

Гревцева Наталья Вячеславовна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних изделий и пищекопцентратов, Харківський державний університет харчования и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-39; e-mail: grevtseva66@gmail.com.

Grevtseva Nataliia, PhD in Engineering Sci., Assoc. Prof., Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-39; e-mail: grevtseva66@gmail.com.

Белікова Вікторія Вікторівна, студ., Навчально-науковий інститут харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчования та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-39; e-mail: belikova.vikk@gmail.com.

Беликова Виктория Викторовна, студ., Учебно-научный институт пищевых технологий и бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-39; e-mail: belikova.vikk@gmail.com.

Bielikova Viktoriia, student of Educational and Research Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-39; e-mail: belikova.vikk@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.3937786

УДК 664.144:635.67

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ МАРШМЕЛОУ З АНТОЦІАНОВИМИ ДОБАВКАМИ

І.С. Пілюгіна, М.В. Артамонова, Д.О. Торяник

Наведено результати оптимізації рецептурного складу маршмелу з антоціановими добавками – кріас-порошками з чорноплідної горобини та суданської троянди. Отримано математичні моделі, що характеризують процес та оптимальні концентрації досліджуваних добавок та лимонної кислоти.

Ключові слова: маршмелу, кріас-порошок, чорноплідна горобина, суданська троянда, екстракт, критерій оптимізації, рівняння регресії, математична модель, показники якості.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА МАРШМЕЛЛОУ С АНТОЦИАНОВЫМИ ДОБАВКАМИ

И.С. Пилогина, М.В. Артамонова, Д.А. Торьяник

Приведены результаты оптимизации рецептурного состава маршмеллоу с антоциановыми добавками – криас-порошками из черноплодной рябины и суданской розы. Получены математические модели, которые характеризуют процесс и оптимальные концентрации исследуемых добавок и лимонной кислоты.

Ключевые слова: маршмеллоу, криас-порошок, черноплодная рябина, суданская роза, экстракт, критерий оптимизации, уравнение регрессии, математическая модель, показатели качества.

OPTIMIZATION OF THE MARCHMALLOU RECIPE COMPOSITION WITH ANTOCIAN ADDITIVES

I. Piliugina, M. Artamonova, D. Torianik

It is possible to increase the nutritional value of marshmallow and give the products pink color due to the use of anthocyanin additives obtained by cryogenic technology – cryopowders of black-headed rowan and Sudanese rose in the form of 40% aqueous-alcoholic extracts with the addition of citric acid. However, the introduction of cryopowder extracts of black-headed rowan and Sudanese rose in marshmallow prescription composition affects the organoleptic, functional, technological, physico-chemical quality of the finished products. Not only the concentration of the cryopowder extract, but also the concentration of citric acid influence the above properties of marshmallows during cooking. Therefore, it is important to study the influence of these additives on the marshmallow production process and determine their optimal dosage.

The article describes results of the optimization of marshmallow prescription composition with anthocyanin additives obtained by cryogenic technology and cryopowders of black-headed rowan and Sudanese rose. The optimization was performed by means of the method of mathematical model minimization, which was obtained by the second-order orthogonal central composite plan. The matrix of the factor experiment was compiled and implemented, which allowed us to find the response functions. The optimization criterion (y) was marshmallow density (g/cm^3), the control factors being: x_1 – concentration of the cryopowder extract (%), x_2 – concentration of citric acid (%).

Mathematical models characterizing the prescription composition new types of marshmallows were received. According to the results of mathematical modeling of marshmallow formulations, the dosage amount of the selected cryopowders and citric acid was optimized that was 3.0–9.0% and 0.043–0.086% of the total mass of the system respectively.

Based on the obtained data, the technology and formulations of marshmallow with anthocyanin additives were improved: marshmallow on gelatin with aqueous-alcohol extract of cryopowder from black-headed rowan or Sudanese rose, and marshmallow on gelatin with the solubilized substances with aqueous-alcohol extract of cryopowder from black-headed rowan or Sudanese rose. New marshmallow had high organoleptic and physico-chemical quality parameters.

Keywords: marshmallow, cryopowder, black-headed rowan, Sudanese rose, extract, optimization criterion, regression equation, mathematical model, quality indicators.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні одним із актуальних напрямів розвитку кондитерської галузі України є виробництво продукції підвищеної харчової цінності та розширення асортименту шляхом використання натуральних рослинних інгредієнтів. Тому останнім часом збільшилася кількість досліджень і публікацій науковців щодо використання рослинних добавок, у тому числі кріодобавок, у технологіях мармеладу, дріжджових виробів, пісочного печива тощо [1–5].

