

З результатів розрахунку колориметричних характеристик для зразків після тушіння і сушіння витікає, що у буряку спостерігається зміна значення колірному тону по відношенню до контролю, проте порівняно з результатами, отриманими для тушіння, ця зміна зменшується. Для зразків моркви в режимах 0,7; 0,7; 0,7; 0,85; 0,7; 0,95; 1,0; 0,85; 1,0; 0,95 відбувається незначна зміна домінуючої довжини хвилі, при цьому колориметрична чистота зменшується порівняно з контрольним зразком. Для зразка моркви режим 1,0; 0,7 спостерігається зсув колірному тону у бік червоного діапазону електромагнітного випромінювання, при цьому колориметрична чистота змінюється не в значній мірі відносно контролю. Для зразків перцю після сушіння і тушкування (режими 1,0; 0,7; 1,0; 0,85; 1,0; 0,95; 1,3; 0,7; 1,3; 0,85; 1,3; 0,95) відбувається зміна колірному тону у бік помаранчевої області оптичного діапазону, але дана зміна порівняно з отриманими даними для тушіння режиму 1,0 та 1,3 є меншою.

В результаті проведених колориметричних вимірів для буряку, моркви, перцю після операцій попередньої обробки перед заморожуванням встановлена зміна координат кольору, колірному тону, колориметричної чистоти. Встановлено, що в процесі сушіння кольоровий тон досліджуваних зразків змінюється по відношенню до контролю, проте порівняно з впливом процесу тушіння на зміну колірності, він є менш значним, що ймовірно зумовлене зменшенням тривалості аерації зразків і як наслідок зменшення деструктивного окислення пігментного комплексу зразків.

Встановлено також, що процес сушіння сприяє частковому відновленню колірному тону досліджуваних зразків буряку, а також зразків перцю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Джад Д. Цвет в науке и технике : [пер. с англ.] / Д. Джад, Г. Вышецки ; под ред. Л. Ф. Артюшина. – М. : Мир, 1978. – 592 с.

УДК 167.23:631.531:582.998.16

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ІЧ-ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В СТАЦІОНАРНОМУ ШАРІ ПРИ КОМПОЗИЦІЙНОМУ ПЛАНУВАННІ ЕКСПЕРИМЕНТУ

А. В. Купченко;

К. О. Мельников, доктор технічних наук;

Ю. О. Чурсінов, доктор технічних наук

Отримання адекватних математичних моделей є одним із найважливіших завдань при дослідженні технологічних процесів харчових технологій. У випадках, коли достатньо складно отримати теоретичні моделі, з огляду на велику кількість факторів, що впливають на процес, і складність закономірностей їх зміни, велику цінність становлять емпіричні моделі, отримані при належному плануванні

експерименту та статистичній обробці його результатів.

Останнім часом на кафедрі технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції Донецький державний аграрний університет проводяться дослідження впливу ІЧ-обробки насіння соняшнику на зміну його фізичних і технологічних характеристик. Така обробка являє собою складну операцію, в якій

поєднано теплообмінний процес променевого нагріву насіння та масообмінний процес видалення з насіння вологи способом інтенсивного випаровування при нагріванні (тобто сушіння). Як перша, так і друга складові процесу залежать від багатьох факторів, починаючи від фізичних параметрів насіння і закінчуючи спектральною характеристикою потоку ІЧ-випромінювання. Орієнтовну параметричну схему процесу ІЧ-обробки насіння соняшнику в стаціонарному шарі наведено на рис. 1.

Ефективність процесу виражається зниженням зусилля руйнування оболонки насіння та збільшенням виходу ядра після обрушування. Раніше було встановлено [1, 2], що зусилля руйнування оболонки залежить від вологості насіння після ІЧ-обробки й інтенсивності нагріву. Дані параметри мають нелі-

нійний характер і залежать від спектральних характеристик потоку ІЧ-випромінювання, що характеризуються колірною температурою спіралі випромінювача та довжиною хвилі максимуму випромінювання. З цих причин доцільно використати планування експерименту, обробка результатів якого дає змогу отримати нелінійну математичну модель. Для цієї мети підходить ортогональне центральне-композиційне планування (ОЦКП), при якому проводяться досліди в крайніх точках факторного простору, в зіркових точках та в центрі плану [3]. Крім того, таке планування дозволяє значно скоротити необхідну кількість експериментів і знизити витрати на їх проведення.

