

УДК 664.681 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(38\)09](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(38)09)

Mykhailo KRAVCHENKO Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Technologies and Organization of Restaurant Business
E-mail: m.kravchenko@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1425-563X of Kyiv National University of Trade and Economics 19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Olha ROMANOVSKA Senior lecturer at the Department of Technologies and Organization of Hotel and Restaurant Business Chernivtsi Institute of Trade and Economics
E-mail: romaolga35@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4027-560X of Kyiv National University of Trade and Economics Tsentralna Square, 7, Chernivtsi, 58002, Ukraine

Tetiana MARUSYAK Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Associate professor at the Department of Technologies and Organization of Hotel and Restaurant Business Chernivtsi Institute of Trade and Economics
E-mail: pp.tatjana@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1648-0016 of Kyiv National University of Trade and Economics Tsentralna Square, 7, Chernivtsi, 58002, Ukraine

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІСКВІТНОГО ТІСТА З БОРОШНОМ ЗІ СПЕЛЬТИ

Наведено результати досліджень реологічних властивостей бісквітного тіста із сумішшю борошна пшеничного вищого сорту та борошна зі спельти. Проаналізовано показники збитості та стійкості бісквітного тіста з різним вмістом борошна зі спельти, доведено перспективність його використання в технологіях бісквітних виробів.

Ключові слова: спельта, білок, бісквіт, реологія, збитість, стійкість, в'язкість.

Постановка проблеми. Сьогодні достатньо чітко простежується тенденція щодо створення інноваційних борошняних кондитерських виробів, зокрема бісквітів. Бісквітні вироби належать до висококалорійних харчових продуктів, що і зумовлює створення нових видів продукції з підвищеним вмістом білка, харчових волокон, вітамінів, мінеральних елементів і простих вуглеводів.

Для виробництва якісних бісквітів використовують пшеничне борошно зі слабкою клейковиною або клейковиною середньої якості.

Вчені, які займаються проблемою підвищення якості борошняних кондитерських виробів і вдосконаленням наявних технологій, пропонують додавати до рецептури тіста різноманітну нетрадиційну сировину, зокрема цільнозмелене борошно зі спельти (*Triticum aestivum L.*), що, на наш погляд, є актуальним [1].

Традиційно борошно спельти використовується під час виробництва хлібобулочних, макаронних виробів, що зумовлено придатністю рослини для низьковитратного землеробства та деякими її харчовими

© Mykhailo Kravchenko, Olha Romanovska, Tetiana Marusyak, 2021

і технологічними властивостями. Дослідники зазначають, що з борошна спельти відмивається від 30 до 50 % клейковини, яка за якістю поступається клейковині з борошна пшеничного вищого сорту і характеризується як слабка [2].

Бісквітне тісто має піноподібну структуру, тому його важливими технологічними показниками є стійкість і в'язкість. Реологічні характеристики щільно пов'язані з внутрішньою структурою бісквітного тіста. Його стабільність зумовлена в'язкістю вихідної суміші, що, за умови фіксованої температури (20–25 °С), залежить від кількості сухих речовин, наявності вологозв'язувальних рецептурних компонентів (борошно, крохмаль), концентрації цукру тощо. Тому необхідно регулювати реологічні властивості бісквітного тіста залежно від рецептури, яка б уможливила отримати готові вироби високої якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені В. І. Дробот, А. Б. Семенова, Л. А. Михонік [3] рекомендують використовувати борошно зі спельти у технології бісквітів. За технологічними показниками якості воно містить 32 % клейковини, яка за своїми властивостями менш пластична, більш розтяжна, має меншу гідратаційну здатність (151 %) [4].

Цінність борошна для виробництва бісквітів визначається його хімічним складом – вмістом білка, поліненасичених жирних кислот, мінеральних елементів, вітамінів. Завдяки вищому вмісту білка у борошні зі спельти відповідно і вищий вміст амінокислот. Білки такого борошна лімітовані за лізином і треоніном, однак мають вищі показники амінокислотного скору за лейцином, ізолейцином та сумою тирозину і фенілаланіну [5].

