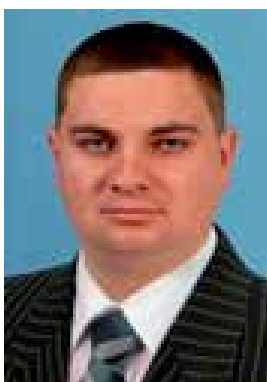


**В. В. Любич**

доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри харчових технологій  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань, Черкаська обл., Україна)  
E-mail: LyubichV@gmail.com

**В. І. Войтовська**

кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувач лабораторії біотехнології  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України  
(м. Київ, Україна)  
E-mail: vvojtovska6@gmail.com

**В. О. Приходько**

кандидат сільськогосподарських наук,  
викладач кафедри агрохімії і ґрунтознавства  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань, Черкаська обл., Україна)  
E-mail: vitaliy.198416@gmail.com

## БІОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ЗЕРНОПРОДУКТІВ РІЗНИХ СОРТІВ СОРИЗУ

Статтю присвячено вивченню вмісту вуглеводів, білка, харчових волокон, жиру, жирних кислот і золи в зерні та борошні різних сортів соризу. У зерні соризу вміст золи та жиру був найнижчим – 1,2–1,8% залежно від сорту. Вміст вуглеводів був найвищим, який змінювався від 77,9 до 82,0%. Вміст крохмалю мав найвищу частку від вуглеводів – 75,8–79,7% залежно від сорту. Вміст білка змінювався від 13,0% у зерні сорту Титан до 14,3% у сорті Факел, що було істотно. Вміст харчових волокон становив 2,50–2,98%. Біохімічна складова борошна соризу або не змінювалась, або була на 1–29% нижчою порівняно із зерном. Так, найвищим був вміст вуглеводів – 77–81,6% залежно від сорту соризу або на 1% нижчим порівняно із зерном. Вміст білка змінювався від 12,4 до 13,6% або нижче на 1–10% порівняно із зерном. Вміст золи та жиру був найнижчим – 1,0–1,5%.

Найбільше 100 г зерна соризу задовольняє біологічну потребу білком – на 21,7–23,8% залежно від сорту. Інтегральний скор для вуглеводів становив 15,6–16,4%. Найменшим цей показник був для жиру – 1,4–1,6%. Добова потреба для харчових волокон змінювалась від 10,0 до 11,9%. Тенденція щодо забезпечення добової потреби була подібною до зерна різних сортів соризу. Інтегральний скор для борошна був лише на 1–7% нижчим порівняно із зерном соризу.

Основною жирною кислотою зерна соризу є олеїнова, вміст якої був найвищим – 0,418–0,428%. Вміст пальмітинової кислоти змінювався від 0,312 до 0,401% залежно від сорту, а вміст пальмітоолеїнової був найнижчим – 0,005%. Вміст стеаринової та лінолевої кислот становив 0,305–0,350%.

Встановлено, що біохімічна складова та вміст жирних кислот у зерні та борошні достовірно змінюється залежно від сорту соризу. Зерно соризу може містити 77,9–82,0% вуглеводів, у т. ч. 75,8–79,7% крохмалю, 13,0–14,3% білка, 2,50–2,98% – харчових волокон, 1,4–1,6% – жиру, 1,0–1,8% золи залежно від сорту. У борошні вміст біохімічних складових на 1–29% нижчий порівняно із зерном. Інтегральний скор для білка найвищий – 21,7–23,8%, а для вуглеводів – 15,6–16,4% залежно від сорту. Частка ненасичених жирних кислот становить 52–58%. Основною жирною кислотою є олеїнова.

