

УДК 664.66.016

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.221095

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ МАФФІНІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Самохвалова О. В., Кучерук З. І., Касабова К. Р., Олійник С. Г., Шматченко Н. В.

Об'єктом досліджень є технологія маффінів із застосуванням бурякових волокон та шроту зародків пшениці. Маффіни – популярні борошняні кондитерські вироби привабливого зовнішнього вигляду та різноманітного смаку, які характеризуються високою енергетичною та низькою харчовою цінностями. Крім того, найчастіше вони виготовляються з використанням полікомпонентних сумішей, що не дозволяє отримати продукцію з фізіологічно значущим вмістом біологічно активних речовин. Запропоновано під час удосконалення технології маффінів підвищеної харчової цінності використання у якості джерел фізіологічно функціональних інгредієнтів продуктів переробки зародків пшениці та бурякового жому – добавок «Бурякові волокна» та «Шрот зародків пшениці». Бурякові волокна містять в своєму складі пектин-целюлозно-геміцелюлозний комплекс некрохмальних полісахаридів, поліфенольні сполуки та мінеральні речовини (магній, кальцій, натрій тощо). Хімічний склад шроту зародків пшениці представлено целюлозно-геміцелюлозним комплексом, досить високим вмістом вітаміну Е, поліфенольних сполук та значною кількістю калію, фосфору, магнію, кальцію. Вивчено вплив продуктів переробки зародків пшениці та бурякового жому із частковою заміною пшеничного борошна 25,0–75,0 % та 10,0–20,0 % відповідно. Було проведено оптимізацію рецептурного складу маффінів, за результатами якої було обґрунтовано в рецептурах маффінів кількість дослідних добавок (15,0 % бурякових волокон та 50,0 % шроту зародків пшениці) та зменшення рецептурної кількості цукру на 30,0 %. Визначено органолептичні та фізико-хімічні показники маффінів, а також кількість фізіологічно функціональних інгредієнтів у виробах з продуктами переробки зародків пшениці та бурякового жому. Наведено функціонально-технологічну схему виробництва маффінів із додаванням бурякових волокон та шроту зародків пшениці. Вдосконалена технологія маффінів відрізняється від традиційних технологій використанням натуральної сировини, відсутністю харчових добавок синтетичного походження та внесенням бурякових волокон та шроту зародків пшениці, що дозволяє отримати вироби високої харчової цінності за збереження відповідної якості.

Ключові слова: технології маффінів, бурякові волокна, шрот зародку пшениці, оптимізація рецептурного складу, показники якості, харчова цінність.

1. Вступ

Сьогодні значною популярністю користуються маффіни, які мають привабливі смакові та споживчі властивості [1]. Маффіни – кексоподібні випечені

вироби, що мають невелику масу [2]. Вони одночасно поєднують розсипчастість і пористість кексів та пишну, легку структуру бісквітів. До їх складу можуть входити різноманітні начинки (джем, повидло, наповнювачі) та різні добавки (насіння, горіхи, сухі ягоди та фрукти, шоколадна крихта тощо) [3, 4].

Проте вони мають високу енерго- і цукроємність та низьку харчову цінність [5, 6]. Маффіни готують за технологією, яка передбачає окреме змішування рідких і сухих інгредієнтів [7]. На першій стадії просіюють та змішують сухі компоненти, а на другій – поєднують рідкі інгредієнти та перемішують їх до однорідності. А потім ці суміші з'єднують між собою, піддаючи тісто швидкому замішуванню, оскільки тривале замішування призводить до зтягування тіста завдяки набуханням клейковинних білків та отриманню виробів з ущільненою структурою м'якушки. Тісто дозують в паперові або силіковані форми на 2/3 їх висоти та випікають за температури 180–200 °C протягом 25–30 хв [8].