Вплив борошна зі спельти на зміни реологічних властивостей борошняних кондитерських виробів висвітлено в численних публікаціях закордонних та вітчизняних вчених, зокрема [6–8].

Науковцями досліджено реологічні властивості цукрового печива із повною заміною борошна пшеничного на борошно зі спельти. Встановлено, що тісто для печива більш стійке до механічної обробки, ніж із пшеничним борошном, завдяки високому вмісту харчових волокон у спельтовому борошні [6].

Крім того, проведено оцінку якості кексу та бісквіта з використанням борошна зі спельти вченими Уманського національного університету садівництва. Зазначено позитивний вплив дослідження завдяки зниженню в'язкості тіста, що уможливорює стабілізувати його структуру й отримати готові вироби з більш питомим об'ємом і пористістю [7].

Також групою дослідників розроблено рецептуру бісквітного напівфабрикату "Екзотик" із борошном зі спельти органічним та іншими інгредієнтами, який продемонстрував високі органолептичні властивості та підвищену харчову й енергетичну цінність [8].

Аналізом сучасних наукових джерел встановлено, що удосконалення наявних технологій бісквітів спрямоване переважно на використання різної нетрадиційної сировини з метою регулювання поживної цінності та реологічних властивостей бісквітного тіста під час виробництва й випікання [9–13].

За результатами наведених досліджень визначено, що додаванням спельтового борошна можна змінити стійкість системи, тому необхідно вивчити реологічні властивості модельних композицій бісквітного тіста з різною концентрацією борошна зі спельти.

Саме тому *метою роботи* є дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста із суміші борошна пшеничного вищого сорту та борошна зі спельти у різних співвідношеннях.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – тісто для бісквіта основного та модельні композиції із заміною 10, 20, 30, 40, 50 % борошна пшеничного вищого сорту (БПВС) на борошно зі спельти (БС).

Дослідження проведено на ротаційному віскозиметрі "Реотест-2" на системі циліндрів S, S_3 за температури 20 °C [14].

Напругу зсуву (τ_r) розраховано за формулою:

$$\tau_r = z \cdot a,$$

де z – константа циліндра, дин/см²;

a – значення поділки шкали на приладі.

Ефективну в'язкість (η) визначено за формулою:

$$\eta = \tau_r : D_r \cdot 100,$$

де η – ефективна в'язкість, Па · с;

τ_r – напруга зсуву, дин/см²;

D_r – швидкість зсуву, сек⁻¹.

Збитість бісквітного тіста встановлено як відношення об'єму яєчно-цукрової суміші після збивання до об'єму після внесення борошняної суміші та перемішування протягом 15 с (%).

Стійкість бісквітного тіста з додаванням борошняних сумішей визначено як відношення висоти піни після витримання протягом 15 · 60 с за температури 18–20 °C до загальної висоти стовпа піни зразка, вираженої у відсотках.

Результати дослідження. Встановлено ефективну в'язкість тіста для бісквіта основного за різних зсувних деформацій залежно від співвідношення БПВС та БС (рис. 1 і 2). За отриманими даними щодо кривих течії тіста для бісквіта основного за вмістом БС від 10 до 50 % у всіх зразках виявлено (див. рис. 1) зниження в'язкості зі збільшенням швидкості зсуву, що добре узгоджується з відомими науковими працями [9–13] та дає змогу віднести цю полідисперсну систему до неньютонівських рідин.