**Ключові слова:** сориз, біохімічна складова, жирна кислота, інтегральний скор.

**V. V. Liubych**

Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor at the Department of Food Technologies  
Uman National University of Horticulture (Uman, Cherkasy region, Ukraine)  
E-mail: LyubichV@gmail.com

**V. I. Voitovska**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,  
Head of the Biotechnology Laboratory  
Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
(Kyiv, Ukraine)  
E-mail: vvojtovska6@gmail.com

**V. O. Prykhodko**

Candidate of Agricultural Sciences,  
Lecturer at the Department of Agrochemistry and Soil Science  
Uman National University of Horticulture (Uman, Cherkasy region, Ukraine)  
E-mail: vitality.198416@gmail.com

### **BIOCHEMICAL PROPERTIES AND FATTY ACID CONTENT OF GRAIN PRODUCTS OF DIFFERENT SORIZ VARIETIES**

*The article is dedicated to the research on the content of carbohydrates, protein, dietary fiber, fat, fatty acids and ash in grain and flour of different soriz (*Sorghum oryoidum*) varieties. The content of ash and fat in soriz grain was the lowest – 1.2–1.8% depending on the variety. Carbohydrate content was the highest, varying from 77.9 to 82.0%. Starch content occupied the highest share of carbohydrates – 75.8–79.7% depending on the variety. Protein content varied from 13.0% in the grain of Tytan variety to 14.3% in Fakel variety, which was significant. Dietary fiber content was 2.50–2.98%. The biochemical content of soriz flour either did not change or was 1–29% lower compared to grain. Thus, carbohydrate content was the highest – 77–81.6% depending on soriz variety, or 1% lower compared to grain. Protein content varied from 12.4 to 13.6% or 1–10% lower compared to grain. The content of ash and fat was the lowest – 1.0–1.5%.*

*100 g of soriz grain satisfy most the biological need for protein – by 21.7–23.8% depending on the variety. The integral rate for carbohydrates was 15.6–16.4%. This indicator was the lowest for fat – 1.4–1.6%. The daily requirement for dietary fiber varied from 10.0 to 11.9%. The tendency to provide the daily requirement was similar to the grain of different varieties of soriz. The integral score for flour was only 1–7% lower compared to soriz grain.*

*Oleic acid is the main fatty acid of soriz grain, the content of which was the highest – 0.418–0.428%. Palmitic acid content varied from 0.312 to 0.401% depending on the variety, and palmitoleic acid content was the lowest – 0.005%. The content of stearic and linoleic acid was 0.305–0.350%.*

*It has been established that the biochemical content and content of fatty acids in grain and flour varies significantly depending on soriz variety. Soriz grain can contain 77.9–82.0% of carbohydrates, including 75.8–79.7% of starch, 13.0–14.3% of protein, 2.50–2.98% of dietary fiber, 1.4–1.6% of fat, 1.0–1.8% of ash depending on the variety. The content of biochemical components in flour is 1–29% lower compared to grain. The integral score for protein is the highest – 21.7–23.8%, and for carbohydrates 15.6–16.4% depending on the variety. The proportion of unsaturated fatty acids is 52–58%. The main fatty acid is oleic one.*

**Key words:** soriz, biochemical properties, fatty acids, the integral rate.

**Постановка проблеми.** Сорго – основна культура для значної частини населення напівпустельних тропічних регіонів [1]. Хоча підвищення врожайності та її стабільність має першочергове значення, покращення якості зерна також заслуговує на увагу [2]. Якість зерна сорго визначається низкою чинників, таких як зовнішній вигляд, поживна цінність, включаючи засвоюваність і біодоступність поживних речовин; антикорисні складові; особливості перероблення; якість готових продуктів і прийнятність споживачами [3]. Одним із напрямів застосування зерна соризу є виробництво борошна, оскільки воно може додаватися під час виготовлення багатьох продуктів [4].

Показники якості борошна, які безпосередньо впливають на зовнішній вигляд, смак і текстуру борошняних продуктів, залежать від багатьох чинників, включаючи сорт, умови зберігання та перероблення зерна [5]. Нині якість борошна зазвичай оцінюється вимірюванням біохімічного складу (вміст білка, клейковини, крохмалю, пошкодженого крохмалю тощо), реологічних властивостей тіста (в'язкопружність і розтяжність) або безпосереднім дослідженням властивостей готового продукту [6].