Для підвищення ефективності технології маффіни можуть виготовляти з спеціальних полікомпонентних сумішей. Вони зазвичай містять пшеничне борошно, цукор білий, безглютенове борошно, сухе молоко, сухий яечний порошок, модифіковані крохмалі, поверхнево-активні речовини (емульгатори) мальтодекстрин, ароматизатори, розпушувачі та ін. [9, 10]. Такі суміші для виготовлення маффінів спрощують технологію, зручні у використанні, дозволяють суттєво розширити асортимент виробів. До їх переваг можна також віднести скорочення кількості технологічних операцій та часу необхідного для виготовлення виробів. Проте, слід зазначити, що маффіни, вироблені на основі подібних багатокомпонентних сумішей, мають невисокі показники якості та харчової цінності, а також не містять корисних для організму речовин.

Виготовлення продукції підвищеної харчової та біологічної цінності із застосуванням нетрадиційної вторинної рослинної сировини, являється актуальним напрямом розвитку галузі [11, 12]. Такими видами сировини можуть бути продукти переробки зародків пшениці (шрот зародків пшениці) та бурякового жому (бурякові волокна) [13]. Ці добавки запропоновано використовувати в технології маффінів як джерела функціонально-фізіологічних нутрієнтів. Шрот зародків пшениці (ШЗП) – знежирений залишок, що отримують після виділення відповідної олії. Він містить значну кількість до 45 % білку, харчових волокон (целюлози – 12,1 %, гемицеллюлоз – 11,2 %, лігніну – 3,0 %, пектинових речовин – 1,0 %), а також вітамін Е, каротиноїди, поліфенольні та мінеральні речовини. Бурякові волокна (БВ) отримують з бурякового жому, побічного продукту цукрового виробництва. Вони представлені пектин-целюлозно-гемицеллюлозним комплексом некрохмальних полісахаридів (до 80 %), поліфенольними та мінеральними речовинами [14]. Застосування в технології маффінів зазначених добавок у оптимальних дозуваннях дозволить збагатити вироби есенціальними речовинами, що сприятиме покращенню харчового статусу населення.

Таким чином, *об'єктом досліджень* обрано технологію маффінів із застосуванням бурякових волокон та шроту зародків пшениці. А *мета досліджень* полягає у встановленні оптимального рецептурного складу

маффінів підвищеної харчової цінності та вдосконаленні їх технології.

2. Методика проведення досліджень

Органолептичні показники якості маффінів (зовнішній вигляд, колір, стан м'якучки, смак, запах) оцінювали згідно з [15].

Питомий об'єм зразків маффінів розраховували за формулою:

$$V_{\text{пит}}=V/m, \text{ см}^3/\text{г}, \quad (1)$$

де V – об'єм зразка, см^3 ; m – маса зразка, г.

Вологість випечених виробів визначали методом висушуванням до постійної маси, за формулою:

$$W=(a-b)/(a-e) \cdot 100, \%, \quad (2)$$

де a – маса бюкси з наважкою до висушування, г; b – маса бюкси з наважкою після висушування, г; e – маса порожнього бюкса, г.

Для визначення вмісту некрохмальних полісахаридів у виробках проводили знежирення проб. Для цього наважку маффінів поміщали в патрон із фільтрувального паперу та підсушували при температурі 70–80 °С. Висушену пробу поміщали в колбу місткістю 250 або 500 см^3 зі шліфом, заливали 30–40 см^3 ефіру та нагрівали на водяній бані при температурі 40–50 °С зі зворотним холодильником (20–30)·60 с.

Вміст вільних вуглеводів, водорозчинних полісахаридів та геміцелюлоз визначали за модифікованим методом Дрейвуда, вміст целюлози – азотно-спиртовим методом (метод Кюршнера), пектинових речовин – кальцій-пектатним методом, лігніну – за методом Вільштеттера та Цехмейстера. Вміст низькомолекулярних фенольних сполук визначали колориметричним методом за ДСТУ 4373:2005. Кількісний вміст суми окислюваних поліфенольних сполук визначали методом перманганатометрії за методикою ДФ XI (Державна Фармакопея СРСР, XI видання). Каротиноїди визначали колориметричним методом за ДСТУ 4305:2004. Визначення складу токоферолів у досліджуваних добавках здійснювали за допомогою методу рідинної хроматографії за ДСТУ EN 12822:2005 на хроматографі Smartline (фірма Knauer, Німеччина). Мінеральний склад добавок визначали методом атомно-емісійної спектроскопії із фотографічною реєстрацією на приладі ДФС–8 (Росія).

