

Технічні науки

УДК 664.33

Кобець Олена Сергіївна

аспірант

Київського національного університету харчових технологій

Кобец Елена Сергеевна

аспирант

Киевского национального университета пищевых технологий

Kobets Olena

Postgraduate of the

Kyiv National University of Food Technologies

Зінченко Тетяна Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри вищої математики імені проф. Можара В.І.

Київський національний університет харчових технологій

Зинченко Татьяна Владимировна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры высшей математики имени проф. Можара В.И.

Киевский национальный университет пищевых технологий

Zinchenko Tatiana

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Higher Mathematics Mozha V.I.

Kyiv National University of Food Technologies

Корецька Ірина Львівна

кандидат технічних наук, доцент

доцент кафедри готельно-ресторанної справи

Київський національний університет харчових технологій

Корецкая Ирина Львовна

кандидат технических наук, доцент,

*доцент кафедри готельно-ресторанного дела
Киевский национальный университет пищевых технологий*

Koretska Iryna

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate professor of the hotel and restaurant business department
Kyiv National University of Food Technologies*

Доценко Віктор Федорович

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри готельно-ресторанної справи
Київський національний університет харчових технологій*

Доценко Виктор Федорович

*доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры гостинично-ресторанного дела
Киевский национальный университет пищевых технологий*

Dotsenko Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the hotel and restaurant business department
Kyiv National University of Food Technologies*

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КЛІТКОВИННО-
ОЛІЙНОГО НАПІВФАБРИКАТУ
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КЛЕТЧАТКО-
МАСЛЯНОГО ПОЛУФАБРИКАТА
OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PREPARATION OF
CELLULOSE-OIL SEMI-FINISHED PRODUCT**

Анотація: Шляхом математичного планування проведено визначення оптимального співвідношення інгредієнтів та параметрів процесу приготування клітковинно-олійного напівфабрикату. За

отриманими результатами досліджень для практичного використання складено номограми режимів вистоювання для напівфабрикатів «Зерновий» та «Яблучний». Знайдено трифакторну функцію регресії шляхом використання отриманих комплексів у нормованому рівнянні.

Ключові слова: *оптимізація, клітковинно-олійний напівфабрикат, номограма.*

Аннотація: *Путем математического планирования проведено определение оптимального соотношения ингредиентов и параметров процесса приготовления клетчатко-масляного полуфабриката. По полученным результатам исследований для практического использования составлены номограммы режимов выстаивания для полуфабрикатов «Зерновой» и «Яблочный». Найдено трифакторную функцию регрессии путем использования полученных комплексов в нормированном уравнении.*

Ключевые слова: *оптимизация, клетчатко-масляный полуфабрикат, номограмма.*

Summary: *The determination of the optimal proportion of ingredients and parameters of the process of preparation of cellulose-oil semi-finished products has been carried out by means of mathematical planning. The nomograms of the fermentation regimes of semi-finished products "Grain" and "Apple" are compiled for the practical applying. The trifunctional regression function was found by means of the obtained complexes in the normalized equation.*

Key words: *optimization, cellulose-oil semi-finished product, nomogram.*

На сьогоднішній день стан харчування населення України є кризовим відносно постачання есенціальних речовин в сучасні продукти та страви. На жаль, споживачі не отримують в необхідній кількості мікротамакронутрієнти, вітаміни, харчові волокна, які життєво необхідні для

заповнення дефіциту есенціальних речовин, тому найбільш актуальною є проблема розробки продуктів функціонального призначення для всіх верств населення.

В умовах сьогодення, населення намагається повноцінно і правильно організувати режими харчування для підтримки себе у належній формі, тому швидкого розвитку та популяризації набувають продукти здорового харчування, збагачені функціональними інгредієнтами, до яких можна віднести і розроблені бісквітні напівфабрикати функціонального призначення [1]. Але, на жаль, не вся сировина, яка використовується у технології бісквітних напівфабрикатів для підвищення біологічної цінності, позитивно впливає на якість готового продукту.

