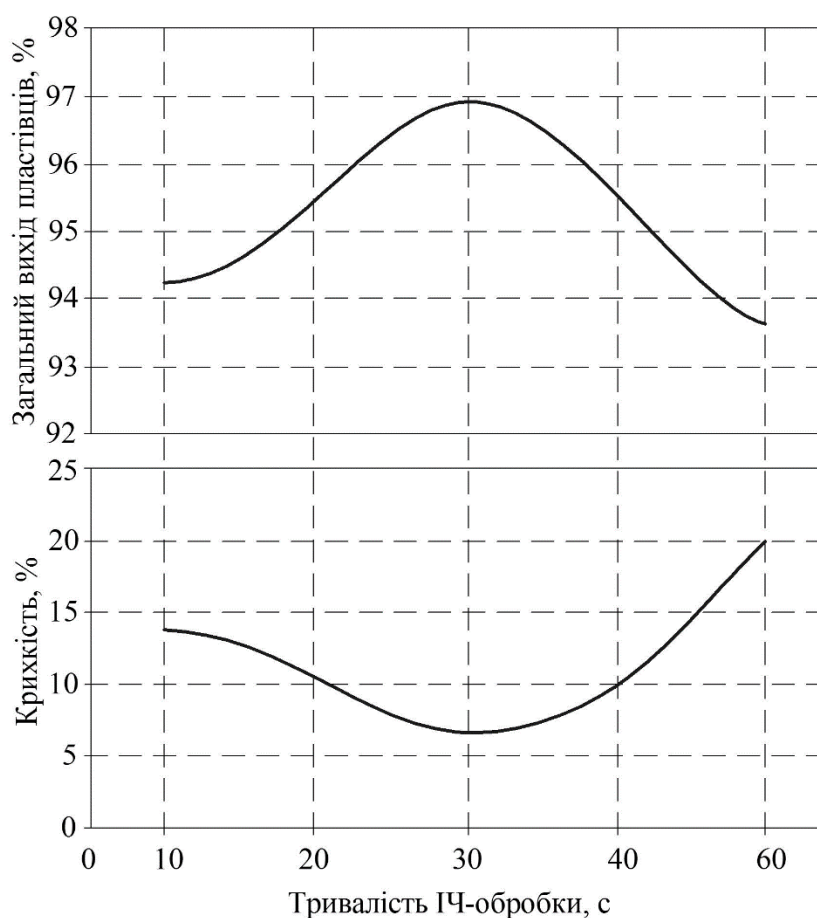


Рисунок 3.7 – Вплив тривалості ПЧ-обробки і додаткового етапу зволоження і відволоження на вихід і стійкість гречаних пластівців до руйнування

Аналогічні дослідження проводили при інтенсивності променистого потоку 15,45 кВт/м² ($E = 15,45$ кВт/м²). Тривалість обробки була підібрана таким чином, що зниження вологості при даній щільності променистого потоку протягом 50; 70;

90 с відповідало зниженню вологості при $E = 25,7 \text{ кВт/м}^2$ протягом 30; 45; 60 с. Результати представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вихід і крихкість гречаних пластівців, отриманих з використанням ІЧ-обробки $E = 15,75 \text{ кВт/м}^2$

Продукт	Вихід пластівців, %					
	Тривалість ІЧ-обробки, с					
	50		70		90	
	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР
–/Ø4,0	85,6	61,3	90,0	73,0	83,3	63,3
Ø4,0/Ø2,5	8,9	26,0	5,6	19,2	13,2	29,5
Ø2,5/–	5,5	12,7	4,4	7,8	3,5	7,2

При тривалості обробки 70 і 90 с загальний вихід гречаних пластівців становить понад 95 %, а крихкість не перевищує 8 %. При зменшенні інтенсивності інфрачервоного випромінювання необхідно проводити більш тривалу обробку, домагаючись більшого зниження вологості напівфабрикату. Очевидно, це пов'язано з тим, що при щільності променистого потоку $25,7 \text{ кВт/м}^2$ випаровування вологи гречки відбувається інтенсивніше, що призводить до більш значного розпушення ендосперму. При цьому менш інтенсивний режим сприяє більшій стійкості великої фракції пластівців до руйнування.

Також розглядали можливість збільшення ступеня попереднього зволоження гречки до 30 %. Даний прийом застосовували з тим, щоб при проведенні ІЧ-обробки протягом рекомендованих 30 с забезпечувалося зниження вологості до необхідних 26 % перед плющенням. Після цього проводиться пропарювання, сушка та охолодження, в процесі яких також може бути забезпечена необхідна перед лушенням і плющенням вологість (26 %). Результати показані на рисунку 3.8.

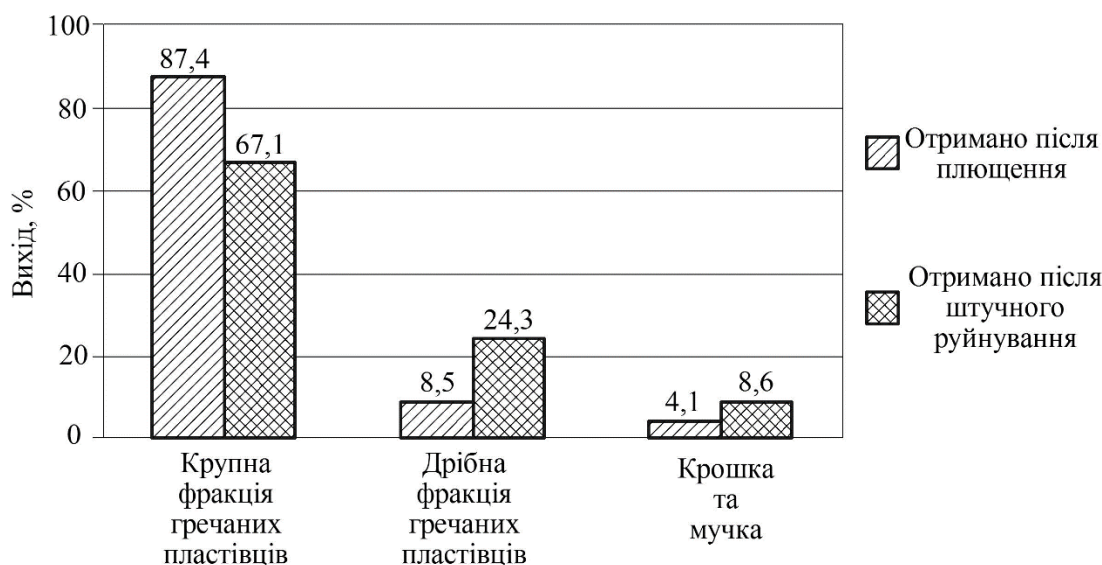


Рисунок 3.8 – Вплив попереднього зволоження до 30 % на вихід і стійкість гречаних пластівців до руйнування

Попереднє зволоження до 30 % також сприяє поліпшенню міцності гречаних пластівців, а саме їх великої фракції, кількість якої після штучного руйнування склало 67,1 %. При цьому незначно зменшився загальний вихід гречаних пластівців (на 3,3 %), а крихкість підвищилася (на 2,0 %).

Таким чином, включення інфрачервоної обробки в технологічну схему вироблення гречаних пластівців сприяє їх зміцненню, пластівці великої фракції менше схильні до руйнування. У порівнянні з варіантом, що не передбачає ІЧ-обробки, кількість великої фракції після штучного руйнування збільшилася на 20 %. ІЧ-обробку рекомендується проводити протягом 25 – 35 с при щільності променистого потоку 25,75 кВт/м². Однак, при використанні в технології обробки гречки ІЧ-променями необхідно передбачати наступний етап зволоження і відволоження гречки, або проводити попереднє зволоження до вологості 30 %.

3.3 Оптимізація етапів підготовки гречки до плющення з використанням ІЧ-опромінення.

З метою оптимізації процесу підготовки гречки до плющення з використанням ІЧ-обробки був поставлений повний факторний експеримент ПФЕ – 2^3 .

Гречку, очищену від домішок, доводили до кінцевої вологості (W_k) 22 і 30 % (X_1) і відволожували протягом 6 – 7 годин. Підготовлену таким чином гречку піддавали впливу інфрачервоного випромінювання протягом (T_{ic}) 20 і 40 секунд (X_2) при щільності променистого потоку 25 – 26 кВт/м². Після цього гречку доводили до вологості 26 % і відволожували протягом ($T_{відв}$) 2 і 10 годин, потім проводили пропарювання протягом 5 хвилин при тиску пари 0,1 МПа. Пропарену гречку підсушували до вологості 26 %, охолоджували, лушили. Потім здійснювали плющення ядра, пластівці доводили до вологості 12 – 14 %.

В якості критерію оптимізації брали загальний вихід гречаних пластівців (Y).

На підставі отриманих даних, представлених в таблиці 3.5, було отримано наступне рівняння регресії:

$$Y = 96,14 + 0,89 \cdot X_2 + 0,74X_3 - 1,06 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,54 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,94 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (3.1)$$

Коефіцієнт X_1 не значущий. Ймовірно, це пов'язано з тим, що в результаті проведення однофакторних експериментів вдалося встановити ступінь попереднього зволоження, відповідно її оптимальною величиною.

