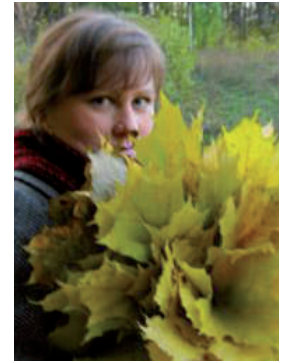


УДК 577.1:[664.788:631.527.5:633.19]

DOI: 10.31395/2310-0478-2021-1-66-70



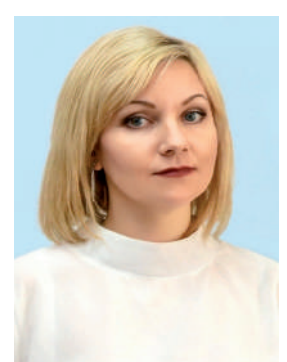
В. В. Любич,
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технології зберігання і переробки зерна
Уманський національний університет садівництва
м. Умань, Україна
E-mail: LyubichV@gmail.com



В. І. Войтовська,
кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник зав. сектором насінництва
і насіннезнавства світчграсу Інституту біоенергетичних
культур і цукрових буряків НААН
м. Київ, Україна
E-mail: vvojtovska6@gmail.com



В. Г. Крижанівський,
кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри генетики,
селекції рослин та біотехнології
Уманський національний університет садівництва
м. Умань, Україна
E-mail: genetica2015@udau.edu.ua



С. О. Третякова,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри
рослинництва
Уманський національний університет садівництва
м. Умань, Україна
E-mail: Lanatretyakova1983@gmail.com

ФОРМУВАННЯ БІОХІМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ БОРОШНА ІЗ ЗЕРНА РІЗНИХ ГІБРИДІВ СОРИЗУ

У статті представлено результати дослідження біохімічної складової (вміст крохмалю, білка, харчових волокон, золи, жиру, жирних кислот, вітамінів і мінеральних елементів) борошна різних гібридів соризу. Основною складовою борошна соризу був крохмаль, вміст якого в борошні змінювався від 75,1 до 76,2 % залежно від гібриду. Вміст решти складових був низьким. Вміст білка становив 13,0–13,5 %, вміст золи – 1,0–1,6 % залежно від гібриду. Вміст решти складових був стабільним або змінювався мало.

Результати досліджень свідчать, що основною жирною кислотою борошна соризу є олеїнова (C18:1), частка якої становила 39–41 % залежно від гібриду. Із насичених жирних кислот у борошні соризу основною є пальмітинова (C16:0) – 29–30 % залежно від гібриду. Вміст решти насичених жирних кислот складав 1–2 % від загального їх вмісту. У групі поліненасичених жирних кислот частка лінолевої (C18:2) була найвища – 28–30 % залежно від гібриду культури. Слід відзначити, що частка трансжирів (ізомерів жирних кислот) була лише 1 % від загального вмісту жирних кислот.

У групі жиророзчинних провітамінів борошна соризу найвищу частку займав токоферол – 12 %, а вміст β-каротину був найнижчий – 0,1 мг/100 г борошна. З групи водорозчинних вітамінів вміст В3 був найвищим – 42 % від загального їх вмісту. Частка вітаміну В2 була найнижчою – 0,1–0,2 %. Слід відзначити, що вміст решти вітамінів мало змінювався залежно від досліджуваних гібридів соризу. Найбільше добову потребу 100 г зерна соризу задовольняє вітаміном В1 – на 69–75 %, а найменше – вітаміном В4 – на 0,4 %. Вітамін В3 задовольняє цю потребу на 22–27 %, В5 – на 11–12 %, а решти вітамінів – на 1–7 %. За індексом комплексного оцінювання всі гібриди соризу були однаковими – на рівні 0,05. Цей показник свідчить про низьку біологічну цінність зерна цієї культури.

