

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ

НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ

Заснований у 1965 р.

№ 10, 11

Київ НУХТ 2011

УДК 664(04)(082)

Вісвітлено результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Редакційна колегія:

А.І. Соколенко, доктор технічних наук,
професор — головний редактор;
В.М. Таран, доктор технічних наук,
професор — заступник головного редактора;
С.В. Токарчук, кандидат технічних наук,
відповідальний секретар;
Л.Ю. Арсеньєва, доктор технічних наук, професор;
О.Ф. Буляндра, доктор технічних наук, професор;
А.О. Зайнчковський, доктор економічних наук, професор;
А.П. Ладанюк, доктор технічних наук, професор;
Л.В. Левандовський, доктор технічних наук, професор;
В.М. Логвін, доктор технічних наук, доцент;
В.М. Марченко, кандидат технічних наук, доцент;
Т.Л. Мостенська, доктор економічних наук, професор;
В.І. Оболкіна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник;
В.А. Піддубний, доктор технічних наук, професор;
Т.П. Пирог, доктор біологічних наук, професор;
І.О. Сінгаєвський, доктор економічних наук, професор;
М.П. Сичевський, доктор економічних наук, доцент;
О.П. Сологуб, доктор економічних наук, професор;
О.Ю. Шевченко, доктор технічних наук, професор;
Є.В. Штефан, кандидат технічних наук, доцент.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 10 від 25.03.10 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Тел.: (044) 289-19-04, 287-96-95

© НУХТ, 2011

Т.Г. ОСЬМАК, асист.

Т.А. СКОРЧЕНКО, канд. техн. наук,

Н.О. КАСЬЯНОВА, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ МОРОЗИВА «СИРОК»

Системний аналіз технологічного процесу виробництва морозива «Сирок» проведено шляхом розробки параметричної схеми підсистеми фризера суміші, організації ортогонального композиційного планування другого порядку та статистичного опрацювання результатів. Визначено оптимальну дозу внесення сиру кисломолочного у рецептурах морозива «Сирок», вона становить 47 %.

Ключові слова: моделювання, системний аналіз, параметрична схема, дисперсія, рівняння регресії.

Системный анализ технологического процесса производства мороженого «Сырок» проведено путем разработки параметрической схемы подсистемы фризирования смеси, организации ортогонального композиционного планирования второго порядка и статистической обработки результатов. Определена оптимальная доза внесения творога, которая составляет 47 %.

Ключевые слова: моделирование, системный анализ, параметрическая схема, дисперсия, уравнение регрессии.

A systematic analysis of the technological process of production of ice cream "Syrok" carried out by developing a parametric circuit subsystem freezing mixture, an organization of orthogonal planning composite second order and statistical analysis of results. The optimum dose of cheese, which is 47 %.

Key words: modeling, system analysis, parametric scheme, the variance, the regression equation.

Важливим етапом моделювання технологічного процесу є системний аналіз досліджуваної технологічної системи [2, 3, 6]. Технологію систему виробництва морозива потрібно розглядати, як складну велику систему, яку доцільно аналізувати виділенням у ній більш простих підсистем.

Морозиво «Сирок» виробляють у такій послідовності технологічних операцій: приймання і підготовка молочної основи з фруктозою; виготовлення і підготовка сиру кисломолочного знежиреного; змішування молочної основи з сиром кисломолочним знежиреним, фризера суміші. Передбачається використання сиру кисломолочного знежиреного, який отриманий на високотехнологічній лінії із застосуванням сепаратора для відділення сироватки від білкового згустку. Для забезпечення надходження у фризера однорідної суміші, без наростання титрованої кислотності, змішування молочної основи з сиром кисломолочним знежиреним здійснюється безпосередньо перед фризера суміші [4, 7, 8].

Метою проведеної роботи було встановити оптимальну дозу сиру кисломолочного знежиреного у складі рецептур морозива «Сирок».

Для встановлення оптимальної дози внесення сиру кисломолочного доцільно розглянути підсистему фризера суміші (рис. 1).

Проаналізувавши підсистему фризера суміші морозива з фруктозою і сиром кисломолочним, доведено, що головними керуючими параметрами даної підсистеми, які суттєво впливають на якісні характеристики продукту і формують властивості морозива під час фризера є: доза сиру кисломолочного, тривалість фризера та температура суміші.