Аналізуючи отримане рівняння регресії, слід зробити висновок, що коефіцієнти рівняння при факторах оптимізації незначні і не перевищують значення «1», а загальний вихід пластівців склав в середньому 96 %, тому подальша оптимізація не призведе до істотних результатів, а значення самих чинників, визначених у попередніх експериментах близькі або відповідає їх оптимальних значень.

Таблиця 3.5 – Результати трифакторного експерименту

Продукт	Вихід гречаних пластівців, %															
	Режими підготовки гречки															
	$W_{\kappa} = 22\%$		$W_{\kappa} = 22\%$		$W_{\kappa} = 22\%$		$W_{\kappa} = 22\%$		$W_{\kappa} = 30\%$		$W_{\kappa} = 30\%$		$W_{\kappa} = 30\%$		$W_{\kappa} = 30\%$	
	$T_{i\tau} = 20 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 20 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 40 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 40 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 20 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 20 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 40 \text{ с.}$		$T_{i\tau} = 40 \text{ с.}$	
$T_{\text{відс}} = 2 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 10 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 2 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 10 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 2 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 10 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 2 \text{ год.}$		$T_{\text{відс}} = 10 \text{ год.}$		
	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР
- / Ø4,0	79,6	46,9	85,3	42,0	78,4	47,7	82,3	46,2	72,5	47,2	82,7	40,9	71,8	42,4	82,6	27,3
Ø4,0 / Ø2,5	18,7	40,2	8,7	33,7	18,9	38,0	13,4	36,8	25,8	44,4	12,5	37,9	25,7	46,0	10,2	38,2
Ø2,5 / -	1,7	12,9	6,0	24,3	2,7	14,3	4,3	17,0	1,7	8,4	4,8	21,2	2,5	11,6	7,2	34,5

Висновки до розділу

Спосіб отримання гречаної крупи дозволяє підвищити вихід крупи ядриці на 2 – 3 % і зменшити вміст в ній сміттєвої домішки. Технічний результат досягається за рахунок фракціонування гречки, яке передбачає стабілізацію навантаження і товщини шару гречки в просіювальних машинах, за рахунок поділу сходів з сит дрібних фракцій гречки на дві частини, з яких одну направляють на лущення, а другу – на повторне просіювання на тих же ситах .

При виробленні гречаних пластівців рекомендується гречку, очищену від домішок, доводити до вологості 26 – 27 % і відволожувати 6 – 7 годин. Підготовлену таким чином гречку піддавати дії ІЧ-випромінювання протягом 30 – 35 секунд при щільності променистого потоку 25 – 26 кВт/м². Після цього додатково дозволожувати до 26 – 27 % і відволожувати протягом 6 – 6,5 годин, потім проводити пропарювання протягом 5 хвилин при тиску пара 0,1 – 0,15 МПа. Пропарену гречку підсушувати до вологості 26 %, охолоджувати та лущити, на заключному етапі з отриманих гречаних пластівців видаляти крихту і мучку, пластівці підсушували до вологості 12 – 14 %, що забезпечує стабільний процес зберігання.

4 ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Виробництво гречаних пластівців з ядриці у виробничих умовах

В силу того, що застосування на існуючих гречезаводах технологічних схем підготовки гречки до плющення, описаних в попередньому розділі призведе до зміни прийнятої на підприємстві технології, або, ймовірно, до створення окремої гілки технологічного процесу, була вивчена можливість вироблення пластівців з гречаної крупи, ядриці.

У технології виробництва гречаної крупи передбачається пропарювання гречки для зміцнення ядра і більш ефективного відділення лузги, а також для зниження кількості дробленого ядра при лущенні. Технологія гречезаводів не передбачає можливості отримання такого продукту, як гречані пластівці, однак, їх виробляють на малих підприємствах. Пропарена крупа є порівняно складним об'єктом для отримання продуктів швидкого приготування. Для отримання пластівців при малій кількості крихти і мучки необхідно пластифікувати ядро.

Для пластифікації крупи, яку готували для отримання пластівців, досить часто застосовують її зволоження і відволоження з наступною тепловою обробкою з використанням обробки ІЧ-випромінюванням, що передує кінцевого етапу виробництва пластівців – плющення. Так як ІЧ-обробка сприяє руйнуванню ядра по всьому об'єму, якість вироблюваних пластівців, як правило, невисока через їх значну крихкість при виробництві і подальшому зберіганні.

Оскільки, як було описано раніше обробка ІЧ-випромінюванням призводить до утворення пористої структури ендосперму ядра гречки, пропонується проводити повторне пропарювання, перед плющенням.

Вироблення пластівців в цеху ТОВ «Побережне» вели відповідно до розробленої технології, однак вихідною сировиною була гречка, що пройшла етап гідротермічної обробки при традиційних режимах круп'яного виробництва (рис. 4.1).

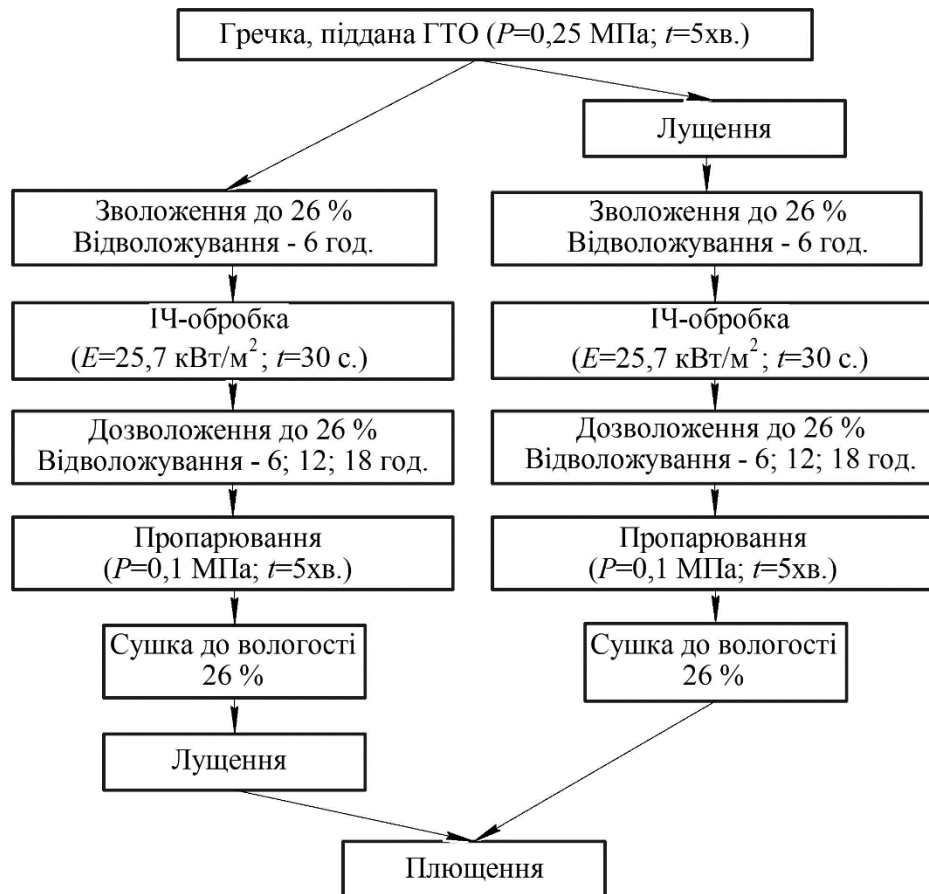


Рисунок 4.1 – Варіанти підготовки гречки до плющення

Принципова відмінність двох розроблених послідовностей виробництва гречаних пластівців з крупи полягало в тому, що в першому випадку лущення гречки проводили на заключному етапі підготовки, тобто перед плющенням, а при ГТО впливали на насіння гречки, щоб минути етапи пропарювання, сушіння та охолодження, у другому випадку – до плющення готували безпосередньо ядрицю, тобто лущення проводилося відразу після охолодження гречки.