Величина похибки для усіх досліджень становила $\sigma=3-5\%$, число повторностей дослідів – $n=5$, вірогідність – $P \geq 0,95$.

3. Результати дослідження та їх обговорення

Органолептичні та фізико-хімічні характеристики виробів, їх харчова та енергетична цінність значною мірою зумовлюються співвідношенням рецептурних компонентів. З метою зниження енергетичної цінності кондитерських виробів борошняної групи часто знижують рецептурну кількість цукру. При цьому вноситься додаткова сировина, яка містить необхідні для

організму фізіологічно-функціональні інгредієнти [10]. У цьому зв'язку в даній роботі досліджували можливість зниження кількості цукру в рецептурах маффінів з добавками на 10,0–30,0 %.

У рецептурах дослідних маффінів оптимізували кількість цукру та дослідних добавок з використанням математичного методу повного факторного експерименту ПФЕ².

На першому етапі було складено квадратичну математичну модель технологічного процесу виробництва маффінів. Вона відображає залежність критерію оптимізації – питомого об'єму готових виробів (Y , см³/г) від оптимізувальних факторів. Такими були кількість добавки (x_1 , %) та кількість цукру (x_2 , %). Рівні та інтервали варіювання дослідних добавок були обрані на підставі отриманих раніше результатів досліджень і склали 10,0–20,0 % – для бурякових волокон та 25,0–75,0 % – для шроту зародків пшениці.

Завданням оптимізації було визначення значень обраних факторів для максимізації критерію оптимальності. Рівні факторів та інтервали їх варіювання наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Рівні факторів оптимізації

Фактори оптимізації	Нульовий рівень	Інтервал варіювання	Нижній рівень	Верхній рівень
Маффіни з додаванням ШЗП				
Кількість добавки (x_1 , %)	50	25	25	75
Кількість цукру (x_2 , %)	80	10	70	90
Маффіни з додаванням БВ				
Кількість добавки (x_1 , %)	15	5	10	20
Кількість цукру (x_2 , %)	80	10	70	90

У результаті реалізації матриці експерименту та обробки даних були отримані адекватні рівняння регресії:

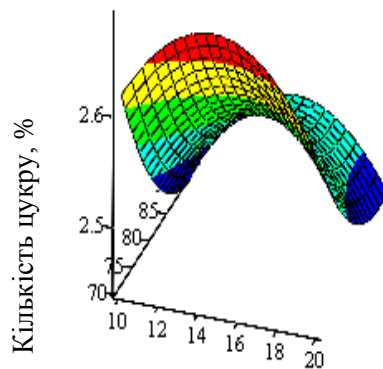
– для технології маффінів з ШЗП:

$$Y_1(x_1, x_2) = 5,401 + 80,4 \cdot 10^{-3} x_1 - 78,3 \cdot 10^{-3} x_2 - 3,32 \cdot 10^{-3} x_2^2 + 0,24 \cdot 10^{-3} x_1 x_2;$$

– для технології маффінів з буряковими волокнами:

$$Y_2(x_1, x_2) = 3,443 + 30,6 \cdot 10^{-3} x_1 - 30,5 x_2 - 21,28 \cdot 10^{-5} x_1^2 + 17,0 \cdot 10^{-5} x_2^2 - 0,1 \cdot 10^{-3} x_1 x_2;$$

Графічну інтерпретацію математичних моделей маффінів з буряковими волокнами наведено на рис. 1, 2, а зі шротом зародків пшениці на рис. 3, 4.



