

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ТА ЯКІСТЬ ХЛІБА ЗІ СПЕЛЬТОВОГО БОРОШНА

Науменко О. В., д.т.н., с.н.с., зав. відділом
ORCID 0000-0002-1691-1381

Полонська Т. А., к.т.н., с.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-9642-358X

Гетьман І. А., м.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-9448-9956

Бєла Н. І., пров. фах.
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-3024-9486

Королюк К. Є., к.т.н., с.н.с.
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-5321-6177

Богдан Г. С., заступник зав. відділом
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна
ORCID 0000-0002-0572-7423

відділ хлібопекарного та борошномельно-круп'яного виробництва
Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-14>

Стаття присвячена дослідженню параметрів та режимів технологічного процесу виробництва хліба високої якості з використанням спельтового борошна. Досліджено показники якості спельтового борошна різної сортності основних виробників України. Висвітлено результати досліджень структурно-механічних властивостей спельтового борошна різної сортності у порівнянні з пшеничним на приладі «Miholab». За індексом замісу спельтове борошно цілнозернове потребувало більшого часу для утворення тіста необхідної консистенції та, відповідно, тістова система була більш міцною та стійкою до механічних впливів (5,54 хв проти 4,20 хв для пшеничного борошна), що зумовлено хімічним складом борошна. За рахунок збільшеної кількості харчових волокон, спельтове борошно цілнозернове мало водопоглинальну здатність більшу на 2,3% порівняно з пшеничним борошном вищого сорту. Під час нагрівання спельтове борошно вищого сорту та цілнозернове розріджувались менше порівняно з пшеничним, що пов'язано з нижчою амілолітичною активністю. Досліджено вплив спельтового борошна у сумішах з пшеничним борошном на параметри технологічного процесу та якості готового хліба. Хліб тільки зі спельтового борошна цілнозернового мав питомий об'єм менший на 33,2% порівняно з хлібом із суміші пшеничного борошна першого сорту та спельтового борошна цілнозернового (70:30). Хліб із суміші спельтового та пшеничного борошна мав більшу пористість на 14,5% порівняно з хлібом тільки зі спельтового борошна, вона була більш розвиненою, рівномірною, тонкостінною. Проведено порівняльну оцінку різних способів тістоприготування та розроблено технологічний регламент виробництва хліба з використанням спельтового борошна. Встановлено ефективність використання спельтового борошна у технології пшеничних сортів хліба.

Ключові слова: спельтове борошно, технологічні фактори, показники якості, хлібобулочні вироби, показники якості

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROCESS OF PRODUCTION AND QUALITY OF BREAD FROM SPELT FLOUR

*Naumenko Oksana, D-r of Sciences, Engineering, Senior Researcher,
Head of Department of Bakery and Flour-and-Cereals Production
ORCID 0000-0002-1691-1381*

*Polonska Tetiana, PhD, Engineering, Senior Researcher
ORCID 0000-0002-9642-358X*

*Hetman Inna, Junior Researcher
ORCID 0000-0002-9448-9956*

*Bela Nataliia, Chief Specialist
ORCID 0000-0002-3024-9486*

*Koroliuk Kostiantyn, PhD, Engineering, Senior Researcher
ORCID 0000-0002-5321-6177*

*Bohdan Halyna, Deputy Head of Department,
Department of Bakery and Flour-and-Cereals Production
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-0572-7423*