Параметричну схему процесу опромінення зерна пшениці ІЧ-променями наведено на рис. 1.

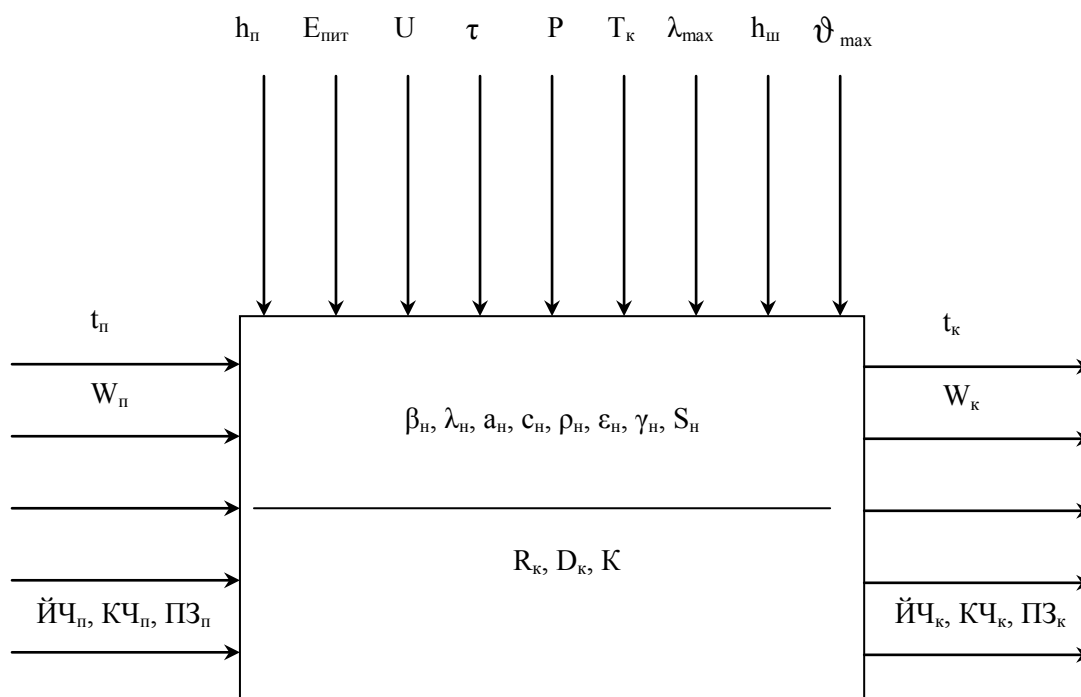


Рис. 1. Параметрична схема процесу опромінення зерна пшениці ІЧ-променями

Вхідні та вихідні параметри: t_p , t_k – початкова та кінцева температура насіння; W_p , W_k – початкова та кінцева вологість насіння; – початкове та кінцеве зусилля руйнування; – початковий та кінцевий вихід ядра; $йЧ_p$, $КЧ_p$, $ПЗ_p$, $йЧ_k$, $КЧ_k$, $ПЗ_k$ – початкові та кінцеві показники якості насіння: йодне число, кислотне число та показник заломлення.

Параметри насіння і робочої камери: β_p – коефіцієнт масообміну; λ_p – коефіцієнт теплопровідності; a_p – коефіцієнт теплопровідності; c_p – коефіцієнт теплоємності; ρ_p – густина насіння; ϵ_p – шпаруватість шару насіння; γ_p – насипна маса густина насіння; S_p – площа поверхні насіння; R_k – поглинальна здатність матеріалу робочої камери; D_k – від-

бивальна здатність матеріалу камери; K – коефіцієнт, що враховує інші параметри камери.

Регульовані параметри: h_n – висота підвісу ІЧ-випромінювача; $E_{\text{пит}}$ – питома витрата енергії; U – напруга живлення випромінювача; τ – тривалість обробки; P – потужність випромінювача; T_k – колірна температура спіралі випромінювача; λ_{max} – довжина хвилі максимуму випромінювання; $h_{\text{ш}}$ – висота шару насіння; max – доля ІЧ-випромінювання в загальному спектрі випромінювача.