У ході проведених досліджень встановлено, що підвищити харчову цінність маршмелу та надати виробам рожевого забарвлення можна за рахунок використання антоціанових добавок, одержаних за кріогенною технологією – кріас-порошків із чорноплідної горобини та суданської троянди. Показано, що ці добавки слід вводити до складу виробів у формі 40% водно-спиртових екстрактів із додаванням лимонної кислоти. Встановлено, що введення екстрактів зазначених кріас-порошків до рецептурного складу маршмелу впливає на органолептичні, функціонально-технологічні, фізико-хімічні показники якості готових виробів. На перелічені властивості маршмелу під час приготування впливає не тільки концентрація екстракту кріас-порошку (ЕКП), але й лимонної кислоти. Тому важливо дослідити їх спільний вплив на процес виробництва маршмелу та визначити оптимальне дозування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що для оптимізації рецептурного складу кондитерських виробів, залежно від кінцевої мети, застосовують різні методи [6–12]. Так, у роботі [8] наведено оптимізацію вибору технологічних параметрів приготування желейного мармеладу з кріас-порошками за даними, отриманими мінімізацією математичної моделі процесу. Для оптимізації рецептурного складу низькокалорійного змішаного мармеладу була використана методологія дослідження поверхні відгуку [9]. Методом багатокритеріальної оптимізації з використанням функції бажаності Харінгтона, що належить до психофізичних методів

та не є об'єктивним, оскільки в першу чергу відображає погляди на об'єкт дослідження та бажання експериментатора, проведена оптимізація рецептури міні-зефіру на желатині з функціональним інгредієнтом «Instantgum» на основі гуміарабіку та рецептури батончиків типу праліне [10; 11]. За результатами оптимізації математичної моделі рецептури зефіру з порошком із яблучних вичавків отримано виробу, що відповідають вимогам стандарту [12].

Таким чином, використанню різних методів оптимізації технологічних процесів у вітчизняній та зарубіжній літературі приділяється багато уваги, що свідчить про доцільність використання математичного моделювання та оптимізації під час розробки рецептур кондитерських виробів. Це підкреслюється використанням трифакторного рототабельного центрального композиційного планування для побудови моделі та оптимізації рецептурного складу піноподібного кондитерського виробу – маршмелоу дієтичного призначення [13].

Метою статті є отримання за експериментальними даними математичної моделі рецептурного складу маршмелоу з антоціановими добавками та її подальша оптимізація шляхом мінімізації побудованих рівнянь регресії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Забезпечення необхідної структури та смаку маршмелоу вимагало проведення оптимізації. Для проведення оптимізації рецептурного складу маршмелоу здійснили мінімізацію математичної моделі, яку отримали за ортогональним центральним композиційним планом (ОЦКП) другого порядку. Склали матрицю факторного експерименту (табл. 1) та провели його реалізацію, що дозволило знайти функції відгуку.

Таблиця 1

Рівні чинників та інтервали їх варіювання

Рівень варіювання	Маршмелоу з екстрактами кріас-порошків			
	із чорноплідної горобини		із суданської троянди	
	x_1 , %	x_2 , %	x_1 , %	x_2 , %
Нульовий рівень (0)	10,0	0,09	4,0	0,09
Інтервал варіювання	2,0	0,06	2,0	0,06
Верхній рівень (+1)	12,0	0,15	6,0	0,15
Нижній рівень (-1)	8,0	0,03	2,0	0,03

Критерієм оптимізації (y) була густина маршмелоу (г/см^3), керівними чинниками: x_1 – концентрація екстракту кріас-порошку (%), x_2 – концентрація лимонної кислоти (%).

Завданням оптимізації було визначення таких значень обраних чинників, за яких буде спостерігатися мінімальне значення густини готових виробів. Задачу побудови математичної моделі у вигляді полінома другого степеня та її подальшої оптимізації вирішено в математичному пакеті програм MATLAB [<http://www-europe.mathworks.com/products/demos/>].