<https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-14>

The article is devoted to the research of the parameters and modes of technological process of high quality bread production using spelt flour. The quality indicators of spelt flour of the main producers' of Ukraine of different grades are investigated. The results of research of structural and mechanical properties of spelt flour of different grade in comparison with wheat on the Mixolab device are covered. According to the kneading index, wholemeal spelt flour took longer to dough formation of the required consistency and, accordingly, the dough system was stronger and more resistant to mechanical influences (5,54 min vs. 4.20 min for wheat flour) due to the chemical composition of the flour. Due to the increased amount of dietary fiber, whole grain spelt flour had a water absorption capacity greater by 2,3% compared to high-grade wheat flour. During the heating, higher grade spelt flour and whole grain flour were less diluted than wheat flour, which is associated with lower amylolytic activity. The influence of spelt flour in mixtures with wheat flour on the parameters of the technological process and the quality of finished bread has been studied. Whole-grain spelt flour had a 33,2% lower specific volume of bread made from a mixture of first-grade wheat flour and whole-grain spelt flour (70:30). Bread made of a mixture of spelt and wheat flour had a higher porosity by 14,5% compared to bread made only of spelt flour, it was more developed, uniform, thin-walled. A comparative evaluation of different methods of dough preparation was carried out and technological regulations for bread production using spelt flour were developed. The efficiency of using spelt flour in the technology of wheat bread varieties is established.

Key words: spelt flour, technological factors, quality indicators, bakery products, quality indicators

Постановка проблеми. Важливим напрямом вирішення проблеми підвищення харчового статусу населення нашої країни є розроблення технологій хліба та хлібобулочних виробів з використанням продуктів переробки нетрадиційної зернової сировини: круп'яних культур, високобілкових сортів пшениці та сухої клейковини. Враховуючи, що хліб є продуктом повсякденного харчування, актуальною проблемою хлібопекарської промисловості є розширення його асортименту, що відповідає сучасним вимогам науки про раціональне харчування і здорову їжу [1].

Зазвичай, для виготовлення хліба та хлібобулочних виробів використовують борошно з сучасних сортів голозерних пшениць виду *Triticum aestivum* L., тому що воно має високі

показники врожайності, легке в обробці та володіє високими хлібопекарськими властивостями. Однак, хлібобулочні вироби з борошна традиційних м'яких пшениць незбалансовані за хімічним складом, висококалорійні та містять недостатню кількість есенціальних сполук [2, 3].

Підвищена увага до напівдиких сортів пшениці зумовлена рядом причин, зокрема, придатністю її для низьковитратного землеробства; деякі харчові та технологічні властивості. Спельта стійка до навколишніх факторів, таких як: хвороби та стреси, може вирощуватися на будь-яких ґрунтах, посухостійка, здатна давати кращий врожай, ніж голозерні пшениці; її зерно не доступне шкідникам завдяки наявним жорстким оболонкам. Але основною перевагою цього виду пшениці є підвищена харчова цінність [4, 6, 7].

У борошні спельти, порівняно з пшеничним, більше білків та жирів, натомість менше вуглеводів, моно-, та дицукрів, що зумовлює відмінності в хлібопекарських властивостях цього борошна порівняно з пшеничним. Відповідно, хліб зі спельти поступається пшеничному сортовому за питомим об'ємом та пористістю, а також має меншу формостійкість. Проте хліб зі спельтового борошна характеризується сильним ароматом, приємним смаком та подовженим терміном зберігання свіжості [5].

Отже, використання спельтового борошна є перспективним і актуальним завданням хлібопекарської галузі, та потребує розробки науково-технологічних рішень для його переробки.

Метою роботи є визначення оптимальних параметрів і режимів у технології хліба зі спельтового борошна, що відповідає сучасним вимогам виробництва хліба з нетрадиційної сировини.

Матеріали та методи. Крупність помелу визначали згідно з ГОСТ 27560. Тонкість помелу визначали просіюванням 100 г борошна крізь капронові сита № 35 і 43. При цьому залишок на ситі № 35 був не більше 2%, прохід крізь сито № 43 – щонайменше 75%. Зольність борошна у перерахунку на суху речовину не перевищувала 0,75% [8]. Вплив крупності помелу борошна на тістозамішувальний процес дослідили на приладі Mixolab (Chopin Technologies, Франція).

