

10. Sbornik tekhnologicheskikh instruktsii dlia proizvodstva khlebobulochnykh izdelii (1989) [Engineering manual for production of bakery products]. Moscow: Preiskurantizdat, p. 493 (in Russian).

**Гуменюк Оксана Леонідівна** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Гуменюк Оксана Леонидовна** – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Humeniuk Oksana** – PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** gum\_ok@ukr.net

**Ксенюк Марія Павлівна** – старший викладач кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Ксенюк Мария Павловна** – старший преподаватель кафедры пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kseniuk Mariia** – senior lecturer of Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** marija-ksenjuk@rambler.ru

**Ільїн Руслан Олегович**, студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Ильин Руслан Олегович** – студент, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Ilin Ruslan** – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

УДК 664.002.22

*Инна Золотухина*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СПІВІДНОШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ**

*Инна Золотухина*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

*Inna Zolotukhina*

## **DETERMINATION OF OPTIMUM RATIO OF COMPONENTS OF PROTEIN- CARBOHYDRATE SEMI-PRODUCT**

*Розширення асортименту продуктів харчування, підвищення їх біологічної цінності, а також створення продуктів нового покоління, які б відповідали вимогам здорового харчування, є актуальною проблемою. Одним з напрямків реалізації цієї проблеми є розроблення технологій виробництва молочно-білкових напівфабрикатів на основі копреципітату із сколотин з додаванням овочевих пюре. У статті розглянуто питання оптимізації співвідношення рецептурних компонентів напівфабрикатів білково-вуглеводних відповідно до харчової цінності, органолептичних показників і структурно-механічних властивостей за допомогою способу рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів.*

**Ключові слова:** *сколотини, молочно-білковий концентрат, пюре гарбуза, пюре моркви, оптимізація, рецептурний склад.*

*Рис.: 1. Табл.: 2. Бібл.: 9.*

*Расширение ассортимента продуктов питания, повышение их биологической ценности, а также создание продуктов нового поколения, отвечающих требованиям здорового питания, является актуальной проблемой. Одним из направлений реализации этой проблемы является разработка технологий производства молочно-белковых полуфабрикатов на основе копреципитата пахты с добавлением овощных пюре. В статье рассмотрены вопросы оптимизации соотношения рецептурных компонентов полуфабрикатов белково-углеводных согласно пищевой ценности, органолептических показателей и структурно-механических свойств с помощью способа решения компромиссных задач многомерной оптимизации методом сопряженных градиентов.*

**Ключевые слова:** *пахта, молочно-белковый концентрат, пюре тыквы, пюре моркови, оптимизация, рецептурный состав.*

*Рис.: 1. Табл.: 2. Библ.:9.*

*Expanding the range of food, increase their biological value and create a new generation of products that meet the requirements of a healthy diet is an actual problem. One of the realization of this problem is the development of technologies for the production of semi-finished milk-protein based kopretsypitatu of buttermilk with added vegetable puree. The questions of the optimization of the components of prescription semi protein-carbohydrate according to nutritional value, organoleptic*

*characteristics and structural and mechanical properties by a process of compromise solution of problems multiparameter optimization conjugate gradient method.*

**Key words:** *buttermilk, milk protein concentrate, pumpkin puree, carrot puree, optimization, prescription composition.*

*Fig.: 1. Tabl.: 2. Bibl.: 9.*

**Постановка проблеми.** Недостатнє споживання необхідних білоквміщуючих продуктів, таких як м'ясо, молоко, риба сприяло виникненню серйозної проблеми у сфері харчування населення України.

Розширення асортименту продуктів харчування, підвищення їх біологічної цінності, а також створення продуктів нового покоління, які б відповідали вимогам здорового харчування, є актуальною проблемою. Як один з напрямків реалізації цієї проблеми запропоновано розроблення технологій виробництва напівфабрикатів білково-вуглеводних (НБВ) на основі копреципітату із сколотин з додаванням овочевих пюре із заданими органолептичними і структурно-механічними властивостями та оптимізацію рецептурного складу розроблених напівфабрикатів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для визначення консистенції пластичних напівфабрикатів зручно використовувати показник граничної напруги зсуву (ГНЗ). Порівняно із зміною величин інших реологічних властивостей ГНЗ найбільш чутливий показник до зміни технологічних і механічних факторів [1].

Як свідчать дослідження [2; 3], величина ГНЗ для різних видів ковбасного фаршу при зміні вологості на 1 % змінюється на 10–15 % і більш, тоді як числові значення інших властивостей зазнають незначних змін. Аналогічні залежності спостерігаються при зміні змісту жиру і ступеня подрібнення фаршів [2]. Відповідно параметр, за яким достовірно можна судити про консистенцію та якісні характеристики пластичних пастоподібних і фаршевих напівфабрикатів, є ГНЗ. Цей показник можна використовувати для оцінювання фаршів та напівфабрикатів з пластичною структурою в процесі їх виготовлення.