Із досліджених мінеральних елементів борошно соризу багате на цинк і магній, оскільки найбільше забезпечує добову потребу ними 100 г зерна. Цей показник для мангану був на рівні 8 %, цинку – 5, а для решти елементів – 1–2 %. Вміст хімічних елементів у борошні соризу не змінювався залежно від гібриду (індекс комплексного оцінювання становив 0,04).

Ключові слова: борошно, зерно, сориз, крохмаль, білок, вітаміни, жирні кислоти, хімічний елемент, гібрид.

V. V. Liubych,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Grain of Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

V. I. Voitovska,

Phd of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Sector of Seeds and Seed Science of Grammage of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet (Kyiv), Ukraine

V. H. Kryzhanivskiy,

Phd of Agricultural Sciences, Senior Teacher of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology of Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

S. O. Tretiakova,

Phd of Agricultural Sciences, Senior Teacher of the Department of Plant Growing of Uman National University of Horticulture (Uman), Ukraine

THE FORMATION OF BIOCHEMICAL COMPONENT OF GRAIN FLOUR OF DIFFERENT HYBRIDS OF SORIZ

The article presents the results of a study of the biochemical component (the content of starch, protein, dietary fiber, ash, fat, fatty acids, vitamins and mineral elements) of flour of various soriz hybrids. The main constituent of soriz flour was starch. The content of which in the flour varied from 75.1 to 76.2 %, depending on the hybrid. The content of other components was low. The protein content was 13.0–13.5 %; the ash content was 1.0–1.6%, depending on the hybrid. The content of other components either did not change, or changed little.

Research results indicate that the main fatty acid is oleic acid (C18:1), the proportion of which was 39–41 %, depending on the hybrid. From saturated fatty acids in soriz flour, palmitic (C16:0) is the main one – 29–30 % depending on the hybrid. The content of other saturated fatty acids was 1–2 % of their total content. In the group of polyunsaturated fatty acids, the proportion of linoleic acid (C18:2) was the highest – 28–30 %, depending on the culture hybrid. It should be noted that the proportion of trans fats (fatty acid isomers) was only 1 % of the total fatty acid content.

In the group of fat-soluble provitamins of soriz flour, the highest share was occupied by tocopherol – 12 %, and the content of β -carotene was the lowest – 0.1 mg/100 g of flour. Of the group of water-soluble vitamins, the B3 content was the highest – 42 % of their total content. The share of vitamin B2 was low – 0.1–0.2 %. It should be noted that the content of other vitamins changed little depending on the studied soriz hybrids. The highest daily requirement is satisfied by 100 g of soriz grain with vitamin B1 – by 69–75 %, and the least – with vitamin B4 – by 0.4 %. Vitamin B3 satisfies this need by 22–27 %, B5 – by 11–12 %, and other vitamins – by 0.8–7 %. It should be noted that according to the index of complex assessment of the content of vitamins, all soriz hybrids were the same, since it was at the level of 0.05. In addition, such an indicator testifies to the low biological value of the grain of this culture.

Of the studied mineral elements, soriz flour is rich in zinc and magnesium, since 100 g of grain provides the greatest daily requirement for them. This indicator for manganese was at the level of 8 %, and for zinc – 5 %. For other elements – 1–2 %. It should be noted that the content of chemical elements did not change depending on the hybrid of this culture (the index of the complex assessment was 0.04).

Key words: flour, grain, soriz, starch, protein, vitamins, fatty acids, chemical element, hybrid.

Зерно – основне джерело грошових надходжень, фінансовий фундамент аграрних підприємств, від якого залежить розвиток усього сільського господарства та переробної промисловості України. Основну масу зерна забезпечує вирощування злакових культур (пшениця, жито, кукурудза, ячмінь, овес, гречка, рис) і зернових бобових (горох, соя, сочевиця) [1, 2]. Ці культури займають 75 % площі всіх зернових у світі, а в світових ресурсах харчового рослинного білка їх частка становить близько 70 %.