**Аналіз останніх досліджень.** Біологічна цінність і деякі реологічні властивості борошна визначаються його біохімічним складом,

основними складовими якого є крохмаль (близько 70–75%) і білок (близько 10–12%), а меншу кількість містять клітковини (приблизно 2–3%) і ліпіди (приблизно 2%) [7]. Біохімічний склад може впливати на властивості борошна під час замішування тіста (швидкість водопоглинання), утворення сітки клейковини, властивості тіста (твердість, в'язкість, еластичність, розтяжність, пластичність, утримання води тощо) та характеристики приготування (збереження форми, жувальна в'язкість, твердість, усадка тощо) за умови застосування його в сумішах із пшеничним борошном [8; 9].

У дослідженнях [10] показано, що біохімічна складова зерна сорго значно змінюється залежно від особливостей сорту або гібрида. Так, під час аналізування 10 тис. зразків сорго виявлено, що вміст білка може змінюватись від 4,4 до 21,1%. У 160 зразках сорго вміст крохмалю змінювався від 55,6 до 75,2%, нередукованих цукрів – від 0,7 до 4,2%, редукованих – від 0,05 до 0,53%, харчових волокон – від 1,0 до 3,4%, жиру – від 1,1 до 7,6%, золи – від 1,3 до 3,3%. У дослідженнях інших вчених [11] у зерні сорго вміст крохмалю, у середньому по гібридах, становив 79,8%, білка – 12,2%, жиру – 3,7%, золи – 0,68%.

Дослідження біохімічного складу зерна соризу показують, що вміст крохмалю

становить 74,1–82,0%, білка – 12,1–13,0%, цукрів – 0,24–0,37%, ліпідів – 0,1–0,5%, золи – 0,36–2,02%. У зерні соризу переважає фракція білка проламіни (56,0%), а вміст глютеліну становить 22,4%, глобуліну – 7,3 і альбуміну – 6,7% [12]. Про мінливість біохімічної складової зерна та зернопродуктів повідомляється іншими вченими [13; 14].

Борошно сорго є універсальною складовою для застосування його під час виробництва харчових і нехарчових продуктів [15]. Біохімічний склад борошна залежить від особливостей розмелу зерна. Тому окремі біохімічні складові борошна можуть відрізнитись від зерна в більшій або меншій мірі. Так, у борошні соризу вміст крохмалю може бути від 56,9 до 71,9%, вміст білка – від 7,7 до 9,3%, вміст жиру – від 2,9 до 3,8%, вміст золи – від 1,61 до 1,70% залежно від його виду [16]. Про достовірну різницю за вмістом біохімічної складової встановлено в інших дослідженнях [17; 18].

Отже, біохімічна складова зерна та борошна сорго значно змінюється залежно від особливостей сорту або гібрида. Слід відзначити, що в наведених дослідженнях не вивчалось питання біологічної цінності зерна та продуктів його перероблення. Крім цього, дослідження проводили в умовах, які відрізняються від Правобережного Лісостепу. Враховуючи вищезазначене, дослідження особливостей біохімічного складу та визначення біологічної цінності зерна й борошна соризу є актуальними.

**Метою статті** є вивчення питання щодо визначення біохімічних властивостей і жирних кислот у зерні та борошні різних сортів соризу.

**Методика дослідження.** Експериментальну частину роботи виконували в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків в умовах ДП ДГ «Саливонківське». У досліді після пшениці озимої вирощували сорти соризу Самарант

6 (UA), Європа (UA), Факел (UA), Перлина (UA), Кварц (UA), Титан (UA).

Вміст білка, крохмалю, жиру, харчових волокон, золи визначали методом інфрачервоної спектроскопії, використовуючи *Infratec 1241*. Вміст жирних кислот – методом рідинної хроматографії на аналізаторі «Хромос-301».

