

OPTIMIZATION OF EXTRUSION TECHNOLOGY FOR POTATO PRODUCTS WITH ADDITIONAL RAW MATERIALS

O. Shulga, L. Grybovych, S. Shulga
National University of Food Technologies

Key words:

*Optimization
Extrusion of potato
products
Beetroot powder
Milk powder
Powdered mashed
potatoes*

Article history:

Received 29.09.2014
Received in revised form
15.10.2014
Accepted 04.11.2014

Corresponding author:

O. Shulga
E-mail:
shulga83@voliacable.com

ABSTRACT

The article describes three methods (Box — Wilson, count mathematical method and the simplex method) which are the most advisable to optimize prescription mixtures for potato products extrusion. The examples of extruded potato products with different kinds of additional raw materials were selected for this study. Depending on the prescription components, different optimization techniques should be used. It has been established that, in order to optimize the formulation in which cereal is included, it is better to use the Box — Wilson method; to optimize recipes using fruit and vegetable powders, count mathematical method; and to optimize recipes using powdered milk, the simplex method should be used.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУЗІЙНИХ КАРТОПЛЕПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКОВОЇ СИРОВИНИ

О.С. Шульга, Л.В. Грибович, С.І. Шульга
Національний університет харчових технологій

У статті описано три методи (Бокса-Уілсона, графоматематичний і симплекс-метод), за якими найбільш доцільно проводити оптимізацію рецептурної суміші для виробництва екструзійних картоплепродуктів. Зразками обрано екструзійні картоплепродукти з додаванням різних видів додаткової сировини. Залежно від рецептури компонентів необхідно обирати різні методи оптимізації. Встановлено, що для оптимізації рецептури з використанням круп краще використовувати метод Бокса-Уілсона; для оптимізації рецептури з використанням фруктових та овочевих порошків — графоматематичний метод, а для оптимізації рецептури з використанням сухого молока — симплекс-метод.

Ключові слова: оптимізація, екструзійні картоплепродукти, буряковий порошок, сухе молоко, сухе картопляне пюре.

Кожний вид додаткової сировини здійснює вплив на якість готових виробів по-різному. Так, надмірне додавання морквяного або бурякового порошку знижує органолептичні показники готових виробів, проте значно підвищує біологічну цінність продуктів, тому для оптимізації цієї рецептурної суміші доцільним є використання графоматематичного методу. Додавання зернових круп й гороху поліпшує органолептичні показники і впливає на коефіцієнт спучування, тому для оптимізації даної рецептурної суміші доцільним є використання методу за Боксом-Уілсоном. При використанні білкововмісної сировини доцільним є використання симплекс-методу.

Оптимізація за Боксом-Уілсоном.

Результати проведених досліджень показують, що на якість продуктів екструзії впливають різні фактори. Серед керованих найбільший вплив здійснюють кількість додаткової сировини і масова частка вологи суміші. Кожен з цих параметрів може змінюватися в певних межах, тому доцільним є визначення оптимальних значень цих параметрів для забезпечення високої якості кінцевого продукту. Оптимальні значення цих параметрів можливо визначити з урахуванням їх попарної дії.

Оптимізацію процесу виробництва екструзійних картоплепродуктів з додаванням зернових круп і гороху проводили методом експериментально-статистичного моделювання. За керовані фактори обрано кількість додаткової сировини (X_1), масову частку вологи суміші (X_2). За критерій оптимізації — коефіцієнт спучування (Y).

Для постановки експерименту використаний метод повного факторного експерименту (ПФЕ 2^n), який полягає у варіюванні всіх факторів об'єкта досліджень за складеним планом.

Фактори за планом змінюються лише на двох рівнях: верхньому і нижньому. Завданням експерименту є отримання математичної моделі, яка використовується для оптимізації об'єкта досліджень. Оптимізацію досліджуваного об'єкта здійснювали за методом Бокса-Уілсона.

Для всіх факторів за результатами попередніх експериментів і теоретичним положенням була прийнята область факторів, наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Рівні та інтервали варіювання досліджуваних факторів

Назва	Фактори		
	$X_{1кз}$, % кількість крупи	$X_{1г}$, % кількість гороху	X_2 , % масова частка вологи в суміші (пюре-крупа)
Нульовий рівень, X_i^0	35	35	14
Інтервал варіювання факторів, λ_i	10	15	4
Нижній рівень варіювання, -1	25	20	10
Верхній рівень варіювання, $+1$	45	50	18

Матриця планування експерименту наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Матриця планування експерименту