Одержані квадратичні рівняння регресії в кодованих змінних мають наступний вигляд:

– для маршмелоу з ЕКП із чорноплідної горобини:

$$y = 0,651 + 0,0141x_1 + 0,0192x_2 + 0,0059x_1x_2 + 0,0095x_1^2 + 0,0104x_2^2; \quad (1)$$

– для маршмелоу з ЕКП із суданської троянди:

$$y = 0,521 + 0,045x_1 - 0,01x_2 - 0,03x_1x_2 + 0,047x_1^2 + 0,037x_2^2; \quad (2)$$

– маршмелоу на желатині з солюбілізованими речовинами з ЕКП із чорноплідної горобини:

$$y = 0,6809 + 0,0139x_1 + 0,019x_2 - 0,0039x_1x_2 + 0,0169x_1^2 + 0,0134x_2^2; \quad (3)$$

– маршмелоу на желатині з солюбілізованими речовинами з ЕКП із суданської троянди:

$$y = 0,5441 + 0,0557x_1 + 0,0043x_2 + 0,0007x_1x_2 + 0,0556x_1^2 + 0,0296x_2^2. \quad (4)$$

Відтворюваність результатів реалізації ОЦКП перевіряли за критерієм Кочрена, який розраховували за формулою:

$$G_p := \frac{\max(D)}{\sum D}, \quad (5)$$

де $\max(D)$ – максимальна дисперсія; $\sum D$ – сума всіх дисперсій.

Однорідність дисперсій оцінювали шляхом порівняння розрахункового значення критерію Кочрена G_p із критичною точкою розподілу Кочрена G_{kp} та виконання умови:

$$G_p < G_{kp}, \quad (6)$$

де G_{kp} знаходили за таблицею критичних точок розподілу Кочрена за числом ступеня волі $k = 4$ та рівня значущості $\alpha = 5\%$.

Установлено, що всі дисперсії є однорідними та можуть бути використані в подальших розрахунках для перевірки значущості коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента.

Визначено, що всі коефіцієнти в рівняннях регресії є значущими. Тому рівняння регресії адекватні досліджуваному технологічному процесу і можуть бути використані для оптимізації обраного критерію.

Графічні інтерпретації математичних моделей рецептурного складу маршмелову з антоціановими добавками у вигляді поверхонь відгуку та їх ліній рівня наведено на рис. 1–4.

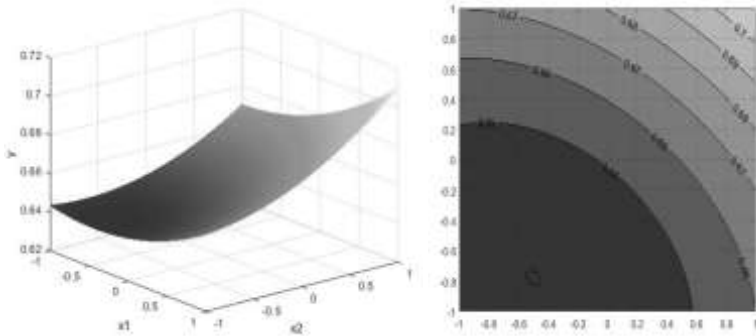


Рис. 1. Поверхня відгуку впливу ЕКП із чорноплідної горобини та лимонної кислоти на густину маршмелову

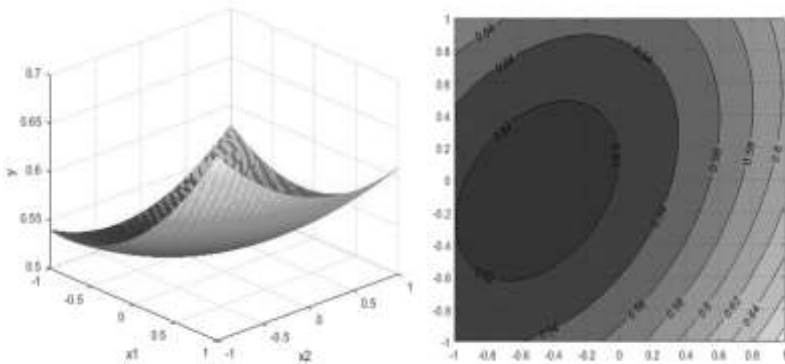


Рис. 2. Поверхня відгуку впливу ЕКП із суданської троянди та лимонної кислоти на густину маршмелову