При цьому вивчали вплив тривалості повторного зволоження ($T_{п.відв}$) на вихід і стійкість гречаних пластівців до руйнування. Даний параметр прийнятий в якості основного, що впливає на вихід і якість гречаних пластівців, в силу ряду причин. Як зазначалося вище, надання ядриці пластичних властивостей значно ускладнене через зміцнення структури ядра після пропарювання, що обумовлено частковою клейстеризацією крохмалю. Попереднє зволоження і відволоження з подальшою ІЧ-обробкою істотно розпушують структуру ендосперму, однак, для

рівномірного поширення вологи в середині ядра може знадобитися значно більше часу, ніж у випадку з необробленою гречкою. Результати представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вплив тривалості повторного зволоження на вихід і стійкість пластівців

Продукт	Вихід пластівців, %											
	Пластівці, отримані при ГТО насіння гречки						Пластівці, отримані при ГТО ядриці					
	$T_{n.видв} = 6$		$T_{n.видв} = 12$		$T_{n.видв} = 18$		$T_{n.видв} = 6$		$T_{n.видв} = 12$		$T_{n.видв} = 18$	
	год		год		год		год		год		год	
ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	ПП	ПР	
-/Ø4,0	82,1	28,9	73,7	27,9	78,2	33,2	73,7	28,3	63,7	30,0	53,6	24,3
Ø4,0/Ø2,5	11,0	48,3	20,5	59,8	16,8	54,6	19,0	52,0	30,6	58,8	40,5	65,0
Ø2,5/Ø0,8	3,8	17,9	зд	10,0	2,7	9,8	3,9	15,3	3,5	9,2	3,8	8,5
Ø0,8/-	3,1	5,0	2,7	2,3	2,3	2,4	3,4	4,4	2,2	2,3	2,1	2,2

Значна роль ІЧ-обробки в даній технологічній послідовності підготовки гречки до плющення підкреслює той факт, що при оцінці впливу тривалості попереднього зволоження, відбувалося відлежування крупи при проведенні зволоження більше 6 годин і вести подальшу переробку не представлялося можливим.

Отже, ІЧ-обробка, приводячи до утворення пористої структури ендосперму, сприяє більш інтенсивному проникненню вологи в середину ядра, а значить, і пластифікації крупи перед плющенням.

Відповідно до таблиці 4.1, зроблено висновок про те, що збільшення тривалості повторного зволоження позитивно позначається в першу чергу на міцності гречаних пластівців.

Так, у разі, коли пластівці вироблялися з насіння гречки, підданої ГТО, загальний вихід пластівців зріс незначно: 93,1 % при тривалості повторного зволоження 6 годин і 95 % - при 18 годинах. Крихкість при цьому знизилася з 22,9 % до 12,2 % відповідно.

При виробленні пластівців з ядриці, підданої ГТО, загальний вихід зріс на 1,4 % при збільшенні тривалості повторного зволоження з 6 до 18 годин, крихкість при цьому знизилася на 9 % відповідно.

Лушити гречку рекомендується безпосередньо перед плющенням, кількість великої фракції гречаних пластівців в цьому випадку в півтора рази більше, ніж при лущенні гречки по завершенні ГТО, передбаченої традиційною схемою круп'яного виробництва.

4.2 Вплив фракційного складу гречки на загальний вихід і міцність пластівців

З огляду на те, що переробка гречки ведеться пофракційно, була проведена оцінка впливу фракційного складу гречки на загальний вихід і крихкість пластівців. Для цього із загальної маси гречки виділили наступні фракції: $\emptyset 5,0 / \emptyset 4,4$; $\emptyset 4,4 / \emptyset 4,2$; $\emptyset 4,2 / \emptyset 4,0$; $\emptyset 4,0 / \emptyset 3,2$. Через малого вмісту гречки фракції менше $\emptyset 4,2 / \emptyset 4,0$ переробка такого зерна проводилася спільно і була сформована в одну фракцію $\emptyset 4,0 / \emptyset 3,2$. Результати представлені на рисунках 4.2 – 4.5.

Пластівці виробляли за такою технологічною послідовності: гречка => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => ІЧ-обробка ($E=25,75$ кВт/м²; 30 с) => дозволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 14 %) => охолодження => лушення => плющення => сушка пластівців (до 12 %).

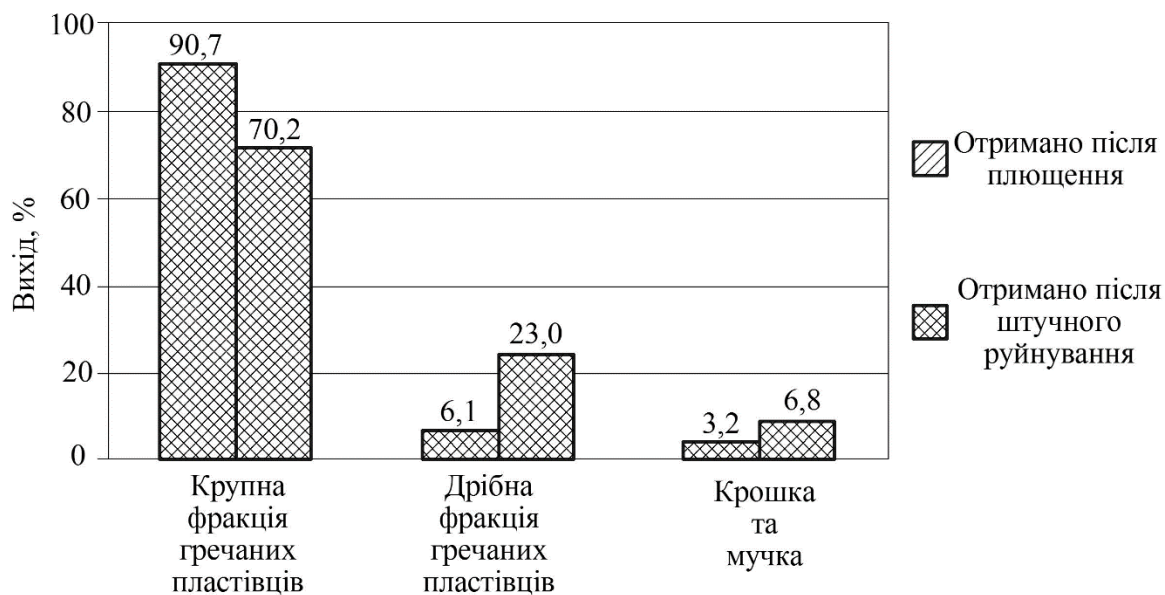


Рисунок 4.2 – Загальний вихід і стійкість гречаних пластівців, вироблених з фракції $\varnothing 5,0 / \varnothing 4,4$

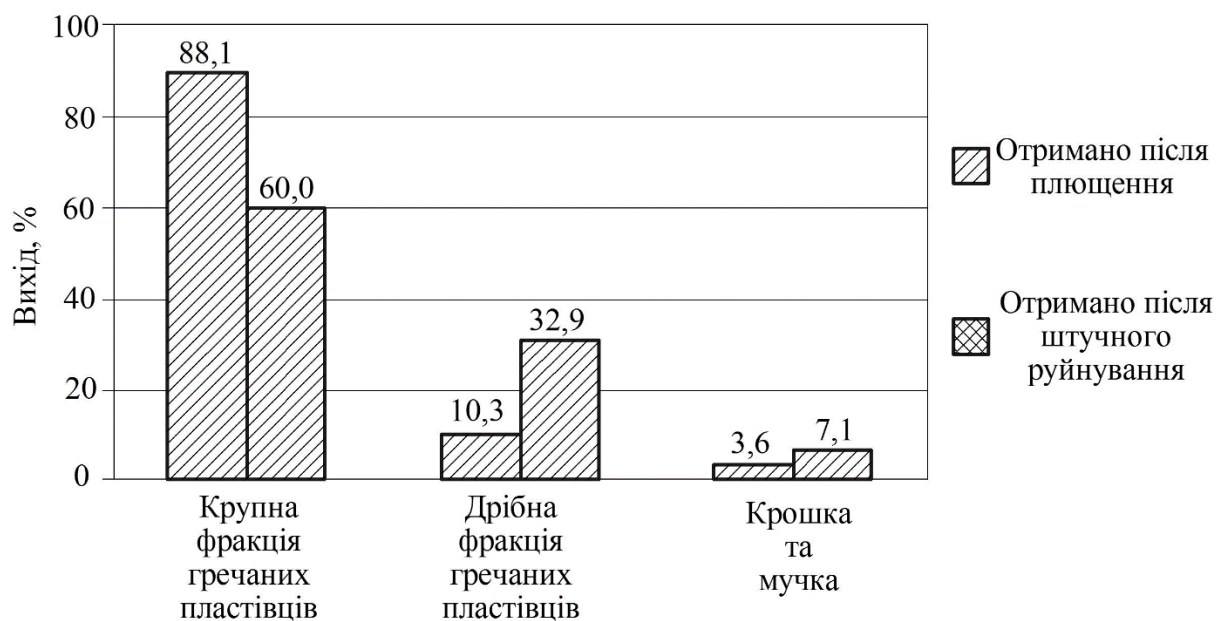


Рисунок 4.3 – Загальний вихід та стійкість гречаних пластівців, вироблених з фракції $\varnothing 4,4 / \varnothing 4,2$