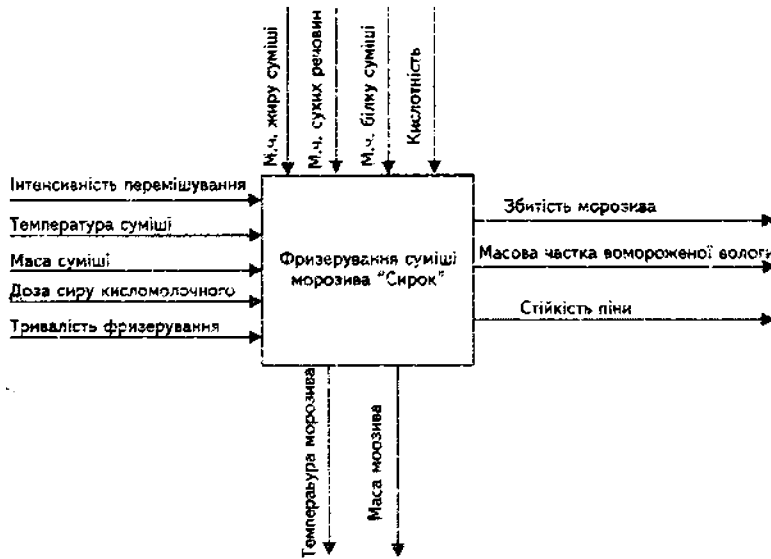


Рис. 1. Параметрична схема підсистеми фризеравання суміші морозива «Сирок»

Вибір цільової функції підсистеми залежить від цілей функціонування системи (якість або кількість продукту) [1, 2, 3]. Мета даної підсистеми — створити оптимальні умови для проведення процесу фризеравання суміші. Вихідним керованим показником, який найбільш повно характеризує дану технологічну операцію є показник збитості (36, %).

Найбільш повно дослідити як міру впливу кожного із показників, так і їх взаємодію дозволяє проведення ортогонального композиційного планування другого порядку (ОКП) [1,2,3]. Вихідними даними для проведення ОКП є:

- x_1 — доза сиру кисломолочного 45%, інтервал варіювання 5 %;
- x_2 — температура суміші 3°C, інтервал варіювання 3 °C;
- x_3 — тривалість фризеравання 6 хв, інтервал варіювання 2 хв.

Кількість дослідів для ОКП розраховується за формулою (1):

$$N = N_0 + 2k + n_0 \quad (1)$$

де N — кількість дослідів, n_0 — кількість дослідів в центрі планування, k — число факторів, N_0 — число дослідів повного факторного експерименту 2^k .

Тобто, $N = 8 + 2 \cdot 3 + 1 = 15$.

Натуральні значення факторів перевели у кодовані змінні за формулою (2) [1,2,5,6,10]:

$$x_i = \frac{c_i - c_{i0}}{\alpha_i} \quad (2)$$

де c_i , c_{i0} — значення фактору у натуральних величинах, відповідно на верхньому, нижньому та нульовому рівні; α_i — інтервал варіювання фактора; i — номер фактора.

Матриця ОКП представлена в таблиці 1.

Перевірку однорідності отриманих даних проведено за формулою (3) [2,5,6,10]

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{m - 1} \quad (3)$$

ТЕХНОЛОГІЯ

Таблиця 1. Матриця планування експерименту в кодованих змінних

Номер опиту	X1	X2	X3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Для перевірки гіпотези про однорідність оцінок дисперсії користувались критерієм Кохрена, який визначається за формулою (4) [2, 5, 6, 10]

$$G_{\max} = \frac{S_{u,\max}^2}{\sum_{i=1}^N S_u^2} \quad (4)$$

Після реалізації експерименту здійснено статистичне опрацювання результатів, яке полягало в одержанні коефіцієнтів регресії математичної моделі й оцінці її адекватності досліджуваному процесу. Відомо, що один з факторів більше впливає на зміну стану системи ніж інший [5, 6]. Отже, на основі результатів досліджень було поставлено за мету визначити коефіцієнти регресії, провести оцінку їх значущості і перевірити адекватність отриманої моделі.

Коефіцієнти рівняння регресії розраховували за формулами (5) та (6) [2, 5, 6, 10].

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \cdot y_j}{N} \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{ij} \cdot x_{kj} \cdot y_j}{N} \quad (6)$$

Коефіцієнти рівняння регресії вважаються значимими, якщо виконується наступна нерівність:

$$t_{ip} < t_{\text{табл.}}$$

де t_{ip} — розрахунковий критерій Стюдента; $t_{\text{табл.}}$ — табличне значення критерію Стюдента.

Провели розрахунок критерія Стюдента для кожного з коефіцієнтів регресії за формулою (7) [2, 5, 6, 10]:

$$t_{ip} = b_i / s_{b_i} \quad (7)$$

Перевірку адекватності рівняння регресії проводили за критерієм Фішера.