Як свідчать літературні джерела, еталонні показники ГНЗ для ковбасних фаршів коливаються від 450 Па для свинячих сардельок до 700 Па для ковбаси любительської [4]. Для фаршевих напівфабрикатів з рослинної сировини оптимальні показники ГНЗ лежать у межах від 100 до 700 Па [5]. Проведені автором [6] дослідження показують, що ГНЗ пастоподібних виробів на основі кислого сира знаходиться в межах 370...490 Па. Дослідження ГНЗ фаршу на основі білка молочного харчового свідчать, що цей показник змінюється в інтервалі 380...630 Па залежно від кількості молочного білка [3]. Як доцільний інтервал ГНЗ для молочно-білкових фаршів автор [7] обрав інтервал 300...500 Па. Для фаршів з рибної сировини зазначається, що доцільний інтервал ГНЗ, за якого з фаршів добре формуються штучні напівфабрикати, становить 500...700 Па [8]. Зважаючи на наведені дані, ми приймаємо обмеження для ГНЗ, напівфабрикатів, що проектуємо, в інтервалі 450...700 Па.

Відповідно до рекомендацій дослідників [9], які вказували, що значне перевищення масової частки рослинних компонентів вище 30 % у складі продуктів на основі молочного білку призводить до погіршення структурно-механічних і органолептичних показників виробів, обмежуємо максимальну кількість протертого пюре 35 %. Максимальну кількість цукру обмежуємо за смаком 20 %, оскільки більша кількість цукру надає дуже солодкого смаку й обмежує напрями використання напівфабрикатів. Мінімальну кількість цукру обмежуємо 5 %, оскільки менша кількість цукру не буде надавати напівфабрикату солодкого смаку.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Одним з ключових чинників, що формує параметри відповідності харчової системи до властивостей, які від неї очікують, є спосіб оптимізації співвідношення її рецептурних компонентів. Для вирішення задачі оптимізації проводять цільове комбінування рецептурних інгредієнтів відповідно до комплексу бажаних нативних властивостей.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є оптимізація співвідношення рецептурних компонентів напівфабрикатів білково-вуглеводних з додаванням овочевого пюре ві-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

дповідно до харчової цінності, органолептичних показників і структурно-механічних властивостей.

**Виклад основного матеріалу.** З цією метою нами було визначено раціональний інтервал ГНЗ для напівфабрикатів, що проектуються. Білково-вуглеводні напівфабрикати планується використовувати для виготовлення таких виробів, як сирники, вареники, начинки і т. ін., а також зберігати шприцьованими у целофанову оболонку. Зважаючи на галузь використання і методи пакування, як еталонні показники ГНЗ нами були проаналізовані вимоги до фаршевих напівфабрикатів.

Як цільову функцію, яку ми будемо приводити до максимуму, приймаємо вміст білка. Відповідно білок у напівфабрикатах міститься у молочно-білковому копреципітаті (МБК) та овочевому пюре, тому для напівфабрикату білково-вуглеводного з пюре гарбуза (НБВГ) функція набуде вигляду (1), а для напівфабрикату білково-вуглеводного з пюре моркви (НБВМ) (2).

$$20,8 \cdot X_1 + 1,2 \cdot X_2 \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$20,8 \cdot X_1 + 1,4 \cdot X_3 \rightarrow \max. \quad (2)$$

Для оптимального рецептурного складу НБВ ми використали спосіб рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів. Для обчислення було використано надбудову «Пошук рішень» пакета MS Excel. Метод полягає в обранні цільової функції, лімітованої до встановленого значення, та опис обмежень з системи рівнянь.

Факторами оптимізації було обрано:

$X_2$  – вміст пюре гарбуза;

$X_3$  – вміст пюре моркви;

$X_4$  – вміст цукру;

$X_1$  – вміст МБК залежить від значень  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  і визначається, як

$$X_1 = 100 - \sum_{i=1}^{n=2} X_i. \quad (3)$$

Функціями, що характеризують обмеження вмісту рецептурних компонентів, прийнято:

$$10 \leq X_2 \leq 35, \quad (4)$$

$$10 \leq X_3 \leq 32, \quad (5)$$

$$5 \leq X_4 \leq 20. \quad (6)$$

Вміст усіх інгредієнтів повинен бути позитивним числом:

$$0 \leq X_1, \quad (7)$$

$$0 \leq X_2, \quad (8)$$

$$0 \leq X_3, \quad (9)$$

$$0 \leq X_4. \quad (10)$$

Сума мас інгредієнтів повинна відповідати кінцевій масі готового продукту і для цього завдання становить 100 г, тому накладали умову вмісту рецептурних інгредієнтів за загальною масою суміші в грамах:

$$\text{для НБВГ} - X_1 + X_2 + X_4 = 100; \quad (11)$$

$$\text{для НБВМ} - X_1 + X_3 + X_4 = 100. \quad (12)$$

З урахуванням рівнянь (1) і (2) для яких граничні обмеження були встановлені (min – 450 Па, max – 700 Па) рівняння (3) і (4) були зведені до максимуму. Отримані результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1