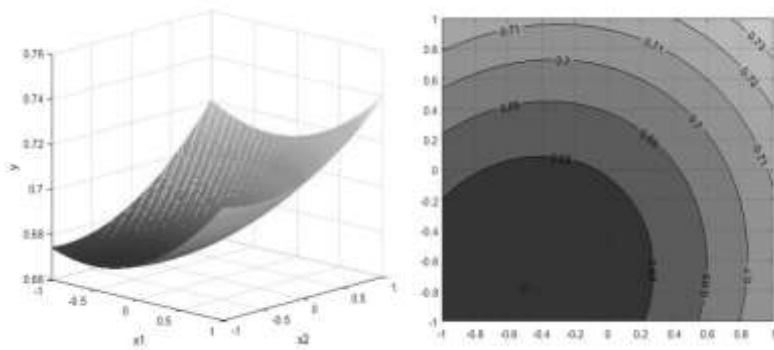


Рис. 3. Поверхня відгуку впливу ЕКП із чорноплідної горобини та лимонної кислоти на густину маршмелоу на желатині з солубілізованими речовинами

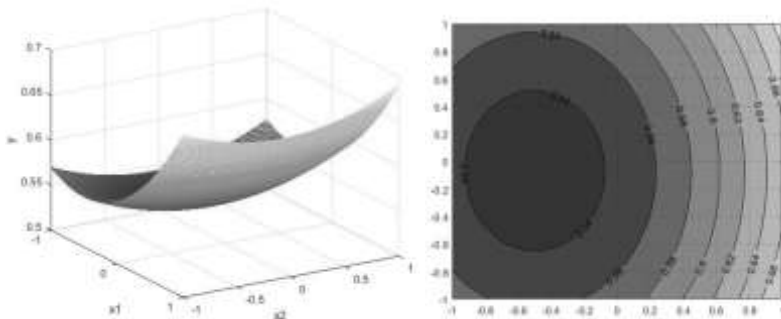


Рис. 4. Поверхня відгуку впливу ЕКП із суданської троянди та лимонної кислоти на густину маршмелоу на желатині з солубілізованими речовинами

Результати оптимізації шляхом знаходження мінімуму цільових функцій показали, що оптимальним дозуванням компонентів у рецептурі маршмелоу є 3,0–9,0% екстракту кріас-порошку та 0,043–0,086% лимонної кислоти.

На основі отриманих даних удосконалено технологію та рецептури маршмелоу з антоціановими добавками: маршмелоу з ЕКП із чорноплідної горобини; маршмелоу з ЕКП із суданської троянди; маршмелоу на желатині з солубілізованими речовинами з ЕКП із чорноплідної горобини; маршмелоу на желатині з солубілізованими речовинами з ЕКП із суданської троянди.

Удосконалена технологія відпрацьована на виробництвах ТОВ «Кондитерська фабрика «Солодкий світ» (м. Харків), АТВО «Конті» (м. Костянтинівка), «ФОП Жирко С.О.» (м. Харків) та ін.

Установлено, що нові види маршмелоу мають високі органолептичні показники якості. Форма виробів – правильна, із чітким контуром, без деформації. Поверхня суха, не липка, без грубих затвердінь. Вироби рівномірно обсипані сумішшю цукрової пудри та кукурудзяного крохмалю. Завдяки введеним антоціановим добавкам маршмелоу має рожевий колір та кислувато-солодкий смак, із присмаком чорноплідної горобини або суданської троянди. Сторонні присмак і запах відсутні. Структура маршмелоу рівномірна, дрібнодисперсна. Консистенція виробів піноподібна, м'яка, затяжна. Фізико-хімічні показники якості нових видів виробів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості маршмелоу з антоціановими добавками

Найменування показника	Значення показника для маршмелоу			
	на желатині		на желатині з солубілізованими речовинами	
	з ЕКП із чорноплідної горобини	з ЕКП із суданської троянди	з ЕКП із чорноплідної горобини	з ЕКП із суданської троянди
Масова частка вологи, %	21,5±0,9	19,0±0,8	21,5±0,9	19,0±0,8
Масова частка редукувальних речовин, %	13,0±0,6	13,0±0,6	13,0±0,6	13,8 ±0,6
Загальна кислотність, град	3,5±0,1	3,5±0,1	3,5±0,1	3,5±0,1
Густина, г/см ³	0,64±0,02	0,51±0,02	0,67±0,02	0,53±0,02

Висновки. Таким чином, на основі математичної моделі, отриманої за даними ортогонального центрального композиційного плану, та проведеної оптимізації, що полягала в знаходженні мінімуму цільової функції, запропоновані оптимальні концентрації криє-порошків із чорноплідної горобини, суданської троянди та лимонної кислоти для приготування маршмелоу.

Наступним етапом роботи є впровадження вдосконаленої технології маршмелоу в масове виробництво.

Список джерел інформації / References

1. Артамонова М. В. Технологія мармеладу желейного з використанням криас-порошків рослинного походження / М. В. Артамонова, Г. М. Лисюк, Н. Ф. Туз. – Х. : ХДУХТ, 2015. – 134 с.