Найбільш розповсюдженим продуктом переробки зерна є борошно. Нині борошномельна галузь забезпечує потреби населення за обсягом продукції, проте не задовольняє за асортиментом. Основними видами борошна є пшеничне і житнє, в той час інші мають другорядне значення [3]. Тому пошук нових видів борошна та вивчення його біохімічної складової є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструктивне збагачення безглютенових продуктів повинно відповідати оптимальному комбінуванию мікроелементів і біологічно активних речовин у легкозасвоюваній формі [4]. У технології безглютенових виробів використовують крохмаль з додаванням борошна інших культур [5]. Розроблено рецептури безглютенових виробів з використанням борошна гречаного, кукурудзяного та вівсяного з використанням кукурудзяного і картопляного крохмалю [6]. Проводяться дослідження щодо використання борошна сорго з шротом олійних культур і плодючим пюре [7, 8].

Високу продуктивність зерна здатна сформувати відносно нова і малопоширена культура – сориз (*Sorghum oryzoidum*). На формування одиниці сухої речовини він потребує у 2,0–2,5 рази менше води, ніж кукурудза, соняшник або ячмінь ярий [9]. До цього ж ця культура здатна споживати вологу та елементи живлення з глибоких шарів ґрунту. За дотримання агротехнології навіть за несприятливих умов року сориз може забезпечувати урожайність зерна на рівні 4,0–4,5 т/га [10].

Сориз – культура універсального використання, оскільки зерно за смаковими якостями і біохімічним складом близьке до рису. У його крупі міститься 11,1–13,0 % білка, 0,17–0,19 лізину, 1,1–1,5 – жиру, 75–88 % крохмалю [11]. Зазначається [12], що крупу соризу можна використовувати для дієтичного, дитячого харчування, для екструдованих продуктів і концентратів. Цінність крупы полягає в тому, що в ній міститься токоферол (вітамін Е), який здатен виводити радіонукліди з організму людини. Отже, важливо збільшувати виробництво соризу, що дозволить оптимізувати й стабілізувати виробництво зерна в Україні. Проте важливою складовою технології перероблення зерна є вивчення питання його біологічної

цінності. Дослідженнями [13] підтверджено, що біохімічний склад зерна значно змінюється залежно від гібриду та умов вирощування. Так, вміст крохмалю може бути від 74,1 до 85,6 %, білка – від 11,2 до 13,0, цукру – від 0,2 до 0,4, жиру – від 0,1 до 0,5, золи – від 0,4 до 2,0 %. У дослідженнях інших вчених [14] кластерним аналізом борошно розділено на три групи з різними тепловими і фізико-хімічними характеристиками. Підтверджено, що властивості борошна сорго визначаються вмістом і співвідношенням біохімічних складових. Слід відзначити, що якість зерна також значно змінювалась залежно від гібриду культури. Отже, дослідження питання щодо формування біохімічної складової борошна різних гібридів соризу є актуальними.

Методика досліджень. Сориз вирощували у 2019–2020 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Висівали гібриди Кварц, Перлина і Титан. Із зерна отримували борошно виходом 96 %. Біохімічну складову визначали за ДСТУ 4117:2007. Вміст жирних кислот – за ГОСТ 30418–96, мікроелементів – методом атомно-абсорбційної спектроскопії за ГОСТ 30178–96, вітамінів – методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос ЖХ-301. Для статистичного оброблення результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували пакет стандартних програм (ПІК «Agrostat», MSOfficeExcel).

Інтегральний скор визначали за формулою

$$\dot{A} = \frac{\dot{O}}{\dot{A}} \times 100,$$

де А – амінокислотний скор, %;

Ф – фактичний вміст біохімічної складової, мг(г)/100 г зерна;

Д – добова потреба компоненту організмом дорослої людини, мг.