*Оптимальні співвідношення компонентів модельних систем НБВ*

Назва рецептурних компонентів	Кодоване значення	Масова частка компонентів, г	
		НБВГ	НБВМ
Молочно-білковий концентрат	X <sub>1</sub>	54	58
Пюре гарбуза	X <sub>2</sub>	35	–
Пюре моркви	X <sub>3</sub>	–	31
Цукор	X <sub>4</sub>	11	11

Як свідчать дані рисунка, добавка стабілізатора приводить до підвищення показника ГНЗ модельних систем. Найбільш інтенсивно цей процес відбувається в інтервалі концентрації стабілізатора від 0 до 14 %. У наведеному інтервалі ГНЗ зростає для модельної системи НБВГ на 35,2 % і модельної системи НБВМ – 28,1 %. Під час наступного підвищення концентрації стабілізатора зростання ГНЗ уповільнюється. Зважаючи, що максимальна межа ГНЗ, яка відповідає нашим вимогам, становить 700 Па, приймаємо до використання у складі НБВ 10 % стабілізатора.

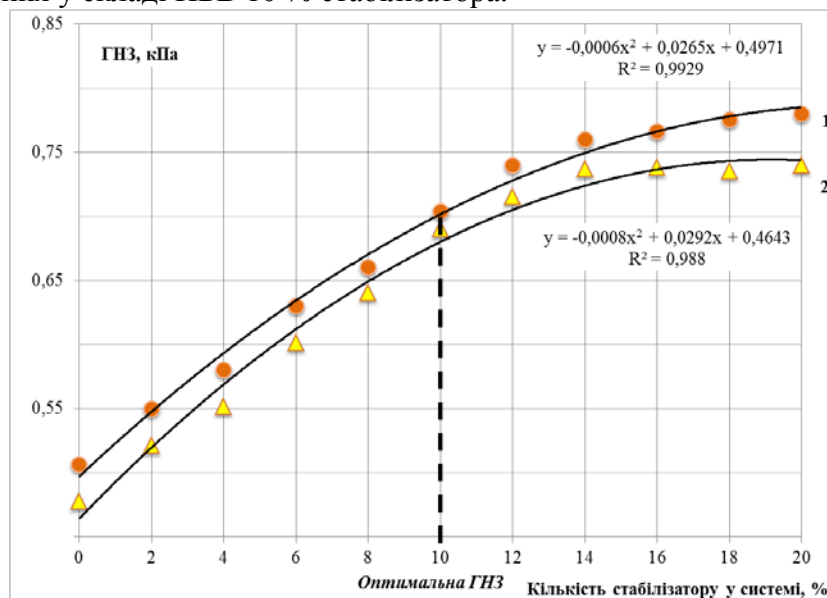


Рис. Вплив добавки стабілізатора на ГНЗ модельних систем НБВ

Таким чином, остаточне оптимізоване співвідношення компонентів НБВ наведено у табл. 2.

Таблиця 2

*Оптимальні співвідношення компонентів модельних систем НБВ*

Назва рецептурних компонентів	Масова частка компонентів, г	
	НБВГ	НБВМ
Молочно-білковий концентрат	48	52
Пюре гарбуза	32	–
Пюре моркви	–	28
Цукор	10	10
Стабілізатор	10	10

**Висновки і пропозиції.** У ході виконання роботи було досліджено зміни ГНЗ у модельних системах з овочевим пюре залежно від співвідношення МБК, овочевого пюре, стабілізатора та цукру. За допомогою способу рішення компромісних задач багатопараметричної оптимізації методом сполучених градієнтів з використанням надбудови

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

«Пошук рішень» пакета MS Excel отримано оптимальне співвідношення компонентів у білково-вуглеводних напівфабрикатах з додаванням овочевих пюре.

У подальшому планується дослідження показників безпеки розроблених напівфабрикатів, визначення основних напрямків їх використання у виробництві продукції ресторанного господарства.