№	Рівні факторів у кодованому вигляді		Рівні факторів у натуральному вигляді		
	$X_{1к,г}$	$X_{2к,г}$	$X_{1к}$	$X_{1г}$	$X_{2к,г}$
1.	-1	-1	25	20	10
2.	-1	1	25	20	18
3.	1	-1	45	50	10
4.	1	1	45	50	18

За результатами двофакторного експерименту отримані рівняння регресії, в яких, окрім лінійних членів, наявні члени, що враховують ефект парної міжфакторної взаємодії:

$$Y_k = 3,53 + 0,32X_{1к} + 0,15X_{2к} - 0,0042X_{1к}X_{2к}; \quad (1)$$

$$Y_r = 2,07 - 0,22X_{1г} + 0,13X_{2г} - 0,05X_{1г}X_{2г}. \quad (2)$$

Суттєвість коефіцієнтів регресії оцінювали за критерієм Стьюдента при рівні суттєвості 0,05.

Рівняння після виключення несуттєвих коефіцієнтів набувають вигляду:

$$Y_k = 3,53 + 0,32X_{1к} + 0,15X_{2к}; \quad (3)$$

$$Y_r = 2,07 - 0,22X_{1г} + 0,13X_{2г}. \quad (4)$$

Кількість суттєвих коефіцієнтів менша за кількість дослідів, тому існує необхідність статистичної перевірки адекватності рівняння експериментальним даним. Ця перевірка здійснюється за критерієм Фішера (F), коли повинна виконуватися умова $F_p < F_T$. $F_T(0,95; 1, 8)=5,3$, $F_{pk}=2,07$ та $F_{pr}=2,46$. Отже, рівняння адекватні процесу, який вони описують.

Проте це ще не є гарантією того, що у прийнятому діапазоні зміни факторів ці рівняння будуть точно описувати процес. Вільний член рівняння є оцінкою виходу процесу в центральній точці експерименту $b_0 \rightarrow Y_0$. Отже, за результатами реалізації плану ФПЕ 2^2 оцінювання вільного члена рівняння є змішаною із сумарним оцінюванням квадратичних ефектів всіх факторів.

Після проведення додаткових дослідів у центрі експерименту, визначені різниця ($Y_{\text{оср}} - b_0$) та довірча помилка ε ($Y_{\text{оср}} - b_0$), яка становить 2,94 для зернових круп та 2,00 — для гороху. Різниця $|Y_{\text{оср}} - b_0|$ становить 0,03 як для зернових, так і для гороху. Отже, умова $|Y_{\text{оср}} - b_0| < \varepsilon$ ($Y_{\text{оср}} - b_0$) виконується ($0,03 < 2,94$; $0,03 < 2,00$). Це вказує на те, що квадратичні ефекти в рівняннях можна не представляти.

Оптимізація за Боксом-Уілсоном дає, відповідно до серії додаткових експериментів, такі оптимальні значення критерію оптимальності (коефіцієнт спучування) $Y_k = 3,9$; $Y_r = 2,4$, за таких координат оптимуму $X_{1к}=45\%$, $X_{2к} = 16\%$ та $X_{1г} = 25\%$, $X_{2г} = 16\%$.

Оптимізація за графоматематичним методом

Метою використання додаткової сировини є підвищення біологічної цінності й органолептичних показників готових виробів. □аае□ при збільшенні дозування деяких видів додаткової сировини органолептичні показники погіршуються, тому необхідним є встановлення оптимальної

кількості додаткової сировини, за якої органолептичні показники не погіршуються, а біологічна цінність продукту підвищується.

При використанні яблучного порошку і сухого знежиреного молока органолептичні показники продуктів поліпшуються зі збільшенням дозування цієї додаткової сировини, але погіршуються коефіцієнт спучування продуктів. При використанні круп органолептичні показники і коефіцієнт спучування поліпшуються. Лише при використанні морквяного і бурякового порошоків зі збільшенням дозування погіршуються органолептичні показники і коефіцієнт спучування, тому доцільним є оптимізація дозування саме морквяного і бурякового порошоків зазначеним методом. Розрахунок оптимізації рецептурної суміші за графоматематичним методом, розроблений В.В. Дорохович [1], наводиться при використанні бурякового порошку.

Розрахунок коефіцієнта K_1 (табл. 3), який характеризує біологічну цінність продуктів, проведено за формулою:

$$K_1 = M_1 \frac{P_1}{P_1^6} + M_2 \frac{P_2}{P_2^6} + M_3 \frac{P_3}{P_3^6} + M_4 \frac{P_4}{P_4^6}, \quad (5)$$

де P_1, P_2, P_3, P_4 — вміст міді, заліза, мінеральних речовин і харчових волокон в рецептурній суміші за різного вмісту додаткової сировини; $P_1^6, P_2^6, P_3^6, P_4^6$ — вміст тих самих речовин у базовому зразку (сухому картопляному пюре); M_1, M_2, M_3, M_4 — коефіцієнти вагомості відповідних речовин.