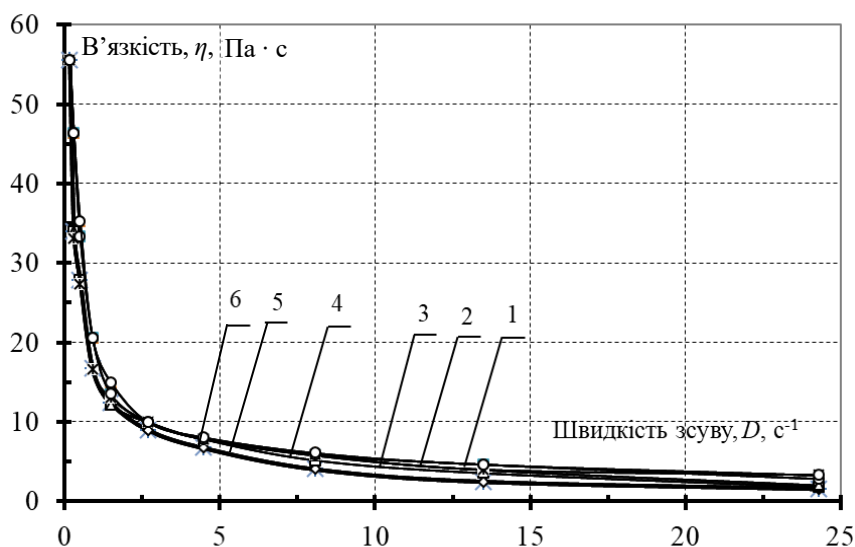


Рис. 1. В'язкість бісквітного тіста на основі сумішей (БПВС : БС):
1 – контроль; 2 – 10 : 90; 3 – 20 : 80; 4 – 30 : 70; 5 – 40 : 60; 6 – 50 : 50

Згідно з представленими результатами визначено загальну тенденцію, яка полягає у зменшенні в'язкості бісквітного тіста для досліджуваних зразків залежно від швидкості зсуву відносно контролю. Так, за вивчених зсувних деформацій від 0.167 до 24.3 с^{-1} в'язкість бісквітного тіста контрольного зразка зменшується з 55.50 до $3.26 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Заміна борошна пшеничного на борошно зі спельти у кількості від 10 до 50 % сприяє зменшенню в'язкості бісквітного тіста з 55.50 до $1.55 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Під час аналізу залежності ефективної в'язкості тіста для бісквіта основного від вмісту БС за фіксованої швидкості зсуву 24.3 с^{-1} (див. рис. 2) з'ясовано, що в межах 0–30 та 30–50 % заміни борошна пшеничного на БС спостерігається різна інтенсивність зниження в'язкості. Так, у першому інтервалі зменшення в'язкості відбувається на 38.3 % (з 3.26 до $2.01 \text{ Па} \cdot \text{с}$), а в другому – на 52.4 % (з 2.01 до $1.55 \text{ Па} \cdot \text{с}$) проти контролю.

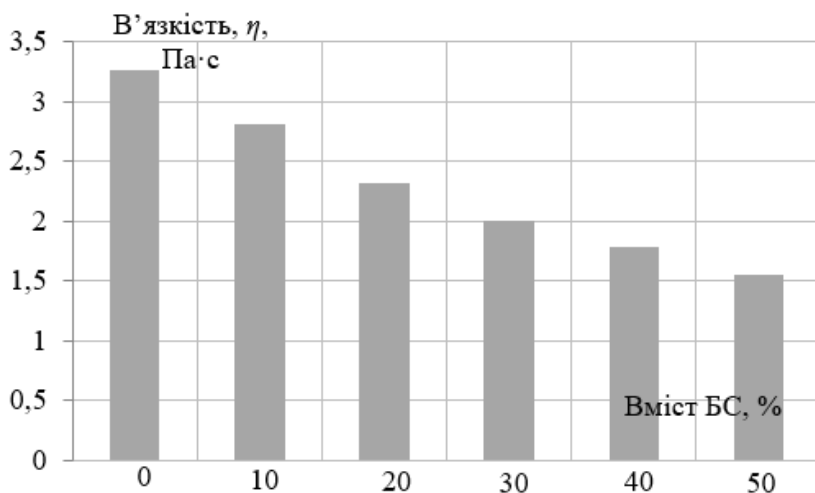


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості тіста для бісквіта основного від вмісту БС за швидкості зсуву 24.3 с^{-1}