Статистичну обробку даних проводили дисперсійним аналізом [19]. Інтегральний скор визначали за такою формулою:

$$I = \frac{\Phi}{D} \times 100,$$

де I – інтегральний скор, %;  $\Phi$  – фактичний вміст компонента, мг/100 г зерна; D – добова потреба компонента організмом здорової людини, мг.

Дисперсійним аналізом підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «р», який показував імовірність відповідної гіпотези. У випадках, коли  $p < 0,05$ , «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

**Основні результати дослідження.** У зерні соризу вміст золи та жиру був найнижчим – 1,2–1,8% залежно від сорту (табл. 1). Вміст вуглеводів був найвищим, який змінювався від 77,9 до 82,0%. Вміст крохмалю мав найвищу частку від вуглеводів – 75,8–79,7% залежно від сорту. Вміст білка змінювався від 13,0% у зерні сорту Титан до 14,3% у сорті Факел, що було істотно. Вміст харчових волокон становив 2,50–2,98%.

Біохімічна складова борошна соризу або не змінювалась, або була на 1–29% нижчою порівняно із зерном. Так, найвищим був вміст вуглеводів – 77–81,6% залежно від сорту соризу або на 1% нижчим порівняно із зерном. Вміст білка змінювався від 12,4 до 13,6% або нижче на 1–10% порівняно із зерном. Вміст золи та жиру був найнижчим – 1,0–1,5%.

Таблиця 1

**Біохімічна складова зерна та борошна різних сортів соризу (2021–2022 рр.), %**

Біохімічна складова	Сорт						НІР <sub>05</sub>
	Самарант 6	Європа	Факел	Перлина	Кварц	Титан	
Зерно							
Зола	1,5	1,8	1,2	1,6	1,2	1,0	0,1
Жир	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	0,1
Харчові волокна	2,98	2,96	2,81	2,62	2,78	2,50	0,11
Білок	14,1	13,9	14,3	13,5	13,2	13,0	0,7
Вуглеводи	81,3	80,5	82,0	79,3	78,5	77,9	4,0
у т.ч. крохмаль	79,5	78,5	79,7	75,1	76,2	75,8	3,8
Борошно							
Жир	1,5	1,5	1,2	1,3	1,2	1,0	0,1
Зола	1,5	1,5	1,2	1,3	1,2	1,3	0,1
Харчові волокна	2,88	2,76	2,71	2,42	2,38	2,40	0,12
Білок	13,2	12,6	13,6	13,2	12,7	12,4	0,6
Вуглеводи	81,0	80,0	81,6	78,5	78,0	77,0	3,8
у т.ч. крохмаль	79,0	78,0	79,0	75,0	76,0	75,0	3,5

Найбільше 100 г зерна соризу задовольняє біологічну потребу білком – на 21,7–23,8% залежно від сорту (табл. 2). Інтегральний скор для вуглеводів становив 15,6–16,4%. Найменшим цей показник був для жиру – 1,4–1,6%. Добова потреба для харчових волокон змінювалась від 10,0 до 11,9%.

Тенденція щодо забезпечення добової потреби була подібною до зерна різних сортів соризу. Інтегральний скор для борошна був лише на 1–7% нижчим порівняно із зерном соризу. Слід відзначити, що біохімічна складова та інтегральний скор зерна й борошна достовірно змінювались залежно від сорту соризу.

Основною жирною кислотою зерна соризу є олеїнова, вмістякої був найвищим – 0,418–0,428%

(табл. 3). Вміст пальмітинової кислоти змінювався від 0,312 до 0,401% залежно від сорту, а вміст пальмітоолеїнової був найнижчим – 0,005%. Вміст стеаринової та лінолевої кислот становив 0,305–0,350%.