Розрахунок коефіцієнта K_2 (табл. 4), який характеризує органолептичні показники продуктів, проведено за формулою:

$$K_2 = M_1 \frac{P_1^l}{P_1^{l6}} + M_2 \frac{P_2^l}{P_2^{l6}} + M_3 \frac{P_3^l}{P_3^{l6}} + M_4 \frac{P_4^l}{P_4^{l6}}, \quad (6)$$

де $P_1^l, P_2^l, P_3^l, P_4^l$ — значення органолептичних показників (колір, смак, аромат, консистенція); $P_1^{l6}, P_2^{l6}, P_3^{l6}, P_4^{l6}$ — значення органолептичних показників у базовому зразку, значення складає 5 балів; $M_1^l, M_2^l, M_3^l, M_4^l$ — коефіцієнти вагомості відповідних органолептичних показників.

Таблиця 3. Вміст деяких складових у рецептурній суміші сухого картопляного пюре, бурякового порошку і значення комплексного показника K_1

Складова	Дозування бурякового порошку, %						Коефіцієнти вагомості, M
	0	5	10	15	20	25	
Мідь (Cu), мг%	0,61	0,65	0,70	0,74	0,79	0,83	0,25
Залізо (Fe), мг%	0,97	1,32	1,67	2,02	2,38	2,73	0,3
Мінеральні речовини, %	3,7	3,86	4,01	4,17	4,32	4,48	0,2
Харчові волокна, %	6,8	7,08	7,35	7,63	7,90	8,18	0,25
Значення K_1	1,00	1,14	1,29	1,43	1,58	1,73	-

Таблиця 4. Зміна органолептичних показників і K_2 при використанні бурякового порошку

Органолептичні показники	Дозування бурякового порошку, %						Коефіцієнти вагомості, M^l
	0	5	10	15	20	25	
1	2	3	4	5	6	7	8

1	2	3	4	5	6	7	8
Колір	5,0	4,8	4,2	3,9	3,4	3,2	0,2
Смак	5,0	4,7	4,0	3,2	2,9	2,2	0,3
Аромат	5,0	4,6	4,0	3,1	2,9	2,2	0,25
Консистенція	5,0	4,7	4,1	3,5	3,1	2,8	0,25
Значення K_2	1,0	0,94	0,81	0,68	0,61	0,51	-

За даними табл. 3 та 4 побудовано графіки.

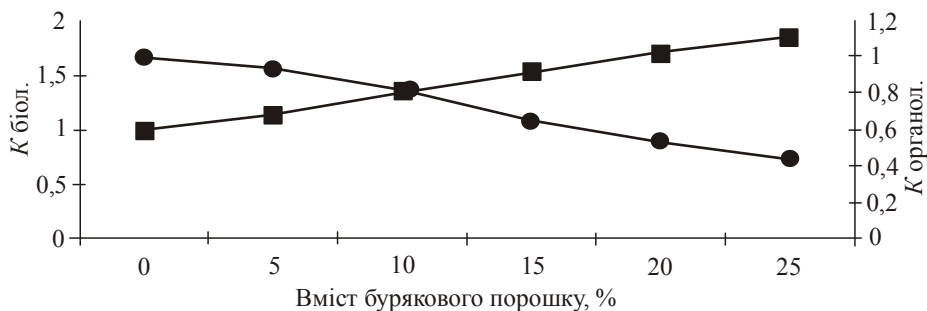


Рис. Визначення оптимального співвідношення сухого картопляного поре і бурякового порошку

З графіка на рисунку видно, що оптимальне значення (точка перетину) вмісту бурякового порошку становить 11 %. Аналогічні розрахунки були проведені і для морквяного порошку. Оптимальне значення вмісту морквяного порошку становить 10 %.

Оптимізація за симплекс-методом

Керуючись методом взаємного збагачення білків [3], можна створити такі рецептурні композиції, білковий склад яких відповідав би складу ідеального білка. Далі наведено розрахунок рецептурної композиції з використанням сухого знежиреного молока:

- X_1 — кількість білкових речовин у сухому картопляному поре;
- X_2 — кількість білкових речовин у сухому знежиреному молоці;
- X_3 — кількість білкових речовин у крупі пшоно;
- X_4 — кількість білкових речовин у крупі ячній.

Для визначення оптимального співвідношення рецептурних компонентів (X_1+X_2 , X_1+X_3 , X_1+X_4) складаємо систему рівнянь згідно з даними, наведеними в табл. 5.