На основі експертної оцінки процесу та аналізу результатів досліджень подібних про-

цесів, описаних у літературі, ми обрали три основні фактори варіювання: довжина хвилі максимуму випромінювання, тривалість обробки τ та висота підвісу випромінювача над поверхнею насіння h_p . Причому перший фактор прийнято у вигляді напруги живлення випромінювача U , яка є більш легко контролюваною та від якої в прямо пропорційній залежності знаходиться довжина хвилі максимуму випромінювання [1]. Таким чином, ми використали трифакторний ОЦКП, матрицю планування якого наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Матриця планування трифакторного ОЦКП

Номер досліджу	Матриця для розрахунку коефіцієнтів			Функція відгуку
	x_1	x_2	x_3	
1	-1	-1	-1	y_1
2	+1	-1	-1	y_2
3	-1	+1	-1	y_3
4	+1	+1	-1	y_4
5	-1	-1	+1	y_5
6	+1	-1	+1	y_6
7	-1	+1	+1	y_7
8	+1	+1	+1	y_8
9	-1,21	0	0	y_9
10	+1,21	0	0	y_{10}
11	0	-1,21	0	y_{11}
12	0	+1,21	0	y_{12}
13	0	0	-1,21	y_{13}
14	0	0	+1,21	y_{14}
15	0	0	0	y_{15}

Експеримент передбачає проведення 15 дослідів з неповторюваними значеннями змінних факторів і дає змогу отримати емпіричну модель у вигляді регресійного рівняння другого порядку, яке являє собою частину ряду Тейлора. Крім того, у випадку адекватності отриманого рівняння, на його основі можна досить легко здійснити оптимізацію процесу.

За функції відгуку було взято кінцеву вологість насіння після обробки при відповідних режимах і зусилля руйнування оболонки насіння. Умови й результати експерименту наведено в табл. 2. Значення функції відгуку взято як результат статистичної обробки результатів по трьох повтореннях для кожної варіації змінних факторів.

Питома енергоємність процесу визначали за методикою, наведеною в [2]. Даний показник є комплексним для основних змінних факторів і характеризує кількість енергії, затраченої на обробку 1 кг насіння.

Після обробки результатів експерименту згідно з методикою наведеною в [3], отримано такі емпіричні рівняння:

- для вологості насіння після обробки:

$$y = 12,6494745 + 0,000294U^2 + 0,0000248\tau^2 - 0,0939599U - 0,0089067\tau + 0,018546h_n - 0,0000795U \cdot h_n + 0,0000132\tau \cdot h_n;$$

Таблиця 2

Умови і результати досліджень зміни фізико-механічних характеристик насіння соняшнику при різних режимах ІЧ-обробки

Режимні параметри ІЧ-обробки						Фізико-механічні характеристики насіння	
Спектральна характеристика			Тривалість обробки, с	Висота підвісу випромінювача, мм	Питома енергоємність процесу, кВт·год/кг	Вологість, %	Зусилля руйнування, Н
Напруга живлення випромінювача, В	Колірна температура спіралі випромінювача, К	Довжина хвилі максимуму випромінювання, мкм					
150	1635	1,91	60	80	0,058	4,70	7,407
210	2543	1,16	60	80	0,081	4,67	5,739
150	1635	1,91	240	80	0,228	2,39	3,728
210	2543	1,16	240	80	0,320	1,79	3,335
150	1635	1,91	60	120	0,058	4,90	5,739
210	2543	1,16	60	120	0,081	4,99	6,475
150	1635	1,91	240	120	0,228	2,99	4,513
210	2543	1,16	240	120	0,320	1,90	4,022
144	1540	2,12	150	100	0,136	3,38	4,562
216	2640	1,08	150	100	0,205	2,89	3,532
180	2077	1,57	41	100	0,047	4,79	4,660
180	2077	1,57	259	100	0,294	1,29	3,188
180	2077	1,57	150	76	0,170	2,89	3,434
180	2077	1,57	150	124	0,170	3,09	5,101
180	2077	1,57	150	100	0,170	3,17	4,807

• для зусилля руйнування оболонки насіння:

$$y = 37,1725309 - 0,200904U - 0,0384289\tau - 0,21625h_{\text{п}} + 0,0003964U^2 + 0,000034\tau^2 + 0,0005825h_{\text{п}}^2 + 0,0004752U \cdot h_{\text{п}} +$$

$$+ 0,000165\tau \cdot h_{\text{п}}$$

Адекватність отриманих рівнянь визначали за критерієм Фішера. Поверхні відгуку для отриманих рівнянь наведено на рис. 2–5. Їх отримано для фіксованих значень висоти підвісу ІЧ-випромінювача над шаром насіння.