Отже, в'язкість бісквітного тіста з додаванням борошняних сумішей у концентрації БС від 40 до 50 % зменшується повільніше, ніж це спостерігалось із концентрацією його від 10 до 30 %, що свідчить про більш стабільну систему досліджуваних зразків. Зниження в'язкості відбувається внаслідок зменшення вмісту клейковини у борошняних сумішах. Клейковина БС не здатна утворювати стійкий каркас у вигляді сітки, що є позитивною властивістю в технології бісквітів. Саме це сприятиме збільшенню питомого об'єму та пористості випечених бісквітних напівфабрикатів, що підтверджено проведеним пробним випіканням.

Відомо, що чим більший об'єм бісквітного тіста утворюється з однакового об'єму яєчно-цукрової суміші, тим більші будуть пухирці повітря в системі, а тісто – менш стійким. Ґрунтуючись на експериментальних даних, отриманих під час лабораторних відпрацювань, досліджено структурні характеристики бісквітного тіста, а саме збитість і стійкість (таблиця).

Структурні характеристики бісквітного тіста

Показник	Одиниця вимірювання	Бісквіт основний (контроль)	Вміст БС у бісквітному тісті, %				
			10	20	30	40	50
Об'єм дисперсійного середовища*	см ³	167	167	167	167	167	167
Об'єм піни		246	255	264	283	295	298
Об'єм повітряної фази		79	82	85	91	95	96
Об'ємна концентрація повітря в піні	%	36.1	36.8	37.8	39.4	40.6	40.9
Збитість бісквітного тіста		165	167	169	155	157	159

* Об'єм незбитої рецептурної суміші для бісквітного тіста.

Як видно з отриманих даних, використання борошна зі спельти зумовлює збільшення об'єму тіста на 21.1 % внаслідок збільшення об'єму повітряної фази.

Дослідженням залежності збитості бісквітного тіста від вмісту спельтового борошна встановлено, що заміна борошна пшеничного на БС у кількості від 10 до 50 % викликає зростання цього показника на 1.2–3.6 % відносно контролю.

Під стійкістю бісквітного тіста прийнято розуміти здатність дисперсійного середовища протягом певного часу незмінно зберігати свої основні властивості: дисперсність пухирців повітря, об'ємну концентрацію повітря, об'єм бісквітного тіста в цілому. Дослідження стійкості бісквітного тіста на основі сумішей БПВС та БС наведено на *рис. 3*.

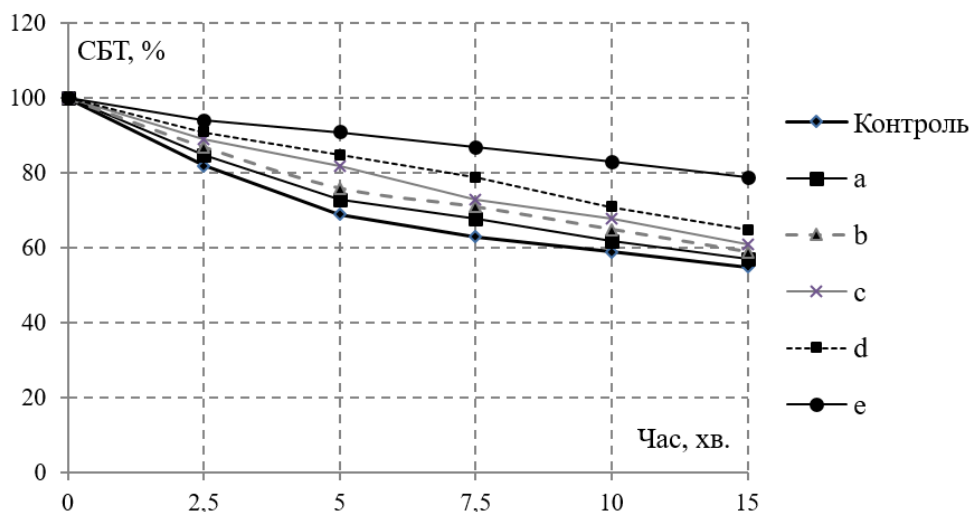


Рис. 3. Стійкість бісквітного тіста на основі борошняних сумішей (БПВС : БС: *a* – 90 : 10; *b* – 80 : 20; *c* – 70 : 30; *d* – 60 : 40; *e* – 50 : 50)