- $6,40X_1 + 10,39X_2 = 5,5$ — лізин;
- $4,59X_1 + 4,12X_2 = 4,0$ — треонін;
- $5,81X_1 + 5,17X_2 = 5,0$ — валін;
- $1,89X_1 + 6,06X_2 = 3,5$ — метіонін+цистин;
- $3,62X_1 + 3,90X_2 = 4,0$ — ізолейцин;
- $7,38X_1 + 8,21X_2 = 7,0$ — лейцин;
- $8,98X_1 + 8,42X_2 = 6,0$ — фенілаланін+тирозин;

$1,68X_1 + 1,34X_2 = 1,0$ — триптофан (літературні дані [2]).

Розраховуємо систему рівнянь відносно лімітуючих амінокислот:

$1,89X_1 + 6,06X_2 = 3,5$ — метіонін+цистин; $3,62X_1 + 3,90X_2 = 4,0$ — ізолейцин.

Отримуємо: $X_1 = 0,72$; $X_2 = 0,35$. Знаходимо вміст та АК_{скор} кожної амінокислоти в 100 г білка продукту (табл. 5).

Таблиця 5. Амінокислотний склад рецептурних композицій

Амінокислота	Кількість амінокислот (г/100 г білку рецептурної суміші) / СКОР, %		
	$X_1 + X_2$ 0,72 + 0,35	$X_1 + X_3$ 0,76+0,46	$X_1 + X_4$ 0,36+0,95
Лізин	8,25/150	3,95/72	5,50/100
Треонін	4,75/119	4,63/116	5,22/131
Валін	6,00/120	6,09/122	6,37/127
Метіонін+цистин	3,49/100	4,29/123	3,49/100
Ізолейцин	3,98/99	4,37/109	4,55/114
Лейцин	8,20/117	13,52/193	10,67/152
Фенілаланін+тирозин	9,42/157	10,38/173	8,41/140
Триптофан	8,81/168	0,78/78	0,63/63

Дані табл. 5 показують, що амінокислотний склад рецептурних сумішей суттєво покращений. Знаходимо кількісні співвідношення сировинних компонентів. Для рецептурної композиції сухе картопляне пюре — сухе знежирене молоко: 11,8:1,05=10,5:1, отже, кількість сухого картопляного пюре становить 91,3 %, а сухого знежиреного молока — 8,7 %. Сухе знежирене молоко позитивно впливає на органолептичні показники готових виробів, тому доцільно збільшити дозування до 20 %, оскільки подальше збільшення спричиняє значне зменшення коефіцієнта спучування.

Аналогічно розраховуються співвідношення і для будь-яких рецептурних композицій. Для суміші сухе картопляне пюре — крупа пшоно співвідношення становить 23,8 % пшоно та 76,2 % сухого картопляного пюре. При використанні крупи ячної співвідношення становить 40 % сухого картопляного пюре, 60 % крупи ячної. З урахуванням інших показників готових виробів доцільним є використання круп у кількості 35 % — ячна, 40 % — пшоно.

Висновки

Наведені дані підтверджують, що оптимізацію рецептурних сумішей можна та необхідно проводити різними методами, що дасть змогу більш повно й цілеспрямовано вирішити питання отримання збалансованого за хімічним складом та органолептичними показниками продукту.

Література

1. *Дорохович В.В.* Розробка раціональних технологій діабетичних борошняних кондитерських виробів на основі фруктози: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.16 / Дорохович Вікторія Віталіївна. — 2000. — 152 с.

2. *Скурихин И.М.* Все о пище с точки зрения химика: Справ. издание / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. — М.: Высшая школа, 1991. — 288 с.

3. Терлецька В.А. Розроблення раціональної технології екструзійних продуктів з використанням солоду зернових і зернобобових культур дисертація: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Терлецька Віта Альбертівна. — К., 1997. — 187 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРУЗИОННЫХ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

О.С. Шульга, Л.В. Грибович, С.И. Шульга

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены три метода (Бокса-Уилсона, графоматематический и симплекс-метод), по которым наиболее целесообразно проводить оптимизацию рецептурной смеси для производства экструзионных картофелепродуктов. Образцами выбраны экструзионные картофелепродукты с добавлением различных видов дополнительного сырья. В зависимости от рецептурных компонентов необходимо выбирать различные методы оптимизации. Установлено, что для оптимизации рецептуры с использованием круп лучше использовать метод Бокса-Уилсона; для оптимизации рецептуры с использованием фруктовых и овощных порошков — графоматематический метод, а для оптимизации рецептуры с использованием сухого молока — симплекс-метод.

Ключевые слова: *оптимизация, экструзионные картофелепродукты, свекловичный порошок, сухое молоко, сухое картофельное пюре.*