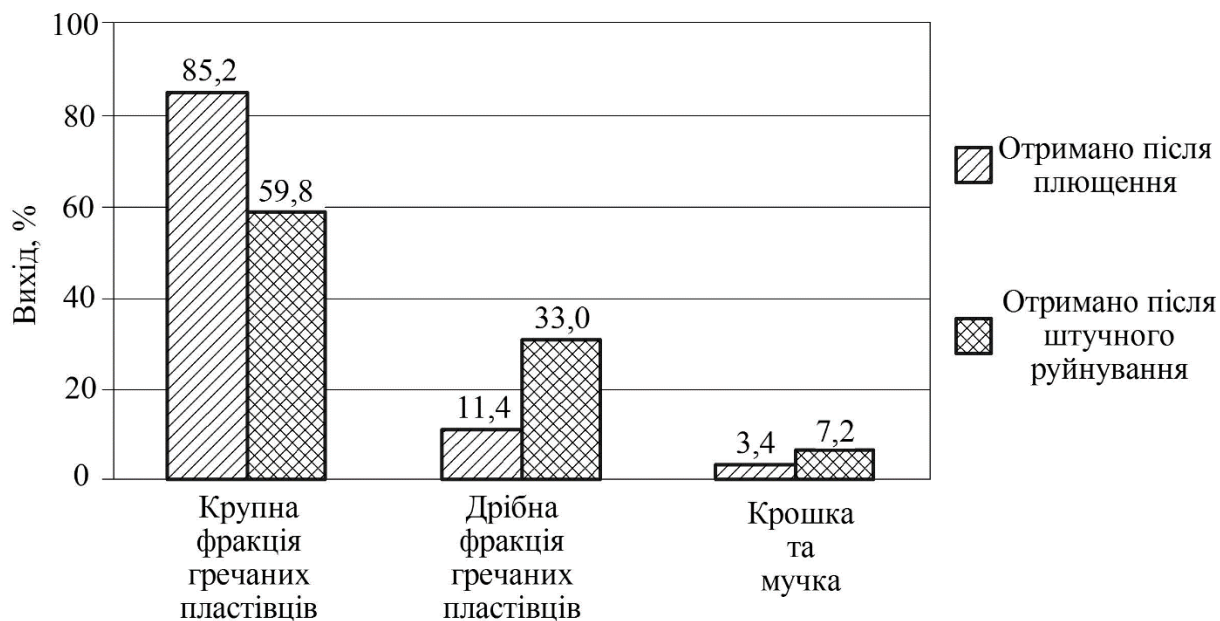


Рисунок 4.4 – Загальний вихід і стійкість гречаних пластівців, вироблених з фракції $\varnothing 4,2 / \varnothing 4,0$



Рисунок 4.5 – Загальний вихід та стійкість гречаних пластівців, вироблених з фракцій $\varnothing 4,0 / \varnothing 3,2$

Кількість великої фракції гречаних пластівців, отриманих з фракції гречки $\varnothing 5,0 / \varnothing 4,4$ становить 90,7 %. Зниження вмісту великої фракції при виробленні пластівців з фракцій гречки $\varnothing 4,2 / \varnothing 4,0$ і $\varnothing 4,2 / \varnothing 4,0$ не суттєве і становить 88,1

% і 85,2 % відповідно. Однак, кількість великої фракції значно скоротилася при виробленні пластівців з гречки фракції $\varnothing 4,0 / \varnothing 3,2$ і склало 70,0 %. Незважаючи на те що, пластівці, отримані з дрібних фракцій гречки, характеризуються меншою стійкістю до механічних впливів, їх крихкість, практично, не змінюється.

4.3 Визначення якісних характеристик вироблених пластівців

При проведенні експериментів по виробленню гречаних пластівців, а також при знаходженні раціональних режимів підготовки гречки до плющення особливу увагу приділяли спільного виходу пластівців, їх стійкості до механічних впливів і гранулометричному складу кінцевого продукту. На підставі цих характеристик було визначено 7 технологічних схем виробництва гречаних пластівців, які дозволяли отримувати пластівці, які характеризуються кращими показниками. Послідовність технологічних етапів і їх режими наведені нижче:

- схема №1: гречка => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => лушення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);
- схема №2: гречка => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => темперування (2 год.) => сушка (до 26 %) => охолодження => лушення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);
- схема №3: гречка => зволоження (до 23 %) => відволоження (6 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => темперування (2 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => лушення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);
- схема №4: гречка => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => ГЧ-обробка ($E=25,75$ кВт/м²; 30 с) => дозволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => лушення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);

- схема №5: гречка => зволоження (до 30 %) => відволоження (6 год) => ІЧ-обробка ($E=25,75$ кВт/м²; 45 с) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => луцення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);

- схема №6: гречка, піддана ГТО => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => ІЧ-обробка ($E=25,75$ кВт/м²; 30 с) => зволоження (до 26 %) => відволоження (18 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => луцення => плющення => сушка пластівців (до 12 %);

- схема №7: гречка, піддана ГТО => луцення => зволоження (до 26 %) => відволоження (6 год) => ІЧ-обробка ($E=25,75$ кВт/м²; 30 с) => зволоження (до 26 %) => відволоження (18 год) => пропарювання (0,1 МПа, 5 хв) => сушка (до 26 %) => охолодження => плющення => сушка пластівців (до 12 %).

Для гречаних пластівців, вироблених за вищенаведеними технологічними схемами, визначалися наступні характеристики:

- тривалість варіння;
- коефіцієнт увареності;
- вміст альбумінів, глобулінів;
- вміст загального білка;
- вміст крохмалю;
- вміст декстринів;
- середній розмір пластівців.

Всі досліджувані показники пластівців також визначалися для цілого насіння гречки і ядриці, які були контролем.

Аналіз результатів, представлених в таблиці 4.2, показав, що загальний вихід гречаних пластівців для всіх варіантів технологічних схем становить не менше 95 % по відношенню до крупи, що пішла на плющення, або не менше 71 % по відношенню до гречки. Виняток становить варіант вироблення пластівців, в якому їх виробництво передбачено з ядриці, це пояснюється виходом ядриця в круп'яному виробництві, що становить 62 %. При виробленні ж пластівців з гречки, яка попередньо піддається істотному зволоженню, відволоженню і в

залежності від схеми ІЧ-обробки, з'являється можливість проводити виділення ядра в кількості до 74 – 76 %.

Показник крихкості пластівців в значній мірі залежить від варіанту підготовки гречки до плющення. Так, мінімальна крихкість, склала 6,3 – 8,6 %, відрізняє пластівці, вироблені з гречки, в схемі підготовки якій крім етапів зволоження, відволоження і пропарювання, додатково передбачалося темперування або проведення ІЧ-обробки.

Незважаючи на практично однакові показники загального виходу гречаних пластівців, їх середній розмір різний. Це залежить від співвідношення великої та дрібної фракцій пластівців в їх загальній масі. Максимальний середній розмір пластівців отримано для зразків, отриманих за схемами № 4 та 5, що передбачають проведення ІЧ-обробки, вміст великої фракції пластівців в цих зразках становить 90,7 і 87,4 % відповідно.

Слід також зазначити, що пластифікувати ядро гречки, що пройшла ГТО при традиційних режимах круп'яного виробництва, досить складно через його зміцнення після пропарювання. В силу досить інтенсивної гідротермічної підготовки до плющення вихід пластівців, отриманих за схемою № 6, практично не відрізняється від виходів отриманих за іншими схемами, проте крихкість таких пластівців вище на 4 – 5 %, а їх середній розмір менше і становить 3,43 – 3,63 мм.

Плющення гречки дозволяє істотно зменшити тривалість варіння, так для отриманих пластівців вона становить не більше 3,5 хвилин, а для пластівців, вироблених з використання ІЧ-обробки, не більше двох хвилин. Коефіцієнт уварювання для цих пластівців дорівнює 6,5 – 7,5 умовних одиниць. Ці показники позитивно характеризують такі пластівці з точки зору споживчих переваг.

Таблиця 4.2 – Якісні характеристики вироблених гречаних пластівців

Показник	Ціле насіння гречки	Ядриця (крупя)	Гречані пластівці вироблені за технологічною схемою						
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Загальний вихід, %	-	62,0	95,9 (71,0) *	97,5 (72,2)*	97,5 (72,2)*	96,8 (71,6)*	95,9 (71,0)*	95,0 (70,3)*	94,1 (58,3)*
Крихкість, %	-	-	12,6	6,3	7,0	6,8	8,6	12,2	10,7
Середній розмір, мм	-	-	3,86	3,79	3,78	4,09	4,06	3,63	3,43
Тривалість варіння, хв	-	25 – 30	2,8-3,2	2,5-3,0	2,5-3,0	1,5-2,1	1,5-2,1	2,0-3,0	2,0-3,0
Коефіцієнт уварювання, у.о.	-	-	4,0-4,5	4,5-5,5	4,5-5,5	6,5-7,5	6,5-7,5	5,0-6,0	5,0-6,0
Вологість, %	13,0	13,2	9,3	9,7	10,2	9,7	10,5	12,6	11,4
Вміст, на с.р.:									
- альбумінів і глобулінів;	6,8	4,5	6,2	5,9	5,8	6,3	6,2	4,4	4,5
- загального білка;	10,8 **	16,5	16,1	15,8	15,7	16,3	16,4	15,2	15,1
- крохмалю;	68,6	69,6	70,1	70,4	70,3	69,5	68,8	68,2	68,5
- декстринів.	0,3	1Д	1,4	1,5	1,5	2,6	2,8	2,9	2,9

* В дужках вказано загальний вихід гречаних пластівців в перерахунку на ціле насіння гречки

** за літературними даними [53]

Проведення гідротермічної обробки сприяє змінам в крохмальних гранулах, утворення декстринів. В результаті комплексного впливу пропарювання і темперування кількість декстринів становить – 1,5 %, а при включенні в схему ІЧ-обробки – 2,6 – 2,8 %. Максимальний вміст декстринів (2,9 %) відзначено в пластівцях, вироблених з ядриці, що пояснюється найбільш тривалим з усіх варіантів етапом гідротермічної обробки.