F1 Кількість добавки, %

Рис. 1. Поверхня відгуку критерію оптимізації на зміну чинників варіювання маффінів із буряковими волокнами

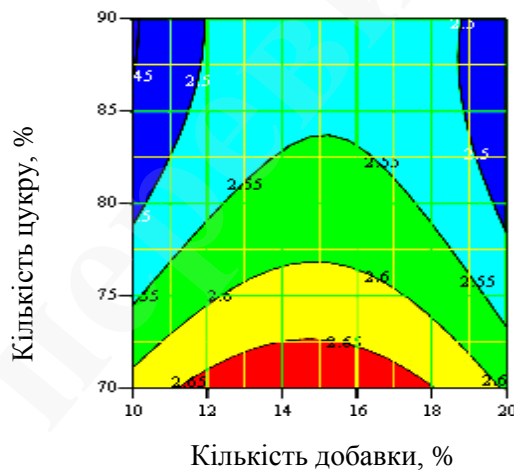


Рис. 2. Ізолінії впливу бурякових волокон

Рівняння регресії були використані для пошуку оптимальних значень факторів x_1 та x_2 . Як свідчать отримані результати, маффіни з буряковими волокнами мають наступні інтервали оптимізаційних параметрів: дозування дослідної добавки (x_1) – 11,0–18,0 % із заміною борошна та зниження кількості цукру (x_2) на 27,5–30,0 % від кількості в базовій рецептурі.

Найкращий показник питомого об'єму маффінів із шротом зародків пшениці спостерігається за дозування дослідної добавки (x_1) в інтервалі 40,0–70,0 % з заміною борошна та зниженням кількості цукру (x_2) на 26,0–30,0 % від кількості в базовій рецептурі.

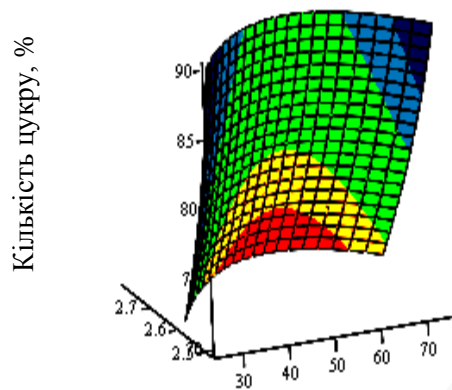


Рис. 3. Поверхня відгуку Кількість добавки, % і на зміну чинників варіювання маффінів зі шротом зародків пшениці

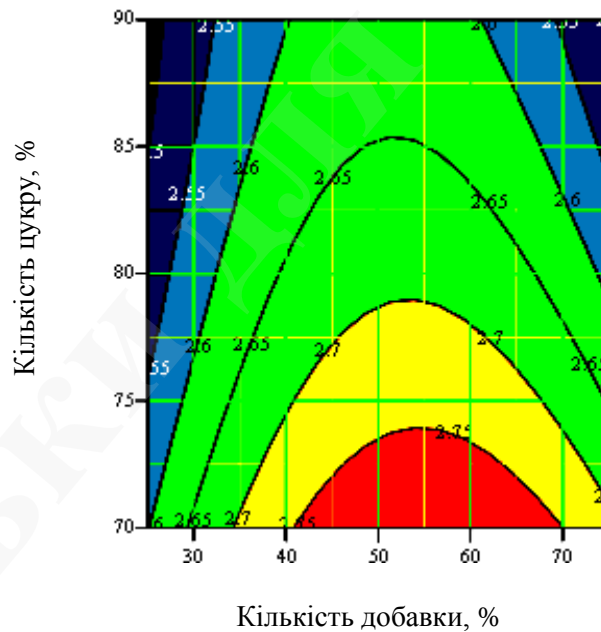


Рис. 4. Ізолінії впливу шроту зародків пшениці

Дані оптимізації дозволили обрати в рецептурах маффінів кількість дослідних добавок (15,0 % бурякових волокон та 50,0 % шроту зародків пшениці) та зменшити рецептурну кількість цукру на 30,0 %.

Органолептичні та фізико-хімічні характеристики контрольних та зразків маффінів, виготовлених з використанням оптимальних дозувань добавок та цукру представлено в табл. 2.