З метою збагачення бісквітних напівфабрикатів есенціальними інгредієнтами, використовували пшеничний і яблучний концентрат харчових волокон (КХВ) та купажі олій з рослинної сировини. Оскільки попередніми дослідженнями [2] було встановлено, що КХВ мають негативний вплив на якість бісквітного тіста, було запропоновано створення клітковинно-олійного напівфабрикату (КОН), а саме - КОН «Зерновий» (суміш пшеничного КХВ та купажу олії зародків пшениці з олією рижієвою у співвідношенні 90:10), та КОН «Яблучний» (суміш яблучного КХВ та купажу олії плодів шипшини з олією рижієвою у співвідношенні 85:15). Використання КОН при виробництві бісквітів дозволяє нівелювати негативний вплив КХВ і на бісквітне тісто і на готові вироби, підвищуючи їх органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники якості у порівнянні з контрольними зразками.

Метою нашої роботи було проведення досліджень технології отримання КОН із заданими показниками в'язкості (170...190 Па*с), та складання номограм для ведення технологічного процесу вистоювання КОН «Зерновий» та «Яблучний».

В процесі проведення дослідів, нами була розроблена параметрична схема процесу приготування КОН для виробництва бісквітного напівфабрикату, яка включає операції перемішування інгредієнтів та вистоювання протягом певного періоду часу, (зображена на рис. 1), де:

- вхідними факторами є $G_{куп}$, G_k , – маса купажу олій, КХВ, г та $t_{сир}$ – температура вхідної сировини, °С;
- збурювальними факторами є $\tau_{вис}$, – тривалість вистоювання купажу, хв, $t_{пер}$ – температура вистоювання, °С;
- параметрами стану є Γ – густина, см³/г,
- вихідними параметрами є B – в'язкість, Па*с та t_v – вихідна температура приготування купажу, °С;

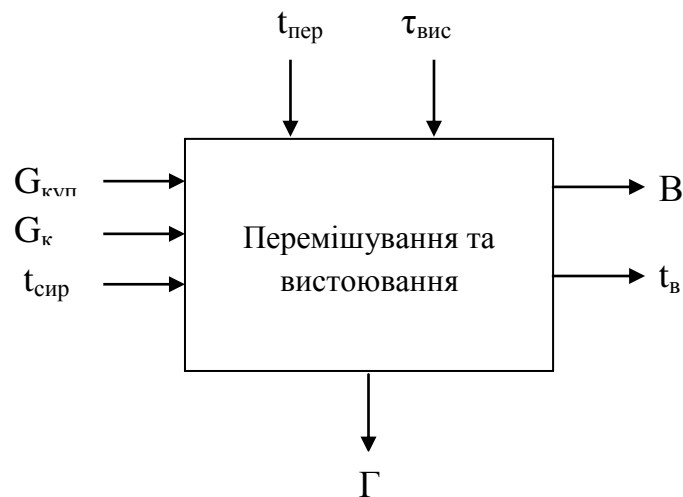


Рис. 1. Параметрична схема приготування клітковинно-олійного напівфабрикату

Серед вхідних керівних змінних процесу приготування, заслуговують на увагу обрані нами такі оптимізувальні фактори, як кількість купажу олій $G_{куп}$ та кількість КХВ G_k . На нашу думку, саме ці фактори сприяють зміні в'язкості напівфабрикату і є надважливими при розробленні технології приготування бісквіту з використанням рослинної сировини.

Визначення оптимального співвідношення інгредієнтів купажу та параметрів процесу приготування проводили встановленням усіх

необхідних параметри для проведення повнофакторного експерименту. У табл. 1 та 2 представлені основні рівні та інтервали варіювання чинників, що впливають на якість КОН [3].