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи була рекомендована наступна послідовність і режими технологічних операцій виготовлення гречаних пластівців: гречку, очищену від домішок, доводити до вологості 26 – 27 % і відволожують 6 – 7 годин. Підготовлену таким чином гречку піддавати дії ІЧ-випромінювання протягом 30 – 35 при щільності променистого потоку 25 – 26 кВт/м². Після цього додатково дозволожувати до 26 – 27 % і відволожувати протягом 6 – 6,5 годин, потім проводити пропарювання протягом 5 хвилин при тиску пара 0,1 – 0,15 МПа. Пропарену гречку підсушувати до вологості 26 %, охолоджувати, лущити до виходу ядра 70 – 80 %, в залежності від вмісту ядра. На заключному етапі з отриманих після плющення гречаних пластівців видаляти крихту і мучку, пластівці доводити до вологості 12 – 14 %.

Встановлено, що включення в схему вироблення гречаних пластівців ІЧ-обробки безпосередньо перед пропарюванням позитивно позначається не тільки на загальному виході пластівців, а й на їх споживчих показниках. Застосування обробки ІЧ-випромінюванням призводить з зниження крихкості до 6,8 %, тривалість варіння становить не більше двох хвилин, коефіцієнт уварювання досягає значення 7,5 умовних одиниць. Загальний вихід пластівців становить близько 97 %, по відношенню до крупу, що пішла на плющення, або 71,6 % по відношенню до гречки. Зниження кількості альбумінів і глобулінів в таких пластівцях мінімально і становить 6,3 %, кількість декстринів зростає до 2,6 %, у вихідній гречці 6,8 і 0,3 % відповідно.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація охорони праці в ТОВ «Побережне»

Оперативну роботу і контроль за станом охорони праці в товаристві здійснює інженер з охорони праці, який підпорядкований директору товариства. Інженер з охорони праці господарства – це людина з вищою інженерною освітою, зі стажем роботи 6 років, з них на посаді інженера з охорони праці – 3 роки.

В товаристві є добре оснащений кабінет з охорони праці. В ньому проводиться навчання працівників безпечним методам праці, семінари, тематичні заняття з робітниками різних професій тривалістю 30 годин. Кабінет обладнаний учбовими плакатами, макетами різних установок, зразками індивідуального захисту.

В цеху з виробництва круп'яних продуктів ТОВ «Побережне» виділене місце під куточок з охорони праці, яке обладнане відповідними стендами.

В товаристві проводяться всі види інструктажів, про що свідчать відповідні записи в журналах реєстрації.

Основними причинами травматизму в товаристві є:

- допуск до роботи непідготовлених осіб;
- проведення робіт без індивідуальних засобів захисту або із несправними засобами захисту;
- старіння обладнання та техніки;
- слабкий контроль з боку керівництва за виконанням небезпечних та шкідливих робіт.

5.2 Аналіз стану охорони праці в товаристві

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn} = \frac{K_{\delta} + K_{\sigma} + K_{enp}}{3} \leq 1 \quad (5.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_{\delta} = \frac{C_{\delta}}{C}, \quad (5.2)$$

де K_{δ} – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

C_{δ} – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

C – загальна кількість працівників.

$$K_{\delta 2020} = \frac{9}{10} = 0,9;$$

$$K_{\delta 2021} = \frac{10}{10} = 1,0;$$

$$K_{\delta 2022} = \frac{10}{10} = 1,0.$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці на підприємстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\sigma} = \frac{n_{\sigma}}{n}, \quad (5.3)$$

де K_{σ} – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

n_{σ} – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

n – загальна кількість обладнання.

$$K_{\sigma 2020} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 2021} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 2022} = \frac{23}{25} = 0,92.$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки на підприємстві за останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{\text{впр}} = \frac{m_{\text{сп}}}{m}, \quad (5.4)$$

де $K_{\text{впр}}$ – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{\text{сп}}$ – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

m – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{\text{впр} 2020} = \frac{5}{10} = 0,5;$$

$$K_{\text{впр} 2021} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$K_{\text{впр} 2022} = \frac{6}{10} = 0,6.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{\text{сн} 2020}^{\text{ч}} = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73;$$

$$K_{\text{сн} 2021}^{\text{ч}} = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8;$$

$$K_{cn2022}^c = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в ТОВ «Побережне», як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

5.3 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань

Причини, що призводять до травматизму бувають побічними і безпосередніми. Побічні причини, що обумовлюють настання нещасного випадку, можуть бути виявлені ще за довго до його виникнення. Безпосередні причини передують нещасному випадку тому їх неможливо виявити завчасно.

Для кількісної характеристики виробничого травматизму в основному використовують такі показники [13]:

- коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_v = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (5.5)$$

$$K_{v2020} = \frac{1}{24} \cdot 1000 = 41,67$$

- коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_e = \frac{D}{T} \cdot 1000, \quad (5.6)$$

$$K_{e2020} = \frac{18}{1} \cdot 1000 = 18000$$

- коефіцієнт втрат робочого часу

$$K_{em} = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (5.7)$$

$$K_{em2020} = \frac{18}{24} \cdot 1000 = 750$$

де T – кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;

P – середня (за списком) кількість працівників, чол.;

D – сумарна втрата днів непрацездатності в результаті нещасного випадку, днів.

Для аналізу стану виробничого травматизму та захворювань розглянемо дані таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Основні показники виробничого травматизму на ТОВ «Побережне» за 2020 – 2022 роки

Показники	Роки		
	2020	2021	2022
Кількість працюючих, чол.	24	24	24
Кількість нещасних випадків, од.	1	-	-
Кількість днів непрацездатності:			
- від травматизму	18	-	-
- від профзахворювань	-	-	-
Коефіцієнт частоти травматизму	41,67	-	-
Коефіцієнт важкості травматизму	18000	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	750	-	-

Аналізуючи дані таблиці 5.1 може зазначити, що у 2020 році стався один нещасний випадок, при цьому кількість днів непрацездатності склала 18 днів.

5.4 Розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху

Розрахунок параметрів захисного заземлення та його облаштування проводять для запобігання електричних травм, які можуть бути викликані при

торканні металевих конструкцій або корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, а також для захисту апаратури.

Визначаємо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_{zp} \cdot k_c^{\epsilon} = 50 \cdot 1,8 = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (5.8)$$

де ρ_{zp} – питомий опір ґрунту, згідно завдання $\rho_{zp} = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

k_c^{ϵ} – коефіцієнт сезону, приймаємо 1,8.

Визначаємо опір одиночного вертикального електрода, Ом:

$$R_{\epsilon} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\epsilon}}{L} \cdot \left[\lg \left(\frac{2L}{d} \right) + 0,51 \lg \left(\frac{4S + L}{4S - L} \right) \right], \quad (5.9)$$

де S – відстань від земної поверхні до середини вертикально розташованого електрода, м.

$$S = t_0 + 0,5L = 0,85 + 0,5 \cdot 3,0 = 2,35 \text{ м} \quad (5.10)$$

Тепер

$$R_{\epsilon} = \frac{0,366 \cdot 90}{3,0} \cdot \left[\lg \left(\frac{2 \cdot 3,0}{1,2} \right) + 0,51 \lg \left(\frac{4 \cdot 2,35 + 3,0}{4 \cdot 2,35 - 3,0} \right) \right] = 12,68 \text{ Ом.}$$

Визначаємо приблизну кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_{\epsilon} = 1$ і припустимий опір заземлюючого обладнання $R_0 = 4 \text{ Ом}$:

$$n_0 = \frac{R_e}{\eta_e \cdot R_0} = \frac{12,68}{1 \cdot 4} = 3,17 \approx 4 \text{ шт.} \quad (5.11)$$

Проведемо перевірочний розрахунок необхідної кількості вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_e}{\eta_e \cdot R_0} = \frac{12,68}{0,75 \cdot 4} = 4,3 \approx 5 \text{ шт.}$$

Приймаємо кінцеву кількість електродів яка складає 5 штук і позначається $n_{в.ост.}$, коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_{в.ост.} = 0,7$ і визначаємо довжину горизонтальної з'єднувальної смуги L_z .

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів в ряд визначаємо за формулою:

$$L_z = 1,05 \cdot a \cdot (n_{в.ост.} - 1) = 1,05 \cdot 3,0 \cdot (5 - 1) = 12,6 \text{ м.} \quad (5.12)$$

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_z = \left(\frac{0,366 \cdot \rho_z}{L_z} \right) \cdot 0,51 \lg \left(\frac{2 \cdot L_z^2}{b \cdot t_0} \right), \quad (5.13)$$

де ρ_z – розрахунковий опір для горизонтальної смуги.

$$\rho_z = \rho_{zp} \cdot k_c^z = 50 \cdot 6 = 300 \text{ Ом} \quad (5.14)$$

де k_c^z – коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги.