Аналізуючи стійкість бісквітного тіста, можна стверджувати, що застосування борошняної суміші у кількості БС від 10 до 50 % зумовлює збільшення цього показника на 3.6–43.6 % відносно контрольного зразка. Ймовірно, це пов'язано з високим вмістом харчових волокон, зокрема клітковини та білків, які здатні утримувати більшу кількість води, ніж крохмаль, вміст якого у борошні зі спельти менший за борошно пшеничне вищого сорту.

Висновки. Використання борошна зі спельти у складі бісквіта основного сприяє зниженню в'язкості, проте підвищується збитість та стійкість бісквітного тіста, що є позитивним стосовно наступного формування та випікання.

Перспективою подальших досліджень є визначення раціональної концентрації борошна зі спельти та розроблення рецептури бісквітів підвищеної харчової цінності з метою забезпечення організму людини корисними нутрієнтами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна із заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2018. 146 с.
2. Єремеева О. А., Харченко Є. І., Ткаченко Г. В., Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці м'якої з додаванням пшениці спельти. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 84-92.
3. Дробот В. І., Семенова А. Б., Михонік Л. А. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Хранение и переработка зерна*. 2014. № 4. С. 37-39.

4. Жигунов Д. О., Волошенко О. С., Хоренжий Н. В. Порівняльне дослідження показників якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна вітчизняного виробництва. *Зернові продукти і комбікорми*. 2018. № 18. С. 15-20.
5. Peressini D., Braunstein D., Page J. H., Strybulevych A., Lagazio C., Scanlon M. G. Relation between ultrasonic properties, rheology and baking quality for bread doughs of widely differing formulation. *J Sci Food Agric*. 2017. Vol. 97. P. 2366-2374.
6. Sobczyk A., Pycia K., Stankowskib S., Jaworska G., Kuzniar P. Evaluation of the rheological properties of dough and quality of bread made with the flour obtained from old cultivars and modern breeding lines of spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). *Journal of Cereal Science*. 2017. N 77. P. 35-41.
7. Господаренко Г. Н., Любич В. В., Полянецька І. О., Новіков В. В. Формування якості кондитерських виробів із борошна пшениць різних сортів і ліній. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 102-110.
8. Ткаченко А. С., Сирохман І. В., Лозова Т. М., Офіленко Н. О., Горячова О. О., Хмельницька Є. В. та ін. Розроблення рецептур бісквітів з органічної сировини із застосуванням принципів системи управління безпечністю харчових продуктів. URL: <file:///D:/Document/Downloads/155775-Article%20Text-344398-1-10-20190227.pdf>.
9. Красина И. Б., Хандамова Т. С., Ткачева Ю. Н. Разработка технологии функционального бисквита с применением пищевых волокон. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 1 (26). С. 8-12.
10. Лісовська Т. О., Чорна Н. В., Дьяков О. Г. Дослідження реологічних властивостей бісквітного тіста з використанням екструдованого кукурудзяного борошна. *Вост.-Европейский журн. передовых технологий*. 2016. № 2 (11). С. 19-23.
11. Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing under utilized jering (*Pithecellobium muringa* Jack.) legume flour. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429216300165>.
12. Effect of Mixing Period and Additives on the Rheological Characteristics of Dough and Quality of Biscuits. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521096900818>.
13. Кравченко М., Романовська О. Вплив борошна "Здоров'я" на реологічні характеристики клейковини борошняних сумішей. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. 2016. № 1 (21). С. 177-184.
14. Левіт І. Б., Сукманов В. О., Афенченко Д. С. Реологія харчових продуктів: підручник. Полтава: ПУЕТ, 2015. 540 с.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2021.

