

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ КРУПИ ЦІЛОЇ РІЗНИХ СОРТІВ СОРГО ЗЕРНОВОГО

С. О. ТРЕТЬЯКОВА, кандидат сільськогосподарських