Тенденція вмісту жирних кислот у борошні соризу була подібною до зерна. При цьому їх вміст був на 4–20% нижчим порівняно із зерном. Очевидно, що часткове відокремлення оболонки і зародку сприяло зниженню вмісту жиру в борошні.

Частка ненасичених жирних кислот зерна соризу була найвищою – 52–58% залежно від сорту. Частка насичених жирних кислот становила 42–48%. Тенденція часток жирних кислот у борошні була подібною.

Таблиця 2

**Інтегральний скор біохімічних складових у зерні та борошні різних сортів соризу (2021–2022 рр.), %**

Біохімічна складова	Сорт						НІР <sub>05</sub>
	Самарант 6	Європа	Факел	Перлина	Кварц	Титан	
Зерно							
Жир	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	0,1
Харчові волокна	11,9	11,8	11,2	10,5	11,1	10,0	0,5
Білок	23,5	23,2	23,8	22,5	22,0	21,7	1,1
Вуглеводи	16,3	16,1	16,4	15,9	15,7	15,6	0,8
Борошно							
Жир	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	0,1
Харчові волокна	11,5	11,0	10,8	9,7	9,5	9,6	0,4
Білок	22,0	21,0	22,7	22,5	21,2	20,7	1,1
Вуглеводи	16,2	16,0	16,3	15,7	15,6	15,4	0,7

Таблиця 3

**Жирнокислотний склад зерна та борошна різних сортів соризу (2021–2022 рр.), %**

Жирна кислота	Сорт						НІР <sub>05</sub>
	Самарант 6	Європа	Факел	Перлина	Кварц	Титан	
Зерно							
C <sub>18:0</sub>	0,310	0,270	0,350	0,250	0,220	0,220	0,013
C <sub>16:0</sub>	0,378	0,381	0,401	0,312	0,308	0,312	0,016
Σ	0,688	0,651	0,751	0,562	0,528	0,532	0,028
C <sub>16:1</sub>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000
C <sub>18:2</sub>	0,310	0,307	0,315	0,305	0,305	0,302	0,015
C <sub>18:1</sub>	0,422	0,415	0,428	0,422	0,418	0,425	0,021
Σ	0,737	0,727	0,748	0,732	0,728	0,732	0,037
Борошно							
C <sub>18:0</sub>	0,300	0,230	0,320	0,210	0,220	0,200	0,012
C <sub>16:0</sub>	0,370	0,377	0,395	0,310	0,301	0,306	0,014
Σ	0,670	0,607	0,715	0,520	0,521	0,506	0,026
C <sub>16:1</sub>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001
C <sub>18:2</sub>	0,305	0,303	0,312	0,301	0,305	0,300	0,013
C <sub>18:1</sub>	0,420	0,410	0,422	0,420	0,413	0,421	0,020
Σ	0,729	0,717	0,738	0,725	0,722	0,725	0,034



**Висновки.** Встановлено, що біохімічна складова та вміст жирних кислот у зерні та борошні достовірно змінюється залежно від сорту соризу. Зерно соризу може містити 77,9–82,0% вуглеводів, у т. ч. 75,8–79,7% крохмалю, 13,0–14,3% білка, 2,50–2,98% – харчових волокон, 1,4–1,6% – жиру, 1,0–1,8% золи залежно від сорту. У борошні вміст біохімічних складових на 1–29% нижчий порівняно із зерном. Інтегральний скор для білка найвищий – 21,7–23,8%, а для вуглеводів – 15,6–16,4% залежно від сорту. Частка ненасичених жирних кислот становить 52–58%. Основною жирною кислотою є олеїнова.