Kravchenko M., Romanovska O., Marusiak T. Rheological properties of biscuits dough with spelt flour.

Background. The analysis of modern literature sources shows that the improvement of existing biscuit technologies is aimed primarily at the use of various non-traditional raw materials to regulate the nutritional value and increase the stability of sponge dough during production and baking. Thus, the production of biscuits from spelt flour is one of the most promising areas of its use, as it meets the technological properties of this type of product.

The aim of the work is to study the rheological properties of sponge dough from a mixture of premium wheat flour and spelt flour.

Materials and methods. The object of the study is the dough for the main biscuit and with the replacement of 10, 20, 30, 40, 50 % of high-grade wheat flour (HGWF) with spelt flour (SF).

The study was performed on a rotary viscometer *Reotest-2* on a system of cylinders S_1, S_3 at a temperature of 20 °C.

Shear stress and viscosity are calculated by formulas for the corresponding values of shear rate.

The whipping of the sponge dough was defined as the ratio of the volume of the egg-sugar mixture after beating to the volume of the mixture after adding the flour mixture and stirring for 15 c (%).

The stability of the sponge dough (SSD) with the addition of flour mixtures was determined as the ratio of the height of the foam after aging for 15 · 60 c at a temperature of 18–20 °C to the total height of the foam column of the sample, expressed as a percentage.

Results. The study found a general trend to reduce the viscosity of sponge dough for test specimens depending on the shear rate relative to control. Thus, for the studied shear deformations from 0.167 c⁻¹ to 24.3 c⁻¹, the viscosity of the sponge dough of the control sample decreases from 55.50 to 3.26 Pa · c. Replacing wheat flour with spelt flour in the amount of 10 to 50 % helps to reduce the viscosity of sponge dough from 55.50 to 1.55 Pa · c.

When studying the dependence of the effective viscosity of the dough for the main biscuit on the content of SF at a fixed shear rate of 24.3 c⁻¹, two areas were identified – in the range of 0–30 and 30–50 % replacement of wheat flour for SF, for which there is a different intensity of viscosity reduction: by 38.3 and 2.4%, respectively.

The increase in the stability of sponge cake dough by 3.6–43.6% in the studied samples with respect to control was due to the addition of spelt flour.

Conclusion. The use of spelt flour in the composition of the main sponge cake helps to reduce the viscosity, but increases the whipping and stability of the biscuit dough, which is positive for the subsequent molding and baking.

Keywords: spelt, protein, biscuit, rheology, whipping, stability, viscosity.

REFERENCES

1. Simakova, O. O., & Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnih tehnologij vyrobiv z boroshna iz zadanyimi vlastyivostjamy [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties]*. Kryvyj Rig: DonNUET [in Ukrainian].
2. Jeremejeva, O. A., Harchenko, Je. I., Tkachenko, G. V., & Ljubyh, V. V. (2020). Hlibopekars'ki vlastyivosti zerna pshenyци m'jakoi' z dobavljannjam pshenyци spel'ty [Baking properties of soft wheat grain with the addition of spelt wheat]. *Naukovi praci instytutu bioenergetychnyh kul'tur i cukrovyh burjakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*. (Issue 28), (pp. 84-92) [in Ukrainian].
3. Drobot, V. I., Semenova, A. B., & Myhonik, L. A. (2014). Porivnjal'na harakterystyka himichnogo skladu ta tehnologichnyh vlastyvostej sucil'nozmelenogo pshe-nychnogo boroshna ta boroshna spel'ty [Comparative characteristics of the chemical composition and technological properties of whole wheat flour and spelt flour]. *Hranenye y pererobotka zerna – Storage and processing of grain*, 4, 37-39 [in Ukrainian].
4. Zhygunov, D. O., Voloshenko, O. S., & Horenzhyj, N. V. (2018). Porivnjal'ne dosli-dzhennja pokaznykiv jakosti cil'nozernovogo pshe-nychnogo ta spel'tovogo boroshna vitczyznjanogo vyrobnyctva [Comparative study of quality indicators of whole wheat and spelt flour of domestic production]. *Zernovi produkty i kombikormy – Grain products and compound feeds*, 18, 15-20 [in Ukrainian].