Для маффінів характерною є наявність тріщини на поверхні виробів. Як видно з табл. 2, ця типова ознака зберігається під час додавання бурякових волокон і шроту зародків пшениці. Вироби з добавками добре зберігають форму, не мають підривів. Забарвленість розроблених виробів дещо

інтенсифікується – вони набувають кремового кольору. М'якушка виробів добре розпушена, на розрізі видно вкраплення відповідних добавок, при цьому вона стає більш крихкою.

Таблиця 2

Показники якості маффінів

Показник	Маффіни без добавок (контроль)	Маффіни з додаванням	
		БВ	ШЗП
Зовнішній вигляд	Вироби правильної форми, без підривів, наявні тріщини		
Колір – скоринки – м'якушки	золотавий світло-жовтий	бежевий кремовий	золотавий кремовий
Стан м'якушки	Добре розпушена, крихка	Розпушена, з вкрапленнями БВ, більш крихка	Добре розпушена з вкрапленнями ШЗП, більш крихка
Запах та смак	Властиві даному виробу, без сторонніх	Властиві даному виробу, з легкими приємними присмаком та запахом БВ	Властиві даному виробу, із легким горіховим присмаком та запахом
Вологість, %	28,0	29,2	29,5
Питомий об'єм, см ³ /г	2,50	2,45	2,70

Запах і смак маффінів з добавками приємні. За умови додавання шроту у виробках відчувається легкий горіховий присмак, а за використання бурякових волокон – легкий присмак цієї добавки.

Порівняно з контрольним зразком вологість маффінів із додаванням БВ збільшується на 5,0 %, а зі ШЗП – на 5,5 %. Питомий об'єм маффінів із БВ знижується незначно, а зі шротом – збільшується на 8,0 %. Це може бути пов'язано з тим, що шрот має більші за розміром частки, які сприяють одержанню більш розпушеної структури м'якушки маффінів.

Досліджено вміст поживних та біологічно активних речовин у розроблених маффінах з додаванням бурякових волокон і шроту зародків пшениці (табл. 3).

Із табл. 3 видно, що маффіни з БВ порівняно з контрольним зразком. мають на 21,0 % менший вміст вуглеводів і на 12,3 % меншу енергетичну цінність. Вироби зі ШЗП мають у 2,0 рази більшу кількість білка, на 24,8 % менший вміст вуглеводів та знижену на 9,1 % енергетичну цінність порівняно з маффінами без добавок.

У виробках з БВ вміст некрохмальних полісахаридів збільшується у 10 разів, а низькомолекулярних фенольних сполук – у 1,9 разів порівняно з контролем. Вміст дубильних речовин у маффінах з буряковими волокнами суттєво більший ніж у виробках без добавок.

Таблиця 3

Харчова та енергетична цінність 100 г маффінів

Показник	Маффіни без добавок (контроль)	Маффіни з дослідними добавками	
		БВ	ШЗП
Білки, г	5,4	4,8	10,7
Жири, г	13,3	13,0	13,2
Вуглеводи, г	53,0	41,8	39,8
Некрохмальні полісахариди, г	0,4	3,9	4,6
у т. ч. целюлоза	0,040	1,42	2,3
геміцелюлози	–	1,2	2,1
пектинові речовини	–	1,25	0,15
Лігнін, г	–	0,45	0,55
Дубильні речовини (за таніном), мг	0,68	83,7	276,6
Низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином), мг	0,20	0,37	2,50
Каротиноїди, мг	0,25	–	0,350
Токоферол, мг	–	–	0,62
Залізо, мг	0,46	3,42	1,33
Кремній, мг	1,52	13,50	сліди
Фосфор, мг	32,68	2,90	117,8
Алюміній, мг	399,0	1,71	сліди
Марганець, мг	сліди	0,85	6,84
Магній, мг	6,08	5,7	41,8
Кальцій, мг	6,84	13,65	21,8
Цинк, мг	сліди	0,59	4,15
Натрій, мг	1,14	10,2	1,37
Калій, мг	46,36	1,71	416,1
Енергетична цінність, ккал	362	318	329

У свою чергу вироби зі шротом зародків пшениці також характеризуються значно більшим вмістом, ніж у контролі некрохмальних полісахаридів – у 11 разів та низькомолекулярних фенольних сполук – у 12,5 разів. Також у них вищий вміст каротиноїдів – у 1,4 разів і токоферолу – у 6,3 разів, порівняно з контролем. Маффіни зі шротом зародків пшениці суттєво перевершують вироби без добавок за вмістом дубильних речовин.