## Список використаних джерел

1. Косой В. Д. Совершенствование процесса производства вареных колбас / В. Д. Косой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 272 с.
2. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів: для підприємств громад. харчування всіх форм власності / О. В. Шалимінов, Т. П. Дятченко, Л. О. Кравченко та ін. – К. : А.С.К., 2003. – 848 с.
3. Дейниченко Г. В. Научное обоснование и разработка технологий продуктов питания повышенной пищевой ценности на основе нежирного молочного сырья : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 / Г. В. Дейниченко. – Х., 1997. – 327 с.
4. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др. ; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
5. Малиук Л. П. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологии полуфабрикатов многофункционального назначения из растительного сырья : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.18.21 / Л. П. Малиук. – Х., 1995. – 317 с.
6. Павлова В. В. Исследование и разработка технологии комбинированных пастообразных молочных продуктов : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.04 / В. В. Павлова. – М., 1998. – 169 с.
7. Крамаренко Д. П. Технология молочно-білкових фаршів з використанням йодовмісної водоростевої добавки : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Дмитро Павлович Крамаренко. – Х., 2007. – 205 с.
8. Косой В. Д. Инженерная технология биотехнологических средств / В. Д. Косой, Я. И. Виноградов, А. Д. Малышев. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 648 с.
9. Влияние влаги на изменение структурно-механических показателей сырых и термообработанных фаршевых систем / Н. Н. Липатов, А. А. Щербинин, Е. И. Сизых [и др.]. – Х., 1989. – С. 566–567.

## References

1. Kosoi, V. D. (1983). *Sovershenstvovanie protcessa proizvodstva varenykh kolbas [Improving the manufacturing process of cooked sausages]*. Moscow: Legkaia i pishchevaia prom-st, 272 p. (in Russian).
2. Shalyminov, O. V., Diatchenko, T. P., Kravchenko, L. O. et al. (2003). *Zbirnyk retseptur natsionalnykh strav ta kulinarnykh vyrobiv: dlia pidpriemstv hromadskoho kharchuvannia vsikh form vlasnosti [Collection of recipes of national dishes/National dishes and culinary products: for public catering enterprises of all forms of ownership]*. Kyiv: A.C.K., 848 p. (in Ukrainian).
3. Deinichenko, G. V. (1997). Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologii produktov pitaniia povyshennoi pishchevoi tseennosti na osnove nezhirnogo molochnogo syria [Scientific substantiation and development of high nutritional value of food technologies on the basis of low-fat dairy products]. *Doctor's thesis*. Kharkov, 327 p. (in Russian).
4. Gorbatov, A. V. (ed.), Maslov, A. M., Machikhin, Iu. A. et al. (1982). *Struktumno-mekhanicheskie kharakteristiki pishchevykh produktov [Structural and mechanical characteristics of food]*. Moscow: Legkaia i pishchevaia prom-st, 296 p. (in Russian).
5. Maliuk, L. P. (1995). Teoreticheskoe i eksperimentalnoe obosnovanie tekhnologii polufabrikatov mnogofunktsionalnogo naznacheniiia iz rastitelnogo syria [Theoretical and experimental substantiation of multifunctional semi-finished products technology from plant material]. *Doctor's thesis*. Kharkov, 317 p. (in Russian).
6. Pavlova, V. V. (1998). Issledovanie i razrabotka tekhnologii kombinirovannykh pastoobraznykh molochnykh produktov [Study and development of combined dairy products technology]. *Candidate's thesis*. Moscow, 169 p. (in Russian).
7. Kramarenko, D. P. (2007). Tekhnolohiia molochno-bilkovykh farshiv z vykorystanniam yodovmisnoi vodorostevoi dobavky [Producing milk-protein mincemeats using iodine-containing algae supplements]. *Candidate's thesis*. Kharkov, 205 p. (in Ukrainian).
8. Kosoi, V. D., Vinogradov, Ia. I., Malyshev, A. D. (2005). *Inzhenernaia tekhnologiia biotekhnologicheskikh sredstv [Engineering technology of biotechnology tools]*. Saint-Petersburg: GIORД, 648 p. (in Russian).
9. Lipatov, N. N., Shcherbinin, A. A., Sizykh, E. I. et al. (1989). *Vliianie vlagi na izmenenie struktumno-mekhanicheskikh pokazatelei syrykh i termoobrabotamykh farshovykh sistem [Effect of moisture on change of structural and mechanical properties of raw and heat-treated minced systems]*. Kharkov, pp. 566–567 (in Russian).

**Золотухіна Інна Василівна** – кандидат технічних наук, докторант, доцент кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М. І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі (вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051, Україна).

**Золотухина Инна Васильевна** – кандидат технических наук, докторант, доцент кафедры оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М. И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли (ул. Клочковская, 333, г. Харьков, 61051, Украина).

**Zolotukhina Inna** – PhD in Technical Sciences, Doctoral, Associate Professor of Department Equipment for Food and Hospitality Industry it. M. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade (333 Klochkovsky Str., 61051 Kharkiv, Ukraine).

**E-mail:** zolotukhina\_i@mail.ru