Дисперсію адекватності розраховували за формулою (8) [2, 5, 6, 10]:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2}{f} \quad (8)$$

Перевірку адекватності рівняння проводили за формулою (9) [2, 5, 6, 10]:

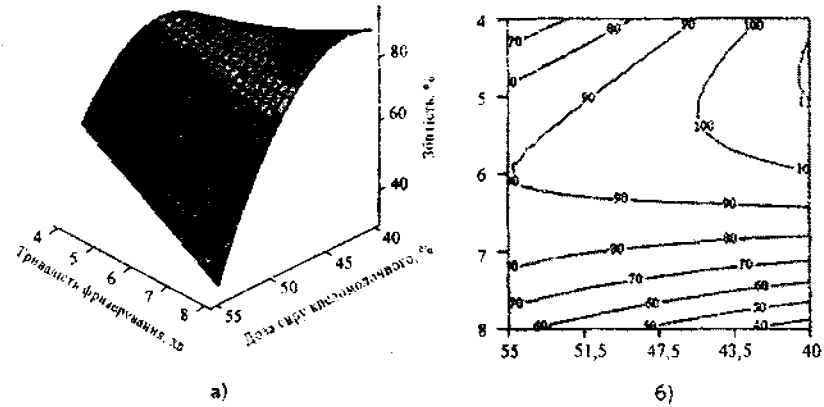


Рис. 3. Вплив дози сиру кисломолочного і тривалості фризювання на збитість морозива: а) графік поверхні, б) графік контуру.

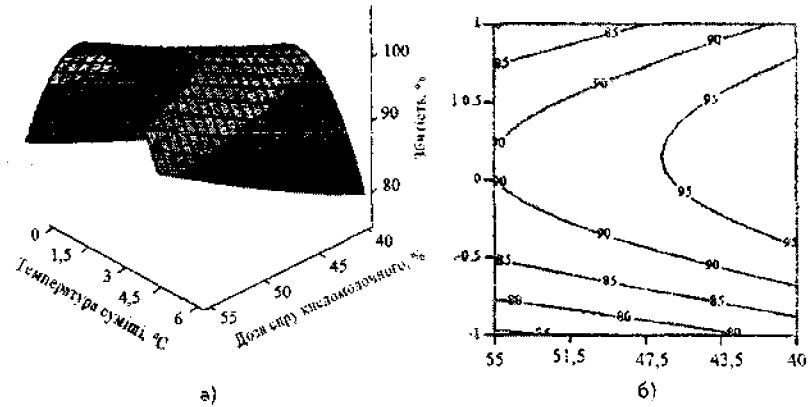


Рис. 4. Вплив дози сиру кисломолочного і температури фризювання на збитість морозива: а) графік поверхні, б) графік контуру.

Для встановлення оптимальних параметрів фризювання складаємо програму крутого сходження за методом Бокса-Уілсона (табл.3) [3, 6].

Таблиця 3. Програма крутого сходження

Назва	Фактори	
	$x_1, \%$	$x_2, ^\circ\text{C}$
Інтервал варіювання, λ_1	5	3
Коефіцієнт, β_1	4,667	3,803
Добуток, $\lambda_1 \cdot \beta_1$	23,335	11,409
Інтервал, α_1	2,045	1
Крок крутого сходження, h_1	2	1

Згідно отриманих, завдяки програмі крутого сходження, даних, проведені додаткові дослідження, в результаті яких одержані оптимальні значення процесу фризювання (табл. 4).

Таблиця 4. Матриця планування експерименту

Номер досліду	Фактори оптимізації		Критерій оптимізації, Зв, %
	x_1 , %	x_2 , °C	
1	45	3	86
2	47	4	92
3	49	5	91

Висновки. Доведено адекватність рівняння регресії процесу фризювання суміші морозива «Сирок», оскільки виконується умова $F_p < F_p$, так як $2,737 < 3,01$. Аналіз математичної моделі підтвердив вплив дози внесення сиру кисломолочного, температури суміші та тривалості фризювання на збитість морозива. Оптимальні параметри процесу фризювання: доза внесення сиру кисломолочного — 47 %, температура суміші — 4 °C.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий — М.: Наука, 1976. — 278 с.
2. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов — М: Пищевая промышленность, 1979 — 200 с.
3. Грачев Ю.П. и др. Моделирование и оптимизация тепла и массообменных процессов пищевых производств — М.: Пищевая промышленность, 1984. — 240 с.
4. Декларацийний патент України на корисну модель № 9362 Морозиво діабетичне «Сирок» / Скорченко Т.А., Федченко Т.Г., Дорохович А.М.; опубл. 15.09.05, Бюл. № 9.
5. Мальцев П.М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований — Киев: Вища школа, 1982. — 192 с.
6. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств — Киев, 1981. — 194 с.
7. Скорченко Т.А., Федченко Т.Г. Сир кисломолочний — компонент діабетичних видів морозива // Молочное дело. — 2006. — № 2. — С. 48-49.
8. Скорченко Т.А., Федченко Т.Г. Технологія морозива діабетичного «Сирок» // Молочное дело. — 2006. — № 3. — С. 12-14.
9. Смірнов В. та ін. Оптимізація рецептур молочних сумішей // Харчова і переробна промисловість. — 1999. — № 10. — С. 25.
10. Федоров В.Г., Плєсконос А.К. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 240 с.

Одержана редколлегією 03.02.2011 р.