Індекс комплексного оцінювання (ІКО) визначали за формулою

$$IKO = \sqrt[n]{\frac{\Phi_1}{O_1} \times \frac{\Phi_2}{O_2} \times \dots \times \frac{\Phi_n}{O_n} \times \frac{D_1}{\Phi_1} \times \frac{D_2}{\Phi_2} \dots \times \frac{D_n}{\Phi_n}}$$

де Ф – фактичне значення показника;

О – оптимальне значення показника;

Д – допустиме значення показника;

$\frac{\dot{O}}{\dot{I}}$ – відношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких повинно бути більше оптимального;

$\frac{\dot{A}}{\dot{O}}$ – відношення, що застосовують для показників,

фактичне значення яких повинно бути меншим допустимого рівня;

n – кількість показників, які використовуються в моделі.

Результати досліджень. Встановлено, що основною складовою борошна соризу є крохмаль, вміст якого змінювався від 75,1 до 76,2 % залежно від гібриду (табл. 1). Вміст решти складових був низьким. Вміст білка становив 13,0–13,5 %, а золи – 1,0–1,6 % залежно від гібриду. Вміст решти складових або не змінювався, або зміни були незначними.

Результати досліджень свідчать, що основною жирною кислотою є олеїнова (C18:1), частка якої становила 39–41

% залежно від гібриду (табл. 2). Із насичених жирних кислот у борошні соризу основною є пальмітинова (C16:0) – 29–30 % залежно від гібриду. Вміст решти насичених жирних кислот складав 1–2 % від загального їх вмісту. У групі поліненасичених жирних кислот частка лінолевої (C18:2) була найвища – 28–30 % залежно від гібриду культури. Слід відзначити, що частка трансжирів (ізомерів жирних кислот) була лише 1 % від загального вмісту жирних кислот.

У групі жиророзчинних провітамінів борошна соризу найвищу частку займав токоферол – 12 %, а вміст β-каротину був найнижчий – 0,1 мг/100 г борошна (табл.

Біохімічна складова борошна різних гібридів соризу (2019–2020 рр.), %

Таблиця 1

Біохімічна складова	Гібрид			НІР ₀₅
	Перлина	Кварц	Титан	
БЕР	79,3	78,5	77,9	3,9
Крохмаль	75,1	76,2	75,8	3,3
Білок	13,5	13,2	13,0	0,6
Харчові волокна	2,4	2,4	2,4	0,2
Жир	1,4	1,3	1,4	0,1
Зола	1,6	1,2	1,0	0,1

Вміст жирних кислот у борошна різних гібридів соризу (2019–2020 рр.), мг/100 г

Таблиця 2

Жирна кислота	Гібрид			НІР ₀₅
	Перлина	Кварц	Титан	
C _{17:0}	1,0	1,0	1,0	0,1
C _{15:0}	2,0	2,0	2,0	0,1
C _{20:0}	3,0	3,0	3,0	0,1
C _{24:0}	3,0	3,0	3,0	0,1
C _{18:0}	25	22	22	1
C _{16:0}	312	308	312	15
Всього	346	339	343	17
C _{20:1}	3,0	3,0	3,0	0,1
C _{16:1}	5,0	5,0	5,0	0,2
C _{18:1}	422	418	425	16
Всього	430	426	433	21
C _{18:2}	305	305	302	14
Трансжир	1,0	1,0	1,0	0,1
Всього	1082	1032	1079	52

Вміст вітамінів у борошні різних гібридів соризу та індекс його комплексного оцінювання (ІКО), 2019–2020 рр

Таблиця 3

Гібрид	Вміст вітамінів									ІКО
	A*	E*	B ₆	B ₂	B ₅	B ₁	B ₉	B ₄	B ₃	
Вміст вітамінів, мг/100 г										
Перлина	0,3	1,1	0,31	0,02	0,56	0,76	0,003	2,1	3,8	0,05
Кварц	0,3	1,1	0,31	0,01	0,60	0,83	0,003	1,8	3,8	0,05
Титан	0,3	1,1	0,30	0,02	0,57	0,80	0,003	2,2	3,1	0,05
Інтегральний скор, %										
Перлина	6	7	5	2	11	69	0,8	0,4	27	–
Кварц	6	7	5	1	12	75	0,8	0,4	27	–
Титан	6	7	5	2	11	73	0,8	0,4	22	–
НІР₀₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	–

Примітка. А – β-каротин, Е – α-токоферол.