На рис. 5 наведено вдосконалену технологічну схему виробництва

маффінів з додаванням бурякових волокон та шроту зародків пшениці.

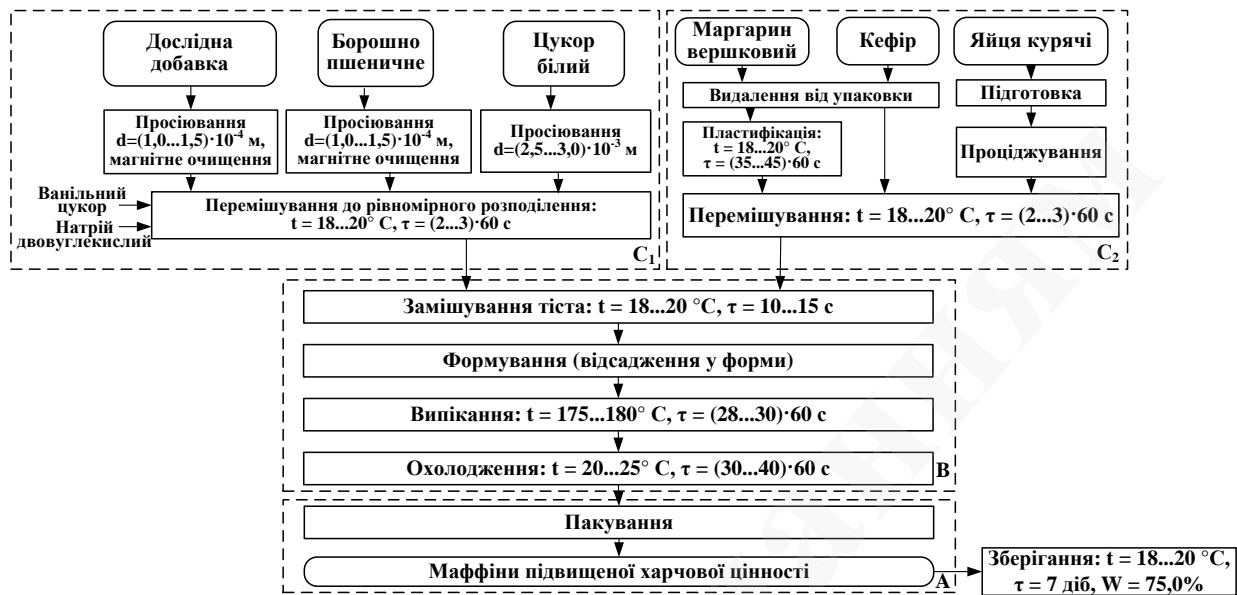


Рис. 5. Технологічна схема виробництва маффінів з дослідними добавками

Переваги запропонованої технології полягають у використанні натуральної сировини та відсутності синтетичних харчових добавок. Використання продуктів переробки зародків пшениці та бурякового жому дозволяє отримати маффіни високої харчової цінності при збереженні гарної якості.

4. Висновки

У ході дослідження за допомогою математичного моделювання рецептурного складу маффінів визначено, що оптимальною кількістю бурякових волокон є 15,0 %, шроту зародків пшениці – 50,0 %, а кількість цукру зменшена на 30,0 %. Додавання дослідних добавок сприяє покращенню органолептичних показників та фізико-хімічних характеристик маффінів. Крім того, у виробі підвищується вміст таких харчових волокон як целюлоза, геміцелюлози, пектинові речовини, а також поліфенольних сполук, магнію, кальцію, натрію, фосфору та калію.

Вдосконалена технологія маффінів відрізняється від традиційних технологій використанням натуральної сировини, відсутністю харчових добавок синтетичного походження.