Artamonova, M., Lisyuk, G., Tuz, N. (2015), *Jelly jelly technology using vegetable-derived cryopowders [Tekhnolohiya marmeladu zheleynoho z vykorystanniam krias-poroshkiv roslynnoho pokhodzhennya]*, KhSUFTT, Kharkiv, 134 p.

2. Артамонова М. В. Удосконалення технологій мармеладно-пастильних виробів з використанням рослинних добавок, отриманих за кріотехнологіями / М. В. Артамонова, І. С. Пілюгіна, Н. В. Шматченко // Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоєфективного виробництва, зберігання та маркетингу : колективна монографія. – Х. : ХДУХТ, 2015. – С. 229–256.

Artamonova, M., Piliugina, I., Shmatchenko, N. (2015), “Improvement Technology jelly-pastila products using herbal supplements obtained cryotechnology”, *Nutrition: innovative aspects of technology, energy-efficient production, storage and marketing* [“Udoskonalennya tekhnolohiy marmeladno-pastylnykh vyrobiv z vykorystanniam roslynnykh dobavok, otrymanykh za kriotekhnolohiyamy”, *Povnotsime kharchuvannya: innovatsiyni aspekty tekhnolohiyi, enerhoefektyvnoho vyrobnytstva, zberihannya ta marketynhu*], KhSUFTT, Kharkiv, pp. 229-256.

3. Артамонова М. В. Технология мармелада с использованием плодово-овощных криопаст и криопорошков / М. В. Артамонова, Н. В. Шматченко // Хлебпек. – 2015. – № 6. – С. 36–37.

Artamonova, M., Shmatchenko, N. (2015), “Marmalade technology using fruit and vegetable cryopastes and cryopowders” [“Tehnologija marmelada s ispol'zovaniem plodovo-ovoshhnyh kriopast i krioporoshkov”], *Baker*, No. 6, pp. 36-37.

4. Shmatchenko, N., Artamonova, M., Aksonova, O., Oliinyk, S. (2018), “Investigation of the properties of marmalade with plant cryoadditives during storage”, *Food Science and Technology*, Vol. 12, Issue 1, pp. 87-94.

5. Дослідження якості виробів із дріжджового тіста і пісочного печива з використанням крио-порошків із рослинної сировини / А. М. Чуйко, М. М. Чуйко, О. С. Орлова, С. О. Єрьоменко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, № 12 (68). – С. 133–137.

Chuiko, A., Chuiko, M., Orlova, O., Eremenko, S. (2014), “Study of the quality of yeast dough and shortbread biscuits using cryopowders from vegetable raw materials”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology and equipment of food production* [“Doslidzhennja yakosti vyrobiv iz drizhdzhovoho tista i pisochnoho pechiva z vykorystannjam krio-poroshkiv iz roslynnoji syrovyny”, *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*], Vol. 2, No. 12(68), pp. 133-137.

6. Дорохович А. М. Оптимізації технологічних процесів галузі (кондитерське виробництво) : конспект лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів» / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Гавва. – К. : НУХТ, 2009. – 89 с.

Dorokhovich, A., Obolkina, V., Gavva, O. (2009), *Optimization of technological processes of the industry (confectionery production): lecture notes for students. spec. 7.091702 "Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates"* [Optymizatsiyyi tekhnolohichnykh protsesiv haluzi (kondyterske vyrobnytstvo): konspekt lektsiy dlya stud. spets. 7.091702 "Tekhnolohiya khliba, kondyterskykh, makaronnykh vyrobiv ta kharchokontsentrativ"], NUFT, Kyiv, 89 p.

7. Дорохович А. Оптимізація технологічних процесів галузі / А. Дорохович, В. Дорохович, Т. Зинченко. – К. : Інкос, 2018. – 392 с.

Dorokhovich, A., Dorokhovich, V., Zinchenko, T. (2018), *Optimization of technological processes of the industry [Optymizatsiyya tekhnolohichnykh protsesiv haluzi]*, Incos, Kyiv, 392 p.

8. Туз Н. Ф. Оптимізація технологічних параметрів приготування желейного мармеладу з криас-порошками / Н. Ф. Туз, М. В. Артамонова, Г. М. Лисюк // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – 2012. – Вип. 1 (15). – С. 190–196.