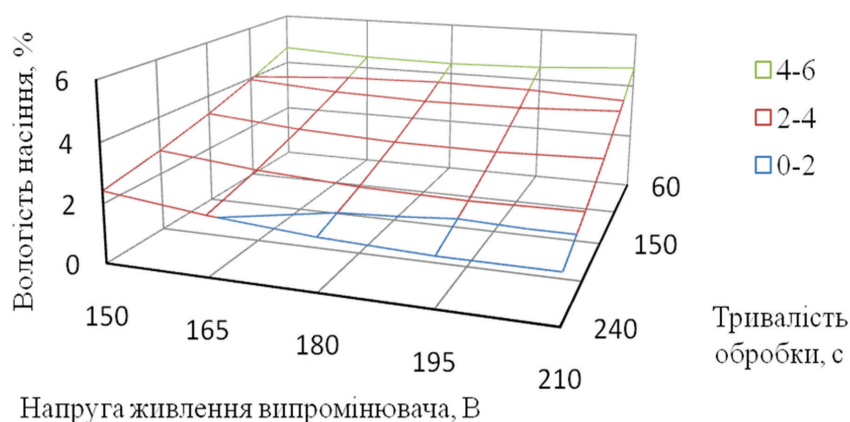


Рис. 2. Зміна вологості насіння соняшнику залежно від режимів ІЧ-обробки при висоті підвісу випромінювача 80 мм

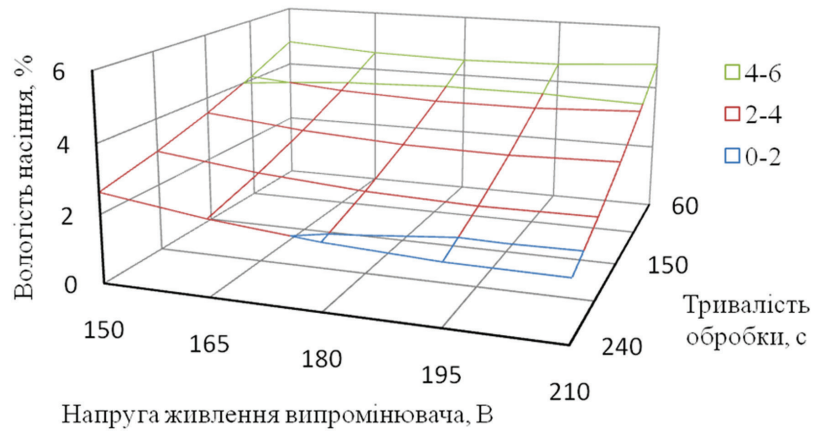


Рис. 3. Зміна вологості насіння соняшнику залежно від режимів ГЧ-обробки при висоті підвісу випромінювача 120 мм

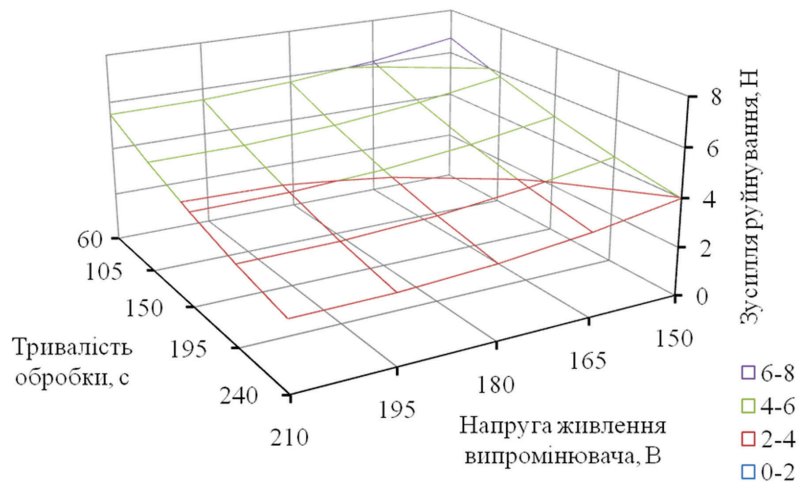


Рис. 4. Зміна зусилля руйнування оболонки насіння соняшнику залежно від режимів ГЧ-обробки при висоті підвісу випромінювача 80 мм