Таблиця 1

Діапазони факторного простору для КОН «Зерновий»

Рівень та крок варіювання	X ₁	X ₂	X ₃
Нульовий рівень	1:1,58 (0,633)	22	21
Інтервал варіювання	0,1	3	3
Верхній рівень	1:1,83 (0,545)	25	24
Нижній рівень	1:1,34 (0,745)	19	18

Таблиця 2

Діапазони факторного простору КОН «Яблучний»

Рівень та крок варіювання	X ₁	X ₂	X ₃
Нульовий рівень	1:1,55 (0,645)	22	24
Інтервал варіювання	0,2	6	3
Верхній рівень	1:1,75 (0,571)	28	27
Нижній рівень	1:1,35 (0,740)	16	21

Керуючими факторами було обрано: співвідношення КХВ та купажу олії, г (X₁); температура вистоювання КОН, °С (X₂); тривалість вистоювання суміші, год (X₃). Критерієм оптимізації було обрано бажану в'язкість КОН. Матриці експерименту у натуральному вигляді для КОН «Зерновий» та КОН «Яблучний» наведена в таблицях 3-4.

Для подальших розрахунків в програмі MatCad, яка не передбачає використання співвідношень наших компонентів, було перераховано діапазони факторного простору в аналітичні числа (0,633 та 0,546 відповідно).

За критерій оптимальності в даному експерименті обрано один з вихідних параметрів, а саме в'язкість КОН), що характеризує якість

готової продукції при умові, що всі інші фактори, які впливають на цей показник, в досліді будуть належати допустимим діапазонам значень.

Виходячи з плану експерименту та провівши необхідні розрахунки, нами було розроблено ряд модельних рецептур КОН, виготовлені дослідні зразки та визначено їх в'язкість. Результати досліді наведені в табл. 3 та 4. Матриця планування подана в кодованій формі.

Таблиця 3

Матриця плану проведення експерименту для КОН «Зерновий»

№	Кодовані рівні								Фізичні значення факторів			
	Z ₀	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁ Z ₂	Z ₁ Z ₃	Z ₂ Z ₃	Z ₁ Z ₂ Z ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{сеп.}
1	+	-	-	-	+	+	+	-	222,5	223,6	221,1	222,4
2	+	-	+	+	-	-	+	-	243,7	244,9	241,4	243,3
3	+	-	-	+	+	-	-	+	228,1	229,3	227,3	228,2
4	+	-	+	-	-	+	-	+	231,3	231,9	230,2	231,1
5	+	+	-	-	-	-	+	+	156,6	157,3	155,4	156,4
6	+	+	+	+	+	+	+	+	172,6	174,1	171,3	172,7
7	+	+	-	+	-	+	-	-	159,7	159,1	161,5	160,1
8	+	+	+	-	+	-	-	-	164,4	165,2	164,3	164,6

Таблиця 4

Матриця плану проведення експерименту для КОН «Яблучний»

№	Кодовані значення факторів								Натуральні значення факторів			
	Z ₀	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁ Z ₂	Z ₁ Z ₃	Z ₂ Z ₃	Z ₁ Z ₂ Z ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y _{сеп.}
1	+	-	-	-	+	+	+	-	207,2	206,1	208,1	207,1
2	+	-	+	+	-	-	+	-	227,8	228,4	229,3	228,5
3	+	-	-	+	+	-	-	+	214,2	214,3	215,4	214,6
4	+	-	+	-	-	+	-	+	231,3	216,5	215,3	221,0
5	+	+	-	-	-	-	+	+	135,6	134,3	135,2	135,0
6	+	+	+	+	+	+	+	+	154,4	155,4	156,3	155,3
7	+	+	-	+	-	+	-	-	135,8	136,7	136,2	136,2
8	+	+	+	-	+	-	-	-	140,3	141,5	141,4	141,0

Похибку досліді оцінювали за паралельними дослідідами, розрахунком полінійних дисперсій та проведено перевірку їх однорідність [3,4].

Очікувану модель ми записали у формі неповного поліному третього порядку:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$

де β_i – коефіцієнт рівняння регресії, $i=0,7$,

X_1, X_2, X_3 - змінні в кодованій формі трьох факторів

Отримані комплекси, згідно з матрицею планування експерименту (табл. 3 та 4), підставляли у нормоване рівняння (1) та знаходили трифакторну функцію регресії виду:

Для КОН №1:

$$Y = 197,35 - 33,9X_1 + 5,58X_2 + 3,72X_3 - 0,375X_1X_2 - 0,775X_1X_3 + 1,35X_2X_3 - 0,25X_1X_2X_3$$

Для КОН №2:

$$Y = 179,83 - 37,96X_1 + 6,61X_2 + 3,81X_3 - 0,33X_1X_2 - 0,066X_1X_3 + 1,63X_2X_3 - 1,63X_1X_2X_3$$

де: Y – в'язкість КОН Па*с;

X_1 – співвідношення КХВ та купажу олії, г

X_2 – температура вистоювання КОН, °С

X_3 – тривалість вистоювання КОН, год

Статистичну обробку дослідних даних, перевірку суттєвості отриманих коефіцієнтів (за критерієм Стьюдента) та адекватність одержаних рівнянь регресії (за критерієм Фішера) було здійснено в програмі MatCad.

Аналіз отриманих рівнянь показав, що на в'язкість напівфабрикату найбільший вплив має співвідношення основних інгредієнтів. Меншою мірою впливають такі чинники, як температура вистоювання і його час.

За результатами проведеного дослідження та виконаними розрахунками нами складено номограми часу вистоювання КОН з різним співвідношенням основних складових, використання яких значно полегшує ведення технологічного процесу. На рис. 2 та 3, представлені номограми вистоювання КОН «Зерновий» та КОН «Яблучний».

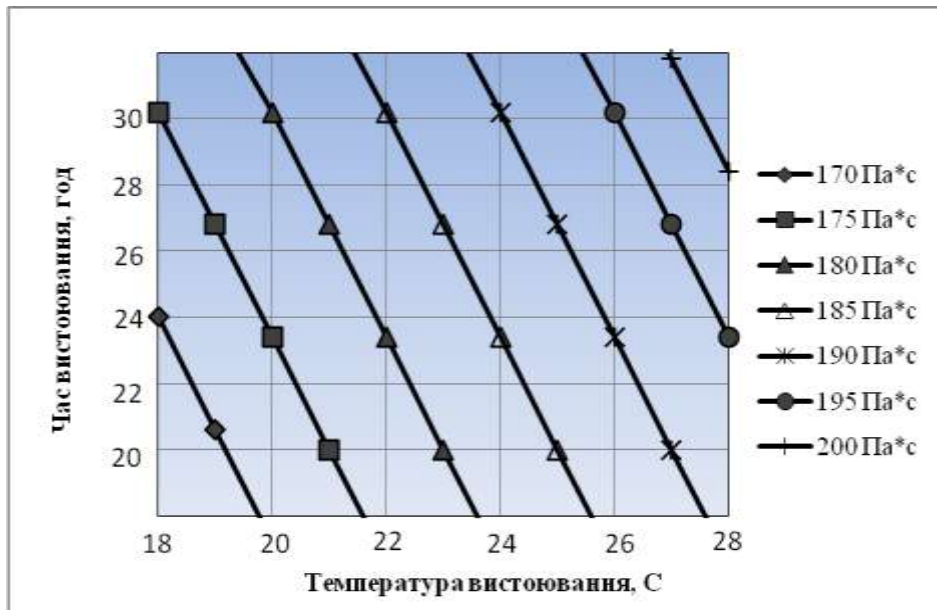


Рис. 2. Номограма зміни часу вистоювання КОН «Зерновий» від тривалості вистоювання при співвідношенні ПКХВ та купажу олій як 1:1,58