Tuz, N., Artamonova, M., Lisyuk G. (2012), "Optimization of technological parameters of preparation of jelly marmalade with cryopowders", *Progressive techniques and technologies of food production of restaurant industry and trade* ["Optymizatsiyya tekhnolohichnykh parametriv pryhotuvannja zhelejnoho marmeladu z krias-poroshkamy"], *Prohresyvni tehnik ta tekhnolohiji harchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zb. nauk. pr.*, No. 1(15), pp. 190-196.

9. Acosta, O., Viquez, F., Cubero, E. (2008), "Optimisation of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology", *Food Quality and Preference*, No. 19, pp. 79-85.

10. Оптимизация рецептуры зефира на желатине функционального назначения / Г. О. Магомедов, А. А. Журавлев, И. В. Плотникова, Т. А. Шевякова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 1. – С. 126–129.

Magomedov, G. Zhuravlev, A., Plotnikova, I., Shevyakova, T. (2015), "Optimization of the formulation of marshmallows on functional gelatin", *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technology* ["Optymizatsiyya receptury zefira na zhelatine funktsionalnogo naznachenija"], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij*, No. 1, pp. 126-129.

11. Использование функции Харрингтона для оптимизации рецептурного состава батончиков типа пралине / Г. О. Магомедов, А. А. Журавлев, Т. А. Шевякова, Д. В. Седых // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 2. – С. 99–103.

Magomedov, G., Zhuravlev, A., Shevyakova, T., Sedykh D. (2014), "Using the Harrington function to optimize the composition of praline bars", *Bulletin of VSUET* ["Ispolzovanie funkcii Harringtona dlja optimizatsii recepturnogo sostava batonchikov tipa praline"], *Vestnik VGUIT*, No. 2, pp. 99-103.

12. Свечников А. Ю. Использование математического моделирования для оптимизации рецептурного состава зефира на основе порошка из яблочных выжимок / А. Ю. Свечников, П. А. Чалдаев // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : сб. науч. тр. XVI Всероссийской заочной науч.-практ. конференции. – 2015. – № 2. – С. 103–108.

Svechnikov, A., Chaldaeov, P. (2015), "Using mathematical modeling to optimize the formulation of marshmallows based on powder from apple pomace", *Modern bakery production: development prospects: Collection of scientific papers of the XVI All-Russian Correspondence Scientific and Practical Conference* ["Ispolzovanie matematicheskogo modelirovaniya dlja optimizacii recepturnogo sostava zefira na osnove poroshka iz jablochnyh vyzhimok", *Sovremennoe hlebopekarnoe proizvodstvo: perspektivy razvitiya: sb. nauch. tr. XVI Vserossijskoj zaochnoj nauch.-prakt. konferencii*], No. 2, pp. 103-108.

13. Бадрук В. В. Оптимізація рецептурних композицій кондитерського виробу маршмелову дієтичного призначення / В. В. Бадрук, Т. В. Зінченко, А. М. Дорохович // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2013. – № 30. – С. 320–326.

Badruk, V., Zinchenko, T., Dorokhovich, A. (2013), "Optimization of Marshmallow Confectionery Formulations for Dietary Purpose", *Food production equipment and technology* ["Optimizacija recepturnyh kompozicij kondyterskoho vyrobu marshmelou dijetychnoho pryznachennja", *Obladnannja ta tehnolohiji harchovyh vyrobnyctv*], No. 30, pp. 320-326.

Пілюгіна Інна Сергіївна, канд. техн. наук, доц., кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-66, 0984286327; e-mail: inna.piliugina@ukr.net.

Пилугина Инна Сергеевна, канд. техн. наук, доц., кафедра хімії, мікробіології та гігієни харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковська, 333, г. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-66, 0984286327; e-mail: inna.piliugina@ukr.net.

Piliugina Inna, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-66, 0984286327; e-mail: inna.piliugina@ukr.net.

Артамонова Майя Володимирівна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Артамонова Майя Владимировна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних изделий і пишеконцентратів, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочковська, 333, г. Харків, Україна, 61051; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Artamonova Maya, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of Technology of Bread, Confectionary, Pasta and Food Concentrates, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: artamonova_maya@hduht.edu.ua.

Торяник Дмитро Олександрович, канд. фіз.-мат. наук, доц., кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-46; e-mail: datory@gmail.com.

Торяник Дмитрий Александрович, канд. физ.-мат. наук, доц., кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-86; e-mail: datory@gmail.com.

Torianik Dmytro, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Assoc. Prof. of Department of Physical, Mathematical and Engineering Subjects, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-86; e-mail: datory@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.3937788