Таблиця 4

Вміст хімічних елементів у борошні різних гібридів соризу та індекс його комплексного оцінювання, 2019–2020 рр.

Гібрид	Вміст вітамінів							ІКО
	Cu	Zn	Mn	Fe	Ca	Mg	S	
Вміст вітамінів, мг/100 г								
Перлина	0,1	2,5	0,79	0,30	10	37	61	0,04
Кварц	0,1	2,2	0,83	0,27	12	35	60	0,04
Титан	0,1	3,1	0,83	0,32	12	35	61	0,04
Інтегральний скор, %								
Перлина	5	18	8	2	1	16	1	–
Кварц	5	16	8	2	1	16	1	–
Титан	5	22	8	2	1	16	1	–
НІРО5	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	2	3	–

3). З групи водорозчинних вітамінів вміст В3 був найвищим – 42 % від загального їх вмісту. Частка вітаміну В2 була найнижчою – 0,1–0,2 %. Слід відзначити, що вміст решти вітамінів мало змінювався залежно від досліджуваних гібридів соризу. Найбільше добову потребу 100 г зерна соризу задовольняє вітаміном В1 – на 69–75 %, а найменше – вітаміном В4 – лише на 0,4 %. Вітамін В3 задовольняє цю потребу на 22–27 %, В5 – на 11–12 %, а решти вітамінів – на 1–7 %. Слід відзначити, що за індексом комплексного оцінювання всі гібриди соризу були однаковими – на рівні 0,05. Крім цього, такий показник свідчить про низьку біологічну цінність зерна цієї культури.

Із досліджених мінеральних елементів борошно соризу багате на цинк і магній, оскільки найбільше забезпечує добову потребу ними 100 г зерна (табл. 4). Цей показник для мангану був на рівні 8 %, цинку – 5, а для решти елементів – 1–2 %. Слід відзначити, що вміст хімічних елементів у борошні не змінювався залежно від гібриду цієї культури. Індекс комплексного оцінювання підтверджує цей висновок, оскільки становив 0,04.

Отже, за окремими показниками біохімічної складової борошна соризу істотно змінюється залежно від гібриду. В борошні всіх гібридів соризу високий вміст крохмалю, частка олеїнової жирної кислоти і вітаміну В1. Вміст решти складових має певні специфічні значення.

Висновки. Борошно соризу містить 75,1–76,8 % крохмалю, 13,0–13,5 – білка, 2,4 – харчових волокон, 1,3–1,4 – жиру та 1,0–1,6 % золи. У складі жирних кислот основною є мононенасичена олеїнова (С18:1), частка якої становить 39–41 % залежно від гібриду. Вміст жирних кислот, вітамінів і мінеральних елементів у борошні мало змінюється залежно від гібриду. Борошно соризу найбільше задовольняє добову потребу організму дорослої людини вітаміном В1 (69–75 %), цинком (16–22 %) і магнієм (16 %).

Література

1. Пшениця спельта / Г. М. Господаренко, П. В. Костогриз, В. В. Любич та ін.; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА». 2016. 312 с.
2. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельта залежно від походження сорту та лінії. 36. наук. пр. Уманського НУС. Умань. 2016. Вип. 89. С. 199–206.
3. Любич В. В., Новіков В. В. Порівняльна характеристика технологічних властивостей зерна тритикале озимого та пшениці озимої. Зернові продукти і комбикорми. 2015. № 4. С. 14–18.
4. Дробот В.І., Грищенко А.М. Вимоги до хлібобулочних виробів для хворих на целіацію. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2009. № 6 (55). С. 33–34.
5. Soares F.L., Oliveira Matoso de R., Teixeira L.G. Gluten-free diet reduces adiposity, inflammation and insulin resistance associated with the induction of PPAR-alpha and PPAR-gamma expression. J. Nutr. Biochem. 2013. Vol. 24

(6). P. 1105–1111.