### Література

- Xiong Y., Zhang P., Warner R.D., Fang Z. Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. Vol. 18. P. 2025–2046.
- Господаренко Г.М., Любич В.В., Черно О.Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 32–36.
- Su X., Rhodes D., Xu J., Chen X., Davis H., Wang D., Herald T.J., Wang W. Phenotypic diversity of anthocyanins in sorghum accessions with various pericarp pigments. *Journal of Nutrition & Food Sciences*. 2017. Vol. 10. P. 2155–9600.
- Любич В.В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
- Lin J.G., Yujuan Bian K. Bulk. Surface Chemical Composition of Wheat Flour Particles of Different Sizes. *Journal of Chemistry*. 2019. Article number 5101684.
- Сіліфонов Т.В., Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянецька І.О., Новіков В.В. Урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за різних систем удобрення в сівозміні. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 146–156.
- Ambrose K. Particle size analysis of two distinct classes of wheat flour by sieving. *Transactions of the ASABE*. 2014. Vol. 57. P. 151–159.
- Marchetti L., Cardós M., Campaña L., Ferrero C. Effect of glutes of different quality on dough characteristics and breadmaking performance. *LWT-Food Science and Technology*. 2012. Vol. 46(1). P. 224–231.
- Любич В.В. Якість хліба з різного борошна пшениці спельти залежно від сорту. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. Вип. 29. С. 155–162.
- Wu G., Johnson S.K., Bornman J.F., Bennett S.J., Fang Z. Changes in whole grain polyphenols and antioxidant activity of six sorghum genotypes under different irrigation treatments. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 214. P. 199–207.
- Palavecino P.M., Penci M.C., Calderón-Domínguez G., Ribotta P.D. Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. *Starch*. 2016. Vol. 68. P. 1055–1064.
- Siminiuc R., Țurcanu D. The Impact of Hydrothermal Treatments on Technological Properties

of Whole Grains and Soriz Groats. *FNS*. 2020. Vol. 11. P. 955–968.

13. Любич В.В., Войтовська В.І., Крижанівський В.Г., Третьякова С.О. Формування біохімічної складової борошна із зерна різних гібридів соризу. *Вісник Уманського НУС*. 2021. № 1. С. 66–70.

14. Войтовська В.І., Любич В.В., Третьякова С.О., Приходько В.О. Технологічна якість крохмалю різних гібридів кукурудзи і сортів сорго зернового за його біохімічною складовою. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 76–80.

15. Taylor J.R.N., Duodu K.G. Traditional sorghum and millet food and beverage products and their technologies. In *Sorghum and Millets*. Elsevier : Amsterdam, The Netherlands, 2019. P. 259–292.

16. Rumler R., Bender D., Speranza S. Frauenlob J., Gamper L., Hoek J., Jäger H., Schönlechner R. Chemical and Physical Characterization of Sorghum Milling Fractions and Sorghum Whole Meal Flours Obtained via Stone or Roller Milling. *Foods*. 2021. Vol. 10. Article number 870.

17. Xiong Y., Zhang P., Warner R.D., Fang Z. Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2019. Vol. 18. P. 2025–2046.

18. Леонова К.П., Моргун А.В., Коваленко А.М., Любич В.В. Технологічні параметри біоенергетики гібридів сорго цукрового за різної густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 72–77.

### References

- Xiong Y., Zhang P., Warner R.D., Fang Z. (2019). Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 2025–2046.
- Gospodarenko, H.M., Lyubich, V.V., Chernov, O.D. (2022). Vplyv vapnuvannia ta mineralnykh dobryv na vrozhaunist pshenytsi ozymoi na chornozemi opidzolenomu [The effect of liming and mineral fertilizers on the yield of winter wheat on podzolized chernozem]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University], 1, 32–36 [in Ukrainian].
- Su, X., Rhodes, D., Xu, J., Chen, X., Davis, H., Wang, D., Herald, T.J., Wang, W. (2017). Phenotypic diversity of anthocyanins in sorghum accessions with various pericarp pigments. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 10, 2155–9600.
- Liubych, V.V. (2017). Produktivnist sortiv i linii pshenyts zalezno vid abiotychnykh i biotychnykh chynnykiv [Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors]. *Visnyk agrarnoyi nauky Pry chornomor'ya* [Ukrainian Black Sea region agrarian science], 95, 146–161 [in Ukrainian].
- Lin, J.G., Yujuan Bian, K. (2019). Bulk and Surface Chemical Composition of Wheat Flour Particles of Different Sizes. *Journal of Chemistry*, article number 5101684.
- Silifonov, T.V., Gospodarenko, H.M., Lyubich, V.V., Polyanetska, I.O., Novikov, V.V. (2021).