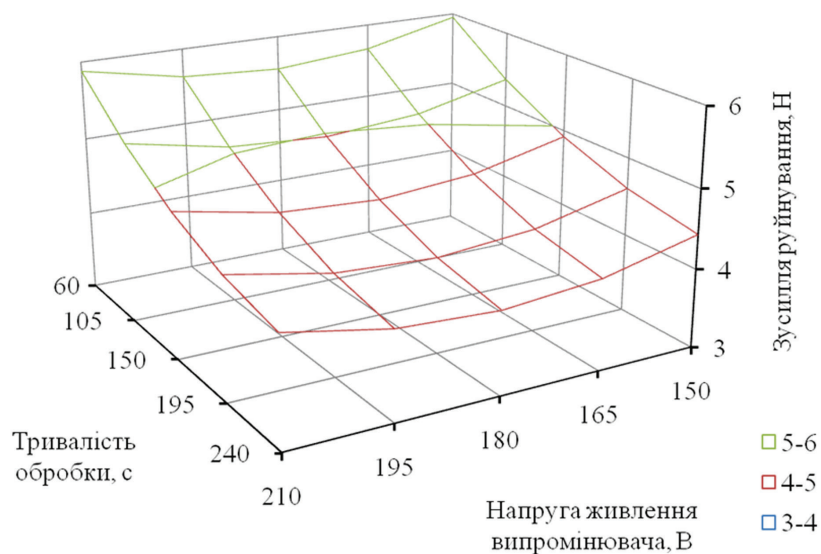


Рис. 5. Зміна зусилля руйнування оболонки насіння соняшнику залежно від режимів ГЧ-обробки при висоті підвісу випромінювача 120 мм

При розгляді побудованих поверхонь видно, що вологість при обох значеннях висоти підвісу випромінювача та зусилля руйнування оболонки, при висоті підвісу випромінювача 80 мм, мають характер зміни близький до лінійного, а зусилля руйнування при висоті підвісу 120 мм має явно виражену кривизну. Причому мінімальне зусилля руйнування спостерігається при нарузі живлення випромінювача 180 В, що підтверджує раніше отримані результати досліджень кінетики нагріву насіння в полі ІЧ-випромінювання [1].

Отримані емпіричні моделі дозволяють прогнозувати значення основних параметрів насіння соняшнику після ІЧ-обробки в стаціонарному шарі залежно від режимів обробки. Також за отриманими рівняннями можна здійснити оптимізацію процесу, в тому числі при накладанні граничних обмежень щодо якісних показників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Купченко А. В. Дослідження процесу нагріву насіння соняшнику за допомогою ІЧ випромінювання при отриманні кондитерського ядра / А. В. Купченко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2008. – № 7. – С. 79–83.
2. Купченко А. В. Дослідження процесу обробки насіння соняшнику перед обрушуванням шляхом ІЧ опромінення в щільному шарі / А. В. Купченко, К. О. Мельников, Л. І. Перевалов // Хранение и переработка зерна. – 2010. – № 10. – С. 64–66.
3. Гайдадин А. Н. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов / А. Н. Гайдадин, С. А. Ефремова. – Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2008. – 16 с.

УДК 663.8/664.8.036.2

РОЗРОБКА РЕЖИМІВ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ЛАКТОФЕРМЕНТОВАНИХ ОВОЧЕВИХ КОНСЕРВОВАНИХ ПРОДУКТІВ

**А. Т. Безусов, доктор технічних наук;
Л. П. Холодний, кандидат технічних наук**

Забезпечення населення України натуральними повноцінними і безпечними продуктами – головне завдання харчової промисловості. Від її вирішення в значній мірі залежить здоров'я нації і соціально-економічний стан держави в цілому.

Збільшення обсягів виробництва і розширення асортименту овочевих консервів багато в чому визначається удосконаленням традиційних і розробкою нових технологій. З існуючих видів консервованої продукції маринади посідають важливе місце серед продукції, що виробляється консервними заводами. Проте маринади, що випускаються за традиційною технологією, мають різко виражений кислий

присмак і запах оцтової кислоти, що знижує попит на такі консерви.

З цією метою були проведені дослідження з вивчення можливості та доцільності розробки технології нових видів консервованої продукції з групи лактоферментованих овочевих маринадів і напоїв, у складі яких немає оцтової кислоти і які відрізняються більш високими якісними характеристиками, харчовою і біологічною цінністю.

Розроблена технологія отримання з використанням молочнокислих бактерій *Lactobacillus plantarum* штаму АН 11/16 лактоферментованих залив із водних екстрактів нестандартної сировини і відходів консервного виробництва.