6. Наумова О. А. Особенности питания больных целиакией. Сучасні медичні технології. 2010. № 2. С. 124–127.

7. Watson R., Preedy V., Zibadi S. Wheat and Rice in Disease Prevention and Health. Academic Press, 2014. 576 p.

8. Serna-Saldivar S. Corn: Chemistry and Technology. Academic Press, 2018. 690 p.

9. Макаров Л.Х., Снитіна С. М., Морару Г. А., Скорий М. В., Юрков О. В. Сориз у південному Степу України. Вісн. аграр. науки. 2007. № 3. С. 22–24.

10. Oluwatoyin O. Sweet sorghum and nitrogen fertilizer application – a review. Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 2. P. 28–35.

11. Whitfield M. B., Chinn M. S., Veal M. W. Processing of materials derived from sweet sorghum for bio-based products. Industrial Crops and Products. 2012. Vol. 37. P. 362–375.

12. Mancebo C., Merino C., Martínez M., Gómez M. Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. US National Library of Medicine. 2015. Vol. 52 (10). P. 31–50.

13. Siminiuc R., Turcanu D. The impact of hydrothermal treatments on technological properties of whole grains and soriz (Sorghum oryzoidum) groats. FNS. 2020. Vol. 11. No 10. P. 98–113.

14. 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 Research in Latin America. 2016. Vol. 68, issue 11–12. P. 1055–1064.

References

1. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). Wheat spelt. Kyiv: SIK GROUP UKRAINE, 312 p. (in Ukrainian).
2. Liubich, V.V. Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and strain. Bulletin of Uman NUH, 2016, no. 89, pp. 199–206. (in Ukrainian).
3. Lyubich, V.V., Novikov, V.V. Comparative characteristic of technological properties of grain of triticale of winter and winter wheat. Cereal products and feed, 2015, no. 4, pp. 14–18. (in Ukrainian).
4. Drobot, V.I., Grishchenko, A.M. Requirements for bakery products for patients with celiac disease. Bakery and confectionery industry of Ukraine, 2009, no. 6 (55), pp. 33–34. (in Ukrainian).
5. Soares, F.L., Oliveira Matoso, de R., Teixeira, L.G. Gluten-free diet reduces adiposity, inflammation and insulin resistance associated with the induction of PPAR-alpha and PPAR-gamma expression. J. Nutr. Biochem., 2013., no. 24 (6), pp. 1105–1111.
6. Naumova, O.A. Features of nutrition of patients with celiac disease. Modern medical technologies, 2010, no. 2, pp. 124–127. (in Ukrainian).

7. Watson, R., Preedy, V., Zibadi, S. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health*. Academic Press, 2014, 576 pp.
8. Serna-Saldivar, S. *Corn: chemistry and technology*. Academic Press, 2018, 690 pp.
9. Makarov, L.H., Snitina, S.M. et al. Soriz in the southern steppe of Ukraine. *Visn. agrarian. Science*, 2007, no. 3, pp. 22–24. (in Ukrainian).
10. Oluwatoyin, O. Sweet sorghum and nitrogen fertilizer application – a review. *Journal of Agricultural Science*, 2017, no. 2, pp. 28–35.
11. Whitfield, M. B., Chinn, M. S., Veal, M. W. Processing of materials derived from sweet sorghum for bio-based products. *Industrial Crops and Products*, 2012, no. 37, pp. 362–375.
12. Mancebo, C., Merino, C. et al. Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. *US National Library of Medicine*, 2015, no. 52 (10), pp. 31–50.
13. Siminiuc, R., Turcanu, D. The impact of hydrothermal treatments on technological properties of whole grains and soriz (*Sorghum oryzoidum*) groats. *FNS*, 2020, no. 11, pp. 98–113.
14. Palavecino, P. M., Penci, M. C. et al. Chemical composition and physical properties of sorghum flour prepared from different sorghum hybrids grown in Argentina. *Starch Research in Latin America*, 2016, no. 68, pp. 1055–1064.