Для дослідження було обрано 4 зразки борошняної суміші: зразок №1 – борошно спельтове цільнозернове, зразок №2 – суміш пшеничного борошна І сорту (с) і спельтового цільнозернового борошна (70:30), зразок №3 – суміш пшеничного борошна І с і спельтового борошна вищого сорту (в/с) (70:30), зразок №4 – суміш пшеничного борошна І с і пшеничного борошна в/с (70:30).

Тісто готували опарним, безопарним та прискореним способами залежно від умов дослідів. *Опарний спосіб* складався з двох технологічних операцій: приготування опари та приготування на цій опарі тіста. Опару готували з частини всього борошна, води і дріжджів. Пресовані дріжджі вносили у кількості (0,5-1,0)% до маси борошна. Початкова температура бродіння опари становила (28 ± 2) °С, тривалість бродіння опари – (3-3,5) год. При *безопарному способі* замішували тісто за допомогою лабораторної тістомісильної машини (KENWOOD KMM 060). При *прискореному способі* приготування тіста був використаний поліпшувач «Magimix сірий» в кількості 0,3% до маси борошна. Замішували тісто за допомогою лабораторної тістомісильної машини (KENWOOD KMM 060). Після бродіння та поділу сформовані тістові заготовки вистоявали у термостаті за температури (36 ± 2) °С, відносної вологості (75 ± 2) %. Випікали хліб у лабораторній печі за температури $(210-220)$ °С.

Показники якості борошна визначали за ГСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Фізико-хімічні показники якості готових виробів (масову частку вологи, кислотність, пористість) визначали за ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Зі зміною та поправкою».

Результати та їх обговорення. Було визначено крупність помелу борошна спельтового цільнозернового та спельтового в/с трьох виробників: «Зоря України», «Органік Оригінал» та «Зелений млин». Результати досліджень наведено в табл. 1. Як видно з таблиці, всі

досліджувані зразки відповідали вимогам нормативної документації та можуть бути використані у подальших дослідженнях.

Проведено аналіз показників якості досліджуваних зразків борошна (табл. 2).

Таблиця 1

Крупність помелу спельтового борошна різних виробників

№ з/п	Назва борошна	Показник, од. вимірювання	Вимоги НД на продукцію	Результати випробувань
1	Борошно спельтове цільнозернове «Зоря України»	Крупність помелу, %, залишок № 33/36 ПА, не більше	Не обмежується	0,27
		Прохід крізь сито № 41/43 ПА, не менше	35	40,5
2	Борошно спельтове цільнозернове «Органік Оригінал»	Крупність помелу, %, залишок № 33/36 ПА, не більше	Не обмежується	0,26
		Прохід крізь сито № 41/43 ПА, не менше	35	40,2
3	Борошно спельтове цільнозернове «Зелений млин»	Крупність помелу, %, залишок № 33/36 ПА, не більше	Не обмежується	0,29
		Прохід крізь сито № 41/43 ПА, не менше	35	40,8
4	Борошно спельтове в/с «Зоря України»	Крупність помелу, %, залишок № 49/52 ПА, не більше	5	0,5
5	Борошно спельтове в/с «Органік Оригінал»	Крупність помелу, %, залишок № 49/52 ПА, не більше	5	0,5

Таблиця 2

Показники якості спельтового борошна різних виробників

Показник, од. вимірювання	Борошно спельтове цільнозернове, «Зоря України»	Борошно спельтове цільнозернове, «Органік Оригінал»	Борошно спельтове цільнозернове, «Зелений млин»	Борошно спельтове в/с, «Зоря України»	Борошно спельтове в/с, «Органік Оригінал»
Сира клейковина, %	50,8	36,8	50,8	47,2	36,2
ІДК за РЗ-БРЛ, ум. од.	85,0	115,0	105,0	90,0	110,0
Кислотність титрована, град	3,6	3,8	4,0	3,0	3,8
Масова частка вологи, %	12,2	12,8	13,2	12,8	12,5
Водопоглинальна здатність, %	60,0	58,0	60,0	55,0	55,0
Сирий протеїн, %	18,8	15,6	14,9	17,5	14,5
Число падіння, с	150	100	110	175	150