Тепер,

$$R_2 = \left(\frac{0,366 \cdot 300}{12,6} \right) \cdot 0,5 \lg \left(\frac{2 \cdot 12,6^2}{0,09 \cdot 0,85} \right) = 15,12 \text{ Ом}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R_{\text{сум}} = \frac{(R_6 \cdot R_2)}{(R_6 \cdot \eta_z + n_{\text{в.осм.}} \cdot R_2 \cdot \eta_{\text{в.осм.}})} = \frac{(12,68 \cdot 15,12)}{(12,68 \cdot 0,74 + 5 \cdot 15,12 \cdot 0,7)} = 3,1 \text{ Ом} \quad (4.11)$$

де η_z – коефіцієнт використання горизонтальної смуги.

Згідно розрахунків кількість заземлювачів складає 5 шт. довжиною по 3,0 м, довжина з'єднувальної смуги складає 12,6 м, електроди розставлені в ряд, сумарний опір контуру заземлення складає 3,1 Ом < 4 Ом, отже розрахунки виконані вірно.

Схема системи заземлення електрообладнання цеху приведена на рисунку 5.1.

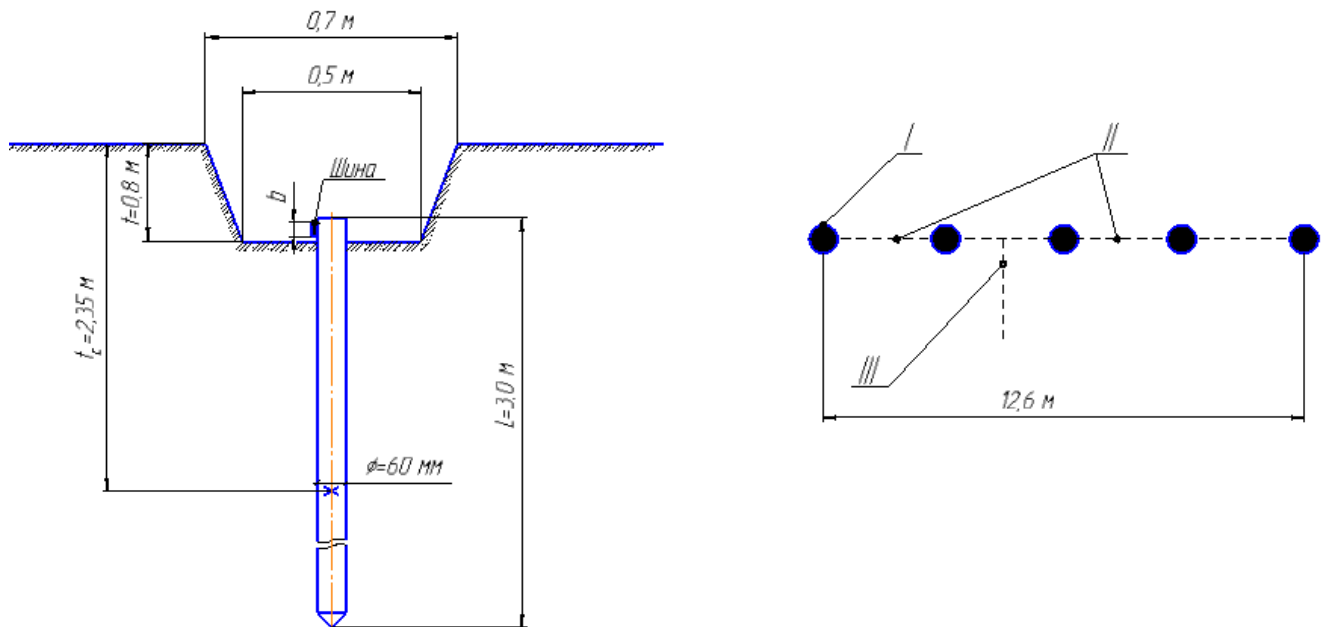


Рисунок 5.1 – Схема системи заземлення електрообладнання цеху
I – електроди заземлення; II – шина; III – заземлюючий провідник.

Висновки до розділу

Розглянуто стан охорони праці та виконано аналіз виробничого травматизму в ТОВ «Побережне». Проведено розрахунки системи заземлення. Згідно розрахунків кількість заземлювачів складає 5 шт. довжиною по 3,0 м, довжина з'єднувальної смуги складає 12,6 м, електроди розставлені в ряд, сумарний опір контуру заземлення складає $3,1 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, отже розрахунки виконані вірно.

6.1 Організація проведення дослідження

Метою проведення досліджень є обґрунтування технології виробництва гречаних пластівців з використанням ІЧ-опромінення.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з обґрунтування технології диспергування зерна пшениці при виробництві хлібобулочних виробів, наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір запропонованого напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	21
3-4	Розробка плану науково-дослідних робіт	4
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна гречки	2
6-7	Визначення технології отримання гречаних пластівців	15
7-8	Визначення показників якості сировини	2
7-9	Визначення параметрів процесу обробітку зерна гречки інфрачервоним опроміненням	3
7-10	Оптимізація параметрів гідротермічної обробки	4
7-11	Визначення якісних показників отриманих пластівців	5
8-12	Обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		2
12-13	Підготовка матеріалу для оприлюднення	7
13-14	Написання публікації згідно з тематикою досліджень	7

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, який забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 6.1).

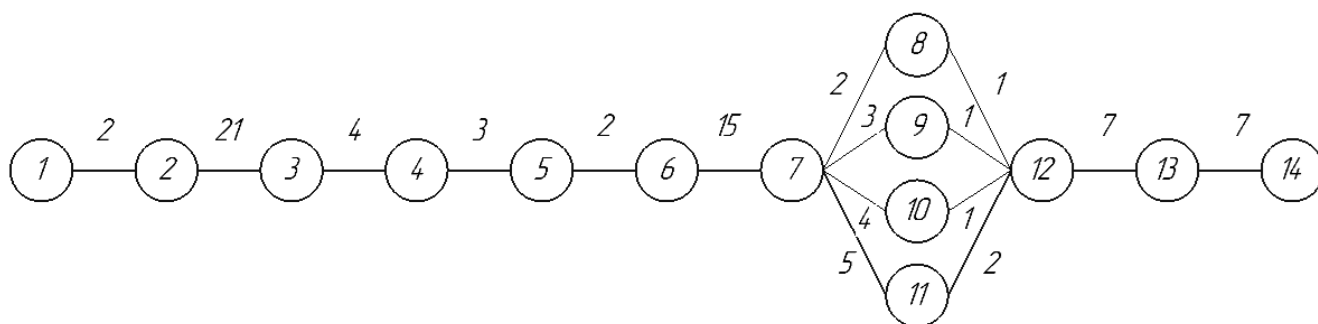


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (6.1)$$

де m_1 – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зерно гречки, кг	200	5,30	1060,00
Всього			1060,00

Результати розрахунку заробітної плати учасників досліджень наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний зарібок, грн.	Середньочасовий зарібок, грн.	Кількість людино-годин	Сума, грн.
Керівник роботи	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % єдиного податку від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год.;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Витрати електроенергії на роботу луцильника:

$$E_1 = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 12 \cdot 1,68 = 27,22 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу установки ІЧ-опромінення:

$$E_2 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 26,61 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_3 = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 180 \cdot 1,68 = 299,38 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 27,22 + 26,61 + 299,38 = 353,21 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.;

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Луцильна установка	1526,50	15	2	1,25
Установка ІЧ-опромінення	2278,00	15	1	0,94
Персональний комп'ютер	11920,00	24	22,5	176,35
Всього				178,54

Накладні витрати розраховуються за формулою і становлять:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1060,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	353,21
Амортизація	178,54
Накладні витрати	592,80
Всього	3088,57

Встановлено, що найбільшими є витрати на заробітну плату і основні матеріали.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціна досліджень розраховується за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 3088,57 + \frac{30 \cdot 3088,57}{100} = 4015,14 \text{ грн.}$$

Ціна досліджень відповідно склала 4015,14 грн.

Висновки до розділу

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та основні матеріали, які складають 741,00 грн та 1060,00 грн.

Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4015,14 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Досліджено комплексну технологію переробки гречки, що передбачає вироблення як традиційних продуктів – крупи, так і продуктів швидкого приготування

При виробленні гречаних пластівців рекомендовано наступну послідовність і режими технологічних операцій: фракціювання гречки, очищення від домішок, доводити до вологості 26 – 27 % і відволожувати протягом 6 – 7 годин, піддавати дії інфрачервоного випромінювання протягом 30 – 35 с при щільності променистого потоку 25 – 26 кВт/м². Після цього додатково дозволожувати до 26 – 27 % і відволожувати протягом 6 – 6,5 годин, потім проводити пропарювання протягом 5 хвилин при тиску пари 0,1 – 0,15 МПа. Пропарену гречку підсушувати до вологості 26 %, охолоджувати і лушити. На заключному етапі з отриманих після плющення гречаних пластівців потрібно відокремити крихту і мучку, пластівці доводити до вологості 12 – 14 %.