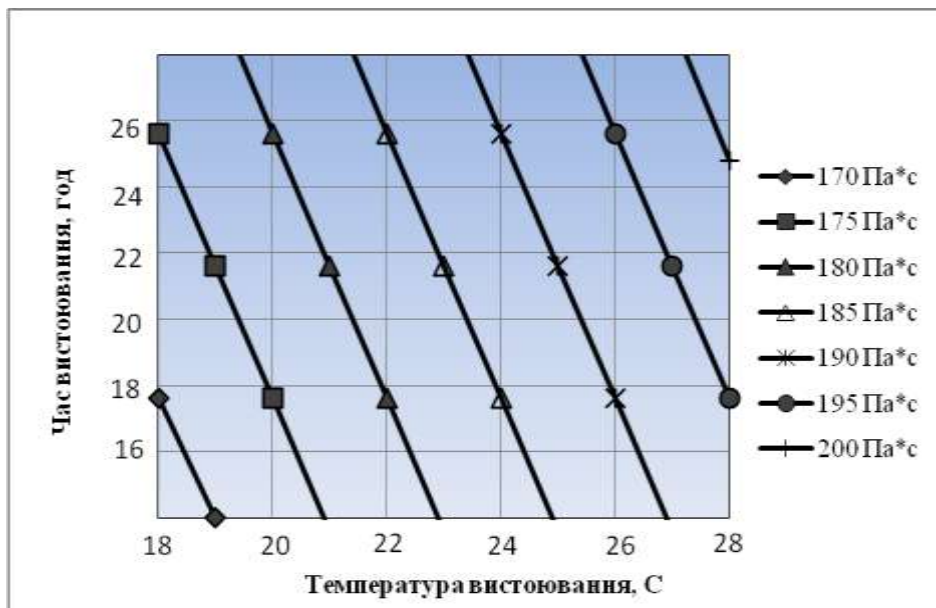


Рис. 3. Номограма зміни часу вистоювання КОН «Яблучний» від тривалості вистоювання при співвідношенні ЯКХВ та купажу олій як 1:1,55

З отриманих номограм зручно прогнозувати показники в'язкості КОН. Наприклад, передбачаючи, при якій температурі буде проводитися вистоювання КОН, за номограмою можна визначити тривалість ведення технологічного процесу та визначити час за який буде досягнуто бажаний результат, а саме досягнення необхідної в'язкості.

Оскільки в'язкість КОН прямо пропорційно впливає на якість готового бісквітного напівфабрикату (при збільшенні в'язкості більше 190 Па*с знижується якість випеченого бісквітного напівфабрикату) [1, 2], склад КОН було обрано шляхом експериментальних досліджень, при умові дотримання оптимальної його в'язкості. Встановлено, що найкраще співвідношення для КОН «Зерновий» КХВ та олій становить 1:1,58 за температури 22...24 °С при вистоюванні протягом 24 год. А для КОН «Яблучний» найкраще співвідношення становить 1:1,55 при температурі 22...24 °С при вистоюванні протягом 18 год. Рецептури розроблених КОН наведено в табл.5.

Таблиця 5

Склад КОН г/100 г

	КОН «Зерновий»	КОН «Яблучний»
Купаж №1	61,3	-
-олія зародків пшениці	55,2	-
-олія рижієва	6,1	-
ПКХВ	38,7	-
Купаж №2	-	60,8
-олія плодів шипшини	-	51,7
-олія рижієва	-	9,1
ЯКХВ	-	39,2

Отже, шляхом математичного планування нами було досліджено вплив умов приготування КОН на його склад та технологічні властивості, що дозволяє використовувати розроблені напівфабрикати у технології масляних бісквітів та нівелювати негативний вплив їх складових компонентів на бісквітне тісто та готові вироби. Більш того, використання розроблених номограм для приготування КОН за вищенаведеною рецептурою, дозволить вести технологічний процес за спрощеною формою, що сприятиме отриманню високоякісних виробів.

Література

1. The Study of the Use of Dietary Fibre Concentrates in Semi-Finished Biscuits Technology / Olena Kobets, Oksana Arpul, Viktor Dotsenko, Iryna Dovgun // *Ukrainian Journal of Food Science*. – 2017. – Vol. 4. Issue 2 – P. 206-216.
2. Определение реологических свойств теста с добавлением пищевых волокон / Е.С.Кобец, С.С. Шкабура, О.В. Арпуль, В.Ф. Доценко // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2016. – №3(38). – С. 21-27.
3. Дорохович А.М., Дорохович В.В., Зінченко Т.В. Оптимізація технологічних процесів галузі: Підручник — К: Фірма «ІНКОС», 2016. - 392 с.
4. Зинченко, Т. В. Решение задачи выбора оптимальной концентрации ингредиента как задачи многокритериальной оптимизации / Т. В. Зинченко, И. Л. Корецкая // *Хранительна наука, техника и технологии*. Пловдив. — 2013. — Том LX. — С. 131 — 137.