Отримані результати свідчать про те, що спельтове борошно досліджених виробників відповідало вимогам нормативної документації. Встановлено, що найбільше сирої клейковини та сирого протеїну містило борошно цілнозернове виробника «Зоря України», менше всього – борошно «Органік Оригінал». Серед зразків борошна в/с – борошно «Зоря України» мало більше на 11% сирої клейковини та на 3% сирого протеїну, ніж борошно виробника «Органік Україна».

Отже, борошно виробника «Зоря України» мало найкращі показники якості та було застосовано нами у подальших дослідженнях.

На наступному етапі досліджень було проаналізовано вплив крупності помелу борошна на тістозамішувальний процес за допомогою приладу Mixolab. На рис. 1 показано, що за індексом водопоглинальної здатності (ВПЗ) спельтове борошно в/с поступалось пшеничному борошну в/с та спельтовому борошну цілнозерновому, відповідно, на 2 та 5 одиниць за шкалою профілограм. Тобто, спельтове борошно в/с мало меншу на 1,8% ВПЗ порівняно з пшеничним в/с, формування тістової системи при замішуванні подовжувалось на (5-10) хв, а також воно було менш стабільним – 3,29 хв проти 4,20 хв.

Встановлено, що за індексом замісу спельтове борошно цілнозернове потребувало більшого часу для утворення тіста необхідної консистенції порівняно зі спельтовим в/с. Водночас, тістова система була більш міцною та стійкою до механічних впливів (5,54 хв проти 4,20 хв для пшеничного борошна в/с), що зумовлено хімічним складом борошна. За рахунок збільшеної кількості харчових волокон, спельтове борошно цілнозернове мало більшу на 2,3% ВПЗ порівняно з пшеничним борошном в/с. За даними профілограм під час нагрівання спельтове борошно в/с та цілнозернове розріджувались у меншому ступені ніж пшеничне в/с.

Показник ретроградації крохмалю в спельтовому борошні вищий, ніж у пшеничному, що буде впливати на прискорення черствіння готових виробів.

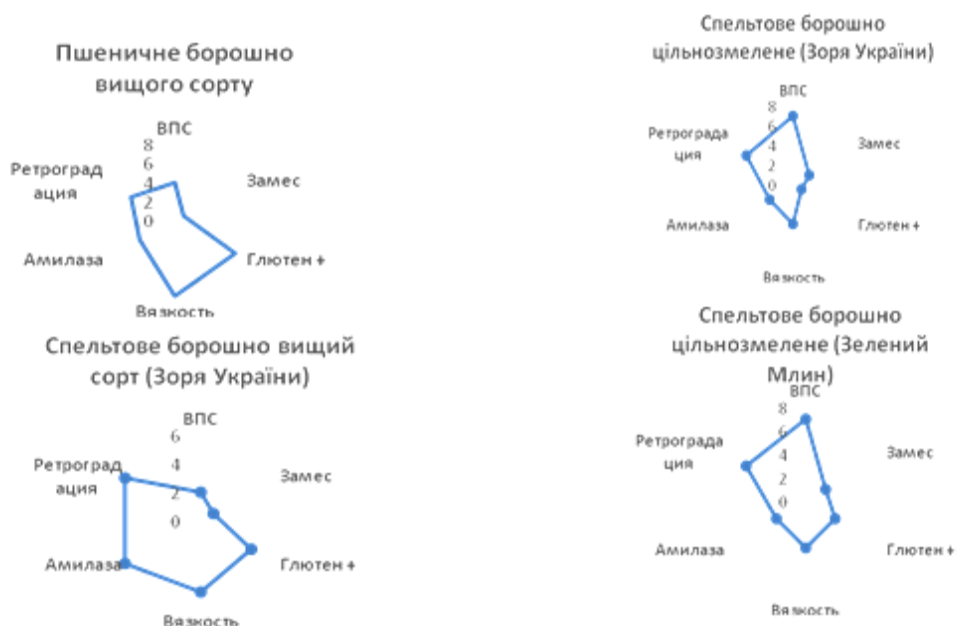


Рис. 1. Профілограми досліджуваних зразків борошна: прилад «Mixolab»