Експериментально підтверджено ефективність послідовної обробки гречки ІЧ випромінюванням, призводить до деякого розпушення структури ядра, з подальшим пропарюванням, що сприяє його пластифікації. Використання даної технології призводить до зниження крихкості пластівців, тривалість варіння становить не більше двох хвилин, коефіцієнт уварювання досягає значення 7,5 у.о. Загальний вихід пластівців становить близько 97 %, по відношенню до ядриці, що пішла на плющення, або 71,6 % по відношенню до зерна гречки.

Рекомендовано підготовку до плющення вести відповідно до схеми вироблення пластівців з насіння гречки, а етап повторного зволоження проводити протягом 18 год.

Розроблено спосіб фракціонування гречки, який передбачає стабілізацію навантаження і товщини шару гречки в просіювальних машинах, за рахунок поділу сходів з сит дрібних фракцій гречки на дві частини, з яких одну направляють на лущення, а другу – на повторне просіювання на тих же ситах. Застосування даного способу при фракціонуванні дозволяє додатково виділити понад 3 % дрібного насіння гречки в порівнянні з традиційною схемою фракціонування.

Розглянуто стан охорони праці та виконано аналіз виробничого травматизму в ТОВ «Побережне». Проведено розрахунки системи заземлення. Згідно розрахунків кількість заземлювачів складає 5 шт. довжиною по 3,0 м, довжина з'єднувальної смуги складає 12,6 м, електроди розставлені в ряд, сумарний опір контуру заземлення складає $3,1 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, отже розрахунки виконані вірно.

Встановлено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та основні матеріали, які складають 741,00 грн та 1060,00 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4015,14 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Авраменко В.Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В.Н. Авраменко, М.П. Есельсон, А.А. Заїка. – М.: Харчова промисловість, 1974. – 174с.
2. Адріанов В. Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В. Н. Адріанов. – М. : Энергия, 1972. – 464 с.
3. Артіко А.А. Електрофізичні методи впливу на харчові продукти / А.А. Артіко. – Ташкент: АНРУ, 1992. – 110 с.
4. Атаназевіч В. І. Сушка зерна / В.І. Атаназевіч. – М.: ДеліПрінт, 2007. – 479 с.
5. Ахназарова С.Л. Методи оптимізації експерименту в хімічній техніці: Навч. посібник для хіміко–технологічних вузів. – 2–е вид., Перераб. / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. М. : Вища. школа, 1985. – 327 с.
6. Бабаєв Д.С. Визначення вмісту зародка в продуктах помелу пшениці / Д.С. бабаєв. Хлібопродукти. 1997. № 5. – С. 16.
7. Бабаєв Д.С., Бухара В.В. Стабілізація зародків при зберіганні / Д.С. Бабаєв, В.В. Бухара. – М.: 1994. – С. 11.
8. Бабенко П.П. Розробка технології комплексної переробки зародків пшениці / П.П. Бабенко / Автореф.канд.техн.наук: 05.18.12. – М., 1984. – 20 с.
9. Белобородов В.В. Рішення завдання нагріву тіл в електромагнітному полі надвисоких частот / В.В. Белобородов, Б.А. Вороненко. – М.: «Наука» – 1984. – С. 276 – 282.
10. Беляєва С.С. Температурні криві при інфрачервоній сушці висівков житніх [Електронний ресурс]: Електронний науковий журнал «Процеси і апарати

харчових виробництв» / С.С. Беляєва, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко. Електронний журнал – Санкт–Петербург.: 2012. – №1.

11. Беляєва С.С. Дослідження процесу інфрачервоної сушки продуктів для дієтичного харчування [Електронний ресурс]: Електронний науковий журнал «Процеси і апарати харчових виробництв» / С.С. Беляєва, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко. Електронний журнал – Санкт–Петербург.: 2012. – №2.

12. Беляєв М.И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов: Монография / Харьковский институт общественного питания. – Харьков, 1991. – 160 с.

13. Беляєва С.С. Кінетика сушіння висівок житніх інфрачервоним випромінюванням / С.С. Беляєва, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко. Нові технології–реферованих науковий журнал; М.: – 2012 – Вип.№1. – С. 19 –22.

14. Беляєва С.С. Оптимізація процесу інфрачервоної сушки з електроподводом зародків пшеничних / С.С. Беляєва, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко. Природничі та технічні науки; Москва – 2012 Вип.№1. – С. 433 – 436.

15. Бородюк В.П. Критерій оцінки працездатності математичного опису / В.П. Бородюк // Збірник «Автоматизація хімічних виробництв». – М., 1969. – С.41 – 48.

16. Брамсон М.А. Инфракрасное излучение нагретых тел / М.А. Брамсон. – М.: Наука, 1965. – 22с.

17. Волженцев А. В. Удосконалення технологічного процесу сушіння зерна пшениці обґрунтування конструктивних параметрів сушарки з псевдозрідженим шаром, автореферат до дис.канд.техн.наук Волженцева А. В.; Воронеж «Орловський державний аграрний університет», 2010 р

18. Гінзбург А.С. Сушка харчових продуктів / А.С. Гінзбург. – М.: 1960. – 254 с.

19. Гінзбург А.С. Технологія сушіння харчових продуктів / А.С. Гінзбург – М.: Харчова промисловість. 1976. – 248 с.

20. Гінзбург А.С. Інфрачервона техніка в харчовій промисловості / А.С. Гінзбург // Харчова промисловість. – М.: 1966. – 407 с.

21. Гінзбург А.С. Сушка харчових продуктів в киплячому шарі / А.С. Гінзбург, В.А. Різьбярів. – М.: Харчова промисловість, 1966. – 196 с.
22. Гінзбург А.С. Теплофізичні характеристики харчових продуктів / А.С. Гінзбург, М.А. Громов, Г.І. Красовська. М.: Харчова промисловість, 1980. – 288 с.
23. Гінзбург А.С. Волога в зерні / А.С. Гінзбург, Е.Д. Казаков, Г.С. Окунь. – М.: Колос, 1969. – 222 с.
24. Гінзбург А.С. Інфрачервоне випромінювання як метод інтенсифікації технологічних процесів харчових виробництв / А.С. Гінзбург, В.В. Красніков. Проблеми харчової науки і технології. – М.: 1967. – С. 28 – 33.
25. Голенков В.Ф. Хліб з пшеничними зародковими пластівцями / В.Ф. Голенков, Г.Н. Сандакова, Т.А. Никифорова, О.А. Сушенкова Хлібопродукти. 1991. № 1.– С. 38.
26. Губієв Ю.К., пунк С.П., Еркінбаєва Р.К. Термообробка зерна мікрохвильовим полем. – Вісник ОНУ, серія Харчова технологія, Краснодар, 1995.1–2, С.86–90.
27. Гулавський В.Т. Научные основы применения различных видов ВТО при переработке зерна / В.Т. Гулавський // Зерновы продукты і комбікорми. – 2014. – № 3. – с. 27-37. 142 № 3 (95) 2016 Техніка, енергетика, транспорт АПК.
28. Дамман Б.В. Дослідження процесу сушіння пшениці інфрачервоними променями. Дисертація на здобуття наукового ступеня канд.техн.наук. –М .: МТІПІД953.
29. Демидов АС, Беляєва С.С., Демидов С.Ф. та ін. Джерела інфрачервоного випромінювання з енергоподводом для термообробки харчових продуктів–[Електронний ресурс]: – Санкт–Петербург, 2011.– №1.
30. Дерібере М.Д. Практическое применение инфракрасных лучей / М.Д. Дерібере. – Л.: Держ. енергетичне видавництво, 1959.–440с.
31. Елькин Н.В. Высокотемпературные инфракрасные технологии нового тысячелетия / Н.В. Елькин, В.В. Кирдяшкин // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 9. – с. 47-50.