Urozhainist i yakist zerna riznostyhykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi za riznykh system udobrennia v sivozmini [Yield and quality of grain of variegated varieties of soft winter wheat under different fertilization systems in crop rotation]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology], 2, 146–156 [in Ukrainian].

7. Ambrose, K. (2014). Particle size analysis of two distinct classes of wheat flour by sieving. *Transactions of the ASABE*, 57, 151–159.

8. Marchetti, L., Cardós, M., Campaña, L., Ferrero, C. (2012). Effect of gluteins of different quality on dough characteristics and breadmaking performance. *LWT-Food Science and Technology*, 46(1), 224–231.

9. Lyubich, V.V. (2021). Yakist khliba z riznoho boroshna pshenytsi spelty zalezho vid sortu [Quality of bread from different types of spelled wheat flour depending on the variety]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv* [Collection of scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 29, 155–162 [in Ukrainian].

10. Wu, G., Johnson, S.K., Bornman, J.F., Bennett, S.J., Fang, Z. (2017). Changes in whole grain polyphenols and antioxidant activity of six sorghum genotypes under different irrigation treatments. *Food Chemistry*, 214, 199–207.

11. Palavecino, P.M., Penci, M.C., Calderón-Domínguez, G., Ribotta, P.D. (2016). Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. *Starch*, 68, 1055–1064.

12. Siminiuc, R., Țurcanu, D. (2020). The Impact of Hydrothermal Treatments on Technological Properties of Whole Grains and Soriz Groats. *FNS*, 11, 955–968.

13. Lyubich, V.V., Voitovska, V.I., Kryzhanivskyi, V.G., Tretyakova, S.O. (2021).

Formuvannia biokhimichnoi skladovoi boroshna iz zerna riznykh hibrydiv soryzu [Formation of the biochemical component of flour from the grain of various hybrids of soriz]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University], 1, 66–70 [in Ukrainian].

14. Voitovska, V.I., Lyubich, V.V., Tretyakova, S.O., Prykhodko, V.O. (2022). Tekhnolohichna yakist krokhmaliu riznykh hibrydiv kukurudzy i sortiv sorho zernovoho za yoho biokhimichnoi skladovoi [Technological quality of starch of different corn hybrids and grain sorghum varieties according to its biochemical composition]. *Visnyk Umanskoho NUS* [Bulletin of the Uman State University], 1, 76–80 [in Ukrainian].

15. Taylor, J.R.N., Duodu, K.G. (2019). Traditional sorghum and millet food and beverage products and their technologies. In *Sorghum and Millets*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 259–292.

16. Rumler, R., Bender, D., Speranza, S., Frauenlob, J., Gamper, L., Hoek, J., Jäger, H., Schönlechner, R. (2021). Chemical and Physical Characterization of Sorghum Milling Fractions and Sorghum Whole Meal Flours Obtained via Stone or Roller Milling. *Foods*, 10, article number 870.

17. Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R.D., Fang, Z. (2019). Sorghum grain: From genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 18, 2025–2046.

18. Leonova, K.P., Morgun, A.V., Kovalenko, A.M., Lyubich, V.V. (2022). Tekhnolohichni parametry bioenerhetyky hibrydiv sorho tsukrovoho za riznoi hustoty stoiannia roslyn u Pravoberezhnomu Lisostepu [Technological parameters of bioenergetics of sugar sorghum hybrids at different plant densities in the Right Bank Forest Steppe]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian innovations], 14, 72–77 [in Ukrainian].