Надалі було досліджено особливості технологічного процесу виробництва та якості хліба зі спельтового борошна, сумішей з пшеничним борошном різних сортів. Результати досліджень наведено в табл. 3, рис. 2.

Встановлено, що хліб зі спельтового борошна цілнозернового (зразок №1) мав менший на 33,2% питомий об'єм порівняно з хлібом, виготовленим із суміші пшеничного борошна І с і спельтового борошна цілнозернового (70:30) (зразок №2). Хліб із сумішей

спельтового і пшеничного борошна (зразки №2, 3) мав більшу на ~25,8% пористість порівняно з хлібом лише зі спельти (зразок №1), вона була більш розвиненою, рівномірною, тонкостінною. Також було визначено, що хліб із суміші пшеничного борошна І с і спельтового борошна в/с (70:30) (зразок №3) мав питомий об'єм більший на 1,3% порівняно з хлібом із суміші пшеничного борошна І с і в/с (70:30) (зразок №4), також зменшився показник пористості м'якушки (рис. 2).

Таблиця 3

Показники якості напівфабрикатів та хліба залежно від складу борошна

Найменування показника	ХЛІБ з:			
	борошна спельтового цільнозерн. (№1)	борошна пшенич. І с і спельтового цільнозерн. (70:30) (№2)	борошна пшенич. І с і спельтового в/с (70:30) (№3)	борошна пшенич. І с і пшенич. в/с (70:30) (№4)
ТІСТО				
Титрована кислотність, град (кінцева)	2,6	2,5	3,5	3,5
ХЛІБ				
Питомий об'єм, см ³ /г	1,67	2,50	2,60	2,65
Пористість, %	60,0	74,5	76,5	77,5
Кислотність, град	3,4	3,5	3,0	3,0
Масова частка вологи, %	47,3	37,5	37,5	37,5

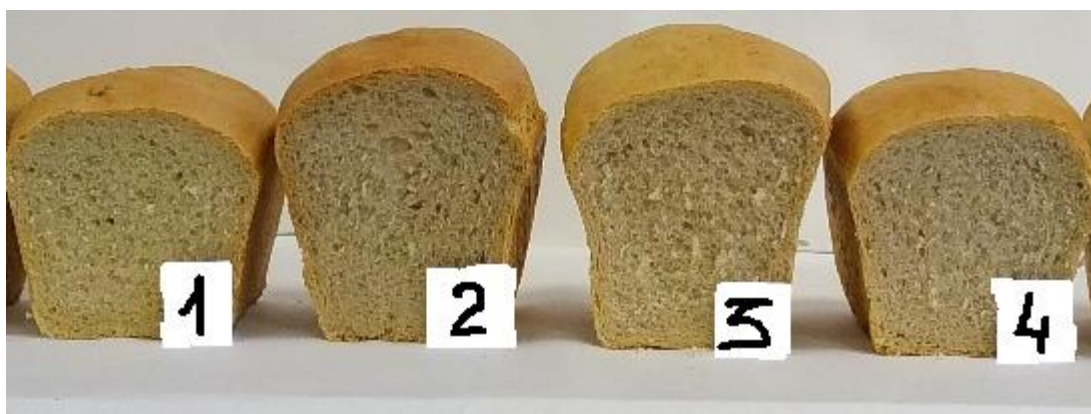


Рис. 2. Готові вироби хліба у розрізі: номери зразків згідно з таблицею 3

Впродовж опрацювання технології виробництва хліба дослідили три способи приготування тіста – опарний (зразок №1), безопарний (зразок №2) та прискорений (зразок №3) (рис. 3).