5. Peressini, D., Braunstein, D., Page, J. H., Strybulevych, A., Lagazio, C., & Scanlon, M. G. (2017). Relation between ultrasonic properties, rheology and baking quality for bread doughs of widely differing formulation. *J Sci Food Agric.* (Vol. 97), (pp. 2366-2374) [in English].
6. Sobczyk, A., Pycia, K., Stankowskib, S., Jaworska, G., & Kuzniar, P. (2017). Evaluation of the rheological properties of dough and quality of bread made with the flour obtained from old cultivars and modern breeding lines of spelt (*Triticum aestivum*ssp. *spelta*). *Journal of Cereal Science*, 77, 35-41 [in English].
7. Gospodarenko, G. N., Ljubych, V. V., Poljanec'ka, I. O., & Novikov, V. V. (2017). Formuvannja jakosti kondyters'kyh vyrobiv iz boroshna pshenyc' riznyh sortiv i liniy [Formation of quality of confectionery products from wheat flour of different grades and lines]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva – Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 102-110 [in Ukrainian].
8. Tkachenko, A. S., Syrohman, I. V., Lozova, T. M., Ofilenko, N. O., Gorjachova, O. O., Hmel'nyc'ka, Je. V. et al. Rozroblennja receptur biskvitiv z organichnoi' syrovyny iz zastosuvannjam pryncypiv systemy upravlinnja bezpechnistju harchovyh produktiv [Development of recipes for biscuits from organic raw materials using the principles of the food safety management system]. Retrieved from file:///D:/Document/Downloads/155775-Article%20Text-344398-1-10-20190227.pdf [in Ukrainian].
9. Krasina, I. B., Handamova, T. S., & Tkacheva, Ju. N. (2014). Razrabotka tehnologii funkcional'nogo biskvita s primeneniem pishhevyh volokon [Development of functional biscuit technology with the use of dietary fiber]. *Harchova nauka i tehnologija – Food science and technology*, 1 (26), 8-12 [in Russian].
10. Lisovs'ka, T. O., Chorna, N. V., D'jakov, O. G. (2016). Doslidzhennja reologichnyh vlastyvostej biskvitnogo tista z vykorystannjam ekstrudovanogo kukurudzjanogo boroshna. *Vost.-Evropejskyj zhurn. peredovyh tehnologij – Eastern-European Journal of Advanced Technologies*, 2 (11), 19-23 [in Ukrainian].
11. *Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing under utilized jering (Pithecellobiu mjiringa Jack.) legume flour.* Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429216300165> [in English].
12. *Effect of Mixing Period and Additives on the Rheological Characteristics of Dough and Quality of Biscuits.* Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521096900818> [in English].
13. Kravchenko, M., & Romanovs'ka, O. (2016). Vplyv boroshna "Zdorov'ja" na reologichni harakterystyky klejkovyny boroshnjanyh sumishej [Influence of "Zdorovyia" flour on the rheological characteristics of gluten in flour mixtures]. *Mizhnarodnyj naukovo-praktychnyj zhurnal "Tovary i rynky" – International Scientific and Practical Journal "Commodities and Markets"*, 1 (21), 177-184 [in Ukrainian].
14. Levit, I. B., Sukmanov, V. O., & Afenchenko, D. S. (2015). *Reologija harchovyh produktiv [Rheology of food products]*. Poltava: PUET [in Ukrainian].