Література

1. Rahman, R., Hiregoudar, S., Veeranagouda, M., Ramachandra, C. T., Kammar, M., Nidoni, U., Roopa, R. S. (2015). Physico-chemical, textural and sensory properties of muffins fortified with wheat grass powder. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 28 (1), 79–82.
2. Dizlek, H. (2015). Effects of Amount of Batter in Baking Cup on Muffin Quality. *International Journal of Food Engineering*, 11 (5), 629–640. doi: <http://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0066>
3. Ureta, M. M., Olivera, D. F., Salvadori, V. O. (2014). Quality Attributes of Muffins: Effect of Baking Operative Conditions. *Food and Bioprocess Technology*, 7 (2),

463–470. doi: <http://doi.org/10.1007/s11947-012-1047-7>

4. Saulsbury, C., Rose, R. (2010). *750 Best Muffin Recipes: Everything from Breakfast Classics to Gluten-Free, Vegan and Coffeehouse Favorites*. Incorporated, 512.

5. Ortega-Heras, M., Gómez, I., de Pablos-Alcalde, S., González-Sanjosé, M. L. (2019). Application of the Just-About-Right Scales in the Development of New Healthy Whole-Wheat Muffins by the Addition of a Product Obtained from White and Red Grape Pomace. *Foods*, 8 (9), 419. doi: <http://doi.org/10.3390/foods8090419>

6. Żbikowska, A., Kupiec, M., Szymanska, I., Osytek, K., Kowalska, M., Marciniak-Lukasiak, K., Rutkowska, J. (2020). Microbial β -glucan Incorporated into Muffins: Impact on Quality of the Batter and Baked Products. *Agriculture*, 10 (4), 126. doi: <http://doi.org/10.3390/agriculture10040126>

7. Weinstein, B., Scarbrough, M. (2012). *The Ultimate Muffin Book: More Than 600 Recipes for Sweet and Savory Muffins*. London: HarperCollins, 272.

8. Nilsson, M. (2019). *Röstbaserade Instruktioner-Vad som krävs för att göra sig förstådd*. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1481703&dswid=-7703>

9. Dorokhovich, A. N., Liman, N. P. (2009). Maffin – novii vid muchnykh konditerskikh izdelii na rynke Ukrainy. *Produkty i ingredienty*, 10, 12–13.

10. Bhaduri, S., Mukherjee, A. K. (2016). Rheology of Muffin Batters by Line Spread Test and Viscosity Measurements. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 5 (9), 325–329. doi: <http://doi.org/10.19070/2326-3350-1600058>

11. Ghinea, C., Leahu, A., Prisacaru, A. E., Cojocaru, M., Ladariu, V. (2019). Physico-chemical and sensory analyzes of muffins obtained with almond flour and coconut oil. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 19 (6.3), 165–172.

12. Tufeanu, R. E., Tița, M. A., Tița, O. (2018). Muffins Obtained with Some Vegetal Powders as Fat Replacers. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Animal Science and Biotechnologies*, 75 (1), 21. doi: <http://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:000317>

13. Samokhvalova, O. V., Oleinik, S. G., Kasabova, K. R., Bolkhovitina, E. I., Stepankova, G. V. (2020). Perspektivy ispolzovaniia novykh istochnikov pischevykh volokon v tekhnologii muchnykhkonditerskikh izdelii. *Kadry dlia APK*. Belgorod: ID«BelGU» NIU «BelGU», 301.

14. Tan, C., Wei, H., Zhao, X., Xu, C., Peng, J. (2017). Effects of dietary fibers with high water-binding capacity and swelling capacity on gastrointestinal functions, food intake and body weight in male rats. *Food & Nutrition Research*, 61 (1), 1308118. doi: <http://doi.org/10.1080/16546628.2017.1308118>

15. Samokhvalova, O. V., Kasabova, K. R. (2012). *Tekhnichni umovy 10.7-01566330-272:2012. Vyroby kondyterski boroshniani z kharchovymy voloknamy*. Vved. 05.07.2012. Kharkiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 21.