Аналіз впливу різних способів приготування тіста на технологічний процес та якість хліба з борошна спельти засвідчив ефективність опарного способу замішування тіста. У такому разі м'якушка хліба була еластичною та м'якою; мала дрібні, рівномірно розподілені пори; смак і аромат був інтенсивно виражений, властивий для хліба (рис. 3, зразок №1). Пористість та кислотність хліба відповідали вимогам нормативної документації, а питомий об'єм був вищий у 1,7 та 2,5 разів ніж, відповідно, у зразках № 2 та 3.

При безопарному способі приготування тіста отримали липкий м'якуш, структура м'якуша була не розвинута (рис. 3, зразок №2). Смак та аромат хліба був характерний хлібний, однак недостатньо виражений. Питомий об'єм хліба був найменшим, кислотність була в 2-3 рази менша, ніж в інших зразках.

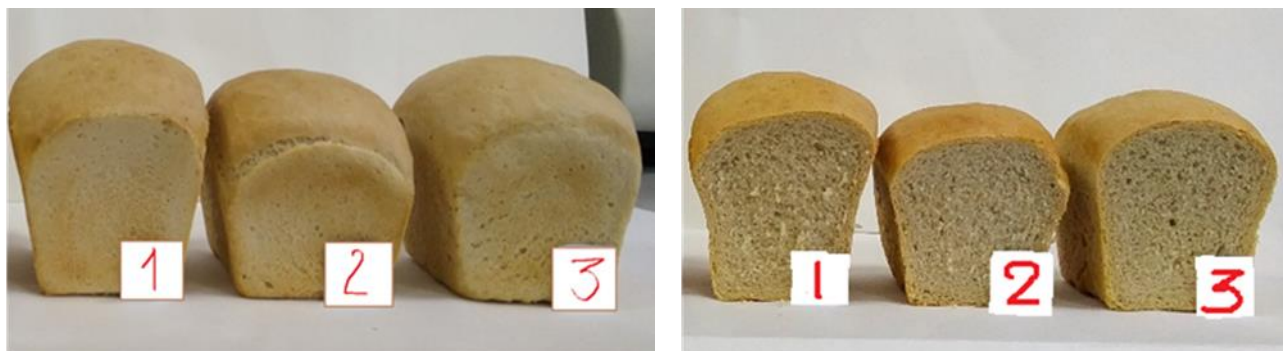


Рис. 3. Готові вироби хліба: хліб цілий та у розрізі.

Показники якості напівфабрикатів та хліба наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Показники якості напівфабрикатів та хліба залежно від способу тісто замішування

Найменування показника	Опарний спосіб №1	Безопарний спосіб №2	Прискорений спосіб №3
ТІСТО			
Масова частка води, %	44,4	40,3	40,0
Кислотність титрована, град	2,8	2,0	1,9
	3,0	2,2	2,3
Температура тіста, °C	31,0	31,4	31,6
ХЛІБ			
Маса, г	198,2	196,3	192,3
Масова частка води, %	44,1	40,6	39,2
Питомий об'єм, см ³ /г	2,7	1,06	1,61
Кислотність, град	2,2	0,85	1,6
Пористість, %	74	62	60

При прискореному способі приготування тіста був використаний поліпшувач «Magimix сірий». Органолептичні та фізико-хімічні показники хліба відповідали вимогам нормативної документації, але хліб швидко черствів.

Висновки. Відомо, що спельтове борошно є цінною сировиною для розроблення виробів з функціональною та оздоровчою дією завдяки його харчовій цінності [5]. Нами встановлено, що спельтове борошно мало суттєві відмінності за хлібопекарськими властивостями залежно від сортності, крім того, воно відрізнялось від пшеничного в/с. Показано, що спельтове борошно різних виробників України відповідало вимогам нормативної документації, а борошно «Зоря України» характеризувалось найвищими фізико-хімічними та біохімічними показниками якості.