32. Єгоров Г. А. Технологія зберігання і переробки зерна (Изд. 2–е, доп. І перероб.). – М.: Колос, 1977. – 376 с.
33. Єгоров Б.В. Волого-теплова обробка збіжжя / Б.В. Єгоров // Зерно і хліб, 1998. – № 3. – с. 10-12.
34. Рідко В. І. Зерносушіння і зерносушарки / В.І. Рідко, В.А. Різьбярів, В.С. Уколов. – М.: Колос, 1982. – 239 с.
35. Захарова Л.М. Вивчення функціонально–технологічних властивостей пшеничних зародкових пластівців в зв'язку з їх використанням у виробництві кисломолочних продуктів. Зберігання та переробка сільськогосподарської сировини, 2001., – № 9
36. Зверев С.В. Фізичні властивості зерна і продуктів їх переробки / С.В. Зверев, І.С. Зверева. – М.: Делі принт, 2007. – 176 с.
37. Зверев С.В. Розрахунок поля опромінення відбитого випромінювання для екрану довільної форми / С.В. Зверев, В.А. Лігідов, Е.Л. Адеішвілі // Матеріали науково – технічної конференції, присвяченій 80 – річчю спеціальності «Технологія зберігання і переробки зерна» – М.: МГУПП, 2002. – с.24 – 26.
38. Зверев С.В. Инактивация антипитательных веществ в сое при высокотемпературной микронизации / С.В. Зверев, Е.В. Козин // Хранение и переработка сельхозсырья. М.: 2008. – № 4. – с. 30-31.
39. Зверев С.В. Оцінка полів опромінення під плоским випромінювачем при радіаційно-конвективного сушіння фруктів / СВ. Зверев, В.А. Лігідов, Ю.А. Утков, АА Цимбал, М.С Погорелов // «Зберігання і переробка сільгоспсировини». М.: 2005. – с. 63 – 64.
40. Зверев С.В. Влияние инфракрасной термообработки на физико-механические свойства ячменя / С.В. Зверев, В.В. Красников, Е.П. Тюрев // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1993. – № 5-6. – с. 69-72.
41. Зверев С.В. Оцінка рівномірності поля опромінення блоку ІК генераторів / С.В. Зверев, В.А. Лігідов // «Високоєфективні харчові технології методи і засоби для їх реалізації». Матеріали науково–технічної конференції-виставки – М.: МГУПП, 2003р. – С. 84 – 89.

42. Зяблова Т.В. До питання про стабілізацію якості зародкових пластівців пшениці при зберіганні / Т.В. Зяблова, В.С. Капранчіков, А.С. Шамшин // Міжнародна науково–практична конференція «Актуальні напрямки розвитку екологічно безпечних технологій виробництва, зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»/ –Воронеж. – 2003. – Т. 2. – Ч. 2. – С.79 – 82.

43. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: Підручник [Текст] / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. // За заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. – К.: НУХТ, 2012. – 487 с.

44. Исследование структурно–механических характеристик зерна сорго при ИК–обработке / Никитушкина М.Ю. // Индустрия продуктов здоров. питания – 3 тысячелетие: человек, наука, технол., экон.: Междунар. науч.–практ. конф., Москва 24–25 февр., 1999. Тез. докл. Ч. 1. – М., 1999. – С. 130 – 131.

45. Кононенко, В.В. Прогрессивные технологии и современное оборудование – важнейшие составляющие успеха экономического развития предприятий спиртовой и ликероводочной промышленности [Текст] / В.В. Кононенко, Л.Н. Крикунова, О.С. Журба – М.: Пищепромиздат, 2003. – 250 с.

46. Колпакова, В.В. Побочные продукты помола зерна пшеницы – источник пищевого белка // Обзорная информация. – М.: ЦНИИ– ТЭИ хлебопродуктов, 1993. – 36 с.

47. Кочанов Д.С. Научное обеспечение процесса микронизации зерновых культур и разработка технологий производства комбикормов из микронизированого зерна / Д.С. Кочанов // Дис. на соиск. канд.-тех. наук. Воронеж. – 2011. – 120 с.

48. Красніков В.В., Ільясов С.Г., Тюрєв Е.П., Кірдяшкін В.В. Термообробка зерна ІК випромінюванням // Вісник сільськогосподарських наук. – 1992. –№ 2. – С. 62–76.

49. Красніков В. В. Метода исследования спектральных угловых характеристик пищевых продуктов при диффузном облучении / В. В. Красніков, С. Г. Ільясов [и др.] // ЦНИИТЭИ Легпишемаш. – 2008. – 326 с.

50. Крикунова, Л.Н. Перспективные направления научно–технического развития спиртовой и ликероводочной промышленности [Текст] / Л.Н. Крикунова, О.С. Стребкова. – М: Пищевая промышленность, 2007. – 150 с.
51. Крикунова Л.Н. Влияние ИК-обработки зерна пшеницы и ржи на параметры процесса его измельчения / Л.Н. Крикунова, Т.В. Андриенко, В.Я. Черных и др. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – № 4. – 2007. – с. 76-77.
52. Кунілова Т.М. Аналіз існуючих типів та технологій сушки. // Міжвузівський зб. наук. Праць «Теорія і практика розробки і експлуатації харчового обладнання», 2007. – С. 42 – 53.
53. Лебедев, П.Д. Сушка інфрачервоними променями / П.Д. Лебедев. –Л.: 1955. – 232 с.
54. Левін А.Н. Дослідження можливості використання інфрачервоних променів для сушки і знезараження зерна / А.Н. Левін, П.П. Каунульянов // Мукомольно–елеваторна промисловість, 1964. №2. – С. 30.
55. Ликов А.В. Теорія сушки / А.В. Ликов. – М.: Енергія, 1968. – 472 с.
56. Ликов А.В. Явище перенесення в капілярно-пористих тілах / А.В. Ликов. – М.: 1954. 296 с.
57. Ликов А.В. Теорія переносу енергії і речовини / А.В. Ликов, Ю.А. Михайлов. – Мінськ, 1959. – 331 с.
58. Максимчук Б.В. Виробництво пшеничного зародка / Б.В. Максимчук. Хлібопродукти. 1995. № 2. – С. 46 – 53.
59. Моїсеєва І.С. Удосконалення процесу вакуум-сублімаційного сушіння зародків зерна пшениці. Автореф.канд.техн.наук. Воронеж, 2005.
60. Мишуров Н.П. Совершенствование инженерно-технического обеспечения молочных ферм на основе комплексной энергетической оценки / Н.П. Мишуров. Наук.вид. – М.: ФГБНУ “Росинформагротех”. – 2011. – 120 с.
61. Островський Л. В. Інфрачервоний нагрів в громадському харчуванні. – М.: Економіка, 1978. – 104 с.
62. Патент США №5061497, МКИ5 C12F3/10/Thacker Ray. Dodgin Bill A., Clovis Yrain Processing Ltd/ – № 405463, Заявл. 11.09.89, опубл. 28.10.91; НКІ

426/21. РЖХим, 1993, 9Р180П. Способ одновременного производства этилового спирта и улучшенного пищевого продукта из зерна злаков. Process for the co-production of ethanol and an improved humru food product from cereal grains.

63. Плавинська С.В. Мікронізація бобів сої – перспективний метод отримання якісного продукту для кормоприготування / С.В. Плавинська // Сучасне птахівництво. – 2001. – № 11/12. – с. 26-28.

64. Пучков, АА Перспективи застосування інфрачервоного сушіння насіння ріпаку // «Енергозабезпечення та енергозбереження в сільському господарстві». Праці 4-й міжнародній науково-технічній конференції. Частина 2. – М.: ГПУ ВІЕСХ, 2004. – 380 с.

65. Рогов І.А. Інфрачервоний нагрів харчових продуктів / І.А. Рогов, С.В. Некрутман. – М.: Харчова пром-сть, 1976. – 212 с.

66. Рогов І.А. Застосування інфрачервоного випромінювання в галузях харчової промисловості / І.А. Рогов, Н.Н. Жуков. – М.: 1971. – 40 с.

67. Тарутин П.П. Досвід застосування інфрачервоних променів для сушки зернопродуктів / П. П. Тарутин / Повідомлення і реферати ВНРІЗ, 1949. – С. 31–33.

68. Федорченко Є.П. Дослідження впливу різних способів ГТО ячменю на біохімічні властивості перлової крупи / Є.П. Федорченко // Дис. канд.техн. наук: 05.18.12.–М., 1974. – 212 с.

69. Філатов В.В. Сучасні процеси, апарати і технології для переробки зерна та круп при інфрачервоному енергопідводі. Зберігання та перер. с/г сировини, № 10, 2010 р

70. Філатов В.В. Методика аналітичного розрахунку тривалості термообробки капілярно-пористих колоїдних матеріалів в термічних камерах ІЧ-установок. Зберігання та перер. с/г сировини, № 1, 2011 р

71. Філоненко Т.К., Гришин М.А., Гольденберг Я.М., Коссек В.К. Сушка харчових рослинних матеріалів. Харчова промисловість, 1971, 440 с.

72. Шамшин, А. Розробка та наукове обґрунтування способу конвективного сушіння зародкових пластівців пшениці в коливальних режимах. Дис. канд. техн. наук. Воронеж, 2004. 228 с.

73. Шевцов А.А., Зяблова Т.В., Дятлов В.А. та ін. Способи стабілізації пшеничних зародків. Комбікорми, 2004. № 5. – С. 45.

74. Шевцов А. А., Зяблова Т. В., Капранчіков О. А. Стабілізація ферментативної активності в технології зберігання пшеничних зародків. Матеріали Міжнародної наукової конф. «Прогресивні методи зберігання плодів овочів і зерна». Воронеж, 2004. – С. 161 –169.

75. Шиян, П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості: Теорія і практика [Текст] / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійні–чук. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.

76. Яценко, С.І. Вивчення практичних основ ферментативного каталізу полімерів зернової сировини у спиртовому виробництві [Текст] / С.І. Яценко, Н.А. Нагурна // Харчова наука і технологія. Пищевая наука и технология. Food science and Tehnologi. – 2012. – № 3 (20) – с. 34–36.