Доведено, що використовувати спельтове борошно різної сортності доцільно лише в складі борошняних сумішей. Крім того, аналізуючи різні способи тістоприготування встановлено, що лише опарний спосіб здатний забезпечити відмінну якість виробів зі спельтового борошна.

Бібліографія

1. Дробот В. І., Михонік Л. А., Семенова А. Б., Фалендиш Н. О. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба: моногр. К.: ПрофКнига, 2018. 188 с.
2. Твердохліб О. В., Голік О. В., Нінієва А. К., Богуславський Р. Л. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.
3. Zrcková M., Capouchová I., Konvalina P., Janovská D. Technological quality of minor wheat species from organic farming and possibilities of their use. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2015. №18. P. 142–144.
4. Wieser H. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species I. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. *European Food Research and Technology*. 2000. №211. P. 262–268.
5. Писарець О. П., Бела Н.І. Застосування спельтового борошна в технології пшеничного хліба. 2019. Продовольчі ресурси. № 12. С. 136-141. <https://doi.org/10.31073/foodresources2019-12-15>.
6. Kohajdova Z., Karovicova J. Effect of incorporation of spelt flour on the dough properties and wheat bread quality. *Nauka. Technologia. Jakość*. 2007. № 4 (53). P. 36–45.
7. Phillips G., Williams P. *Handbook of Food Proteins*. Philadelphia: Woodhead Publishing, 2011. 464 p. (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition).
8. Дробот В. І., Арсенєва Л. Ю., Білик О. А. та ін.; за ред. В.І. Дробот. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв: навч. посіб. К.: Центр навч. літ-ри, 2006. 341 с.

References

1. Drobot V, Mykhonik L, Semenova A, Falendish N. (2018) Boroshno starodavnikh pshenyts, produkty pererobky krup'anykh kultur ta shroty u tekhnolohiyi khliba: monohr [Flour of ancient wheat, cereal grain processing and bread crumbs: monograph]. Kyiv: ProfKnyga, 188 p. [in Ukrainian].
2. Tverdokhlib O, Golik O, Ninieva A, Boguslavsky R. (2013) Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi. [Spelt and polb in organic farming]. Posibnyk ukrayinskoho khliboroba [Guide for Ukrainian farmers]. P. 154–155. [in Ukrainian].
3. Zrcková M., Capouchová I., Konvalina P., Janovská D. Technological quality of minor wheat species from organic farming and possibilities of their use. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2015. №18. P. 142–144.
4. Wieser H. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species I. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. *European Food Research and Technology*. 2000. №211. P. 262–268.
5. Pisarets O, Bela N (2019) Zastosuvannya spel'tovoho boroshna v tekhnolohiyi pshenychnoho khliba. [The use of spelled flour in the technology of wheat bread]. Prodovol'chi resursy. [Food resources]. №12. P. 136-141. <https://doi.org/10.31073/foodresources2019-12-15>
6. Kohajdova Z., Karovicova J. (2007). Effect of incorporation of spelt flour on the dough properties and wheat bread quality. *Nauka. Technologia. Jakość*. № 4 (53). P. 36–45.
7. Phillips G. O., Williams P. A. *Handbook of Food Proteins*. Philadelphia: Woodhead Publishing, 2011. 464 p. (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition).
8. Drobot V., Arsenjeva L., Bilyk O. and others. (2006) Laboratornyy praktykum z tekhnolohiyi khlibopekarskoho ta makaronnoho vyrobnytstv : navch. posib. [Laboratory practice of the technology of baking and pasta production: textbook. Kyiv: Centr navch. lit-ry, [Center for Educational Literature] 341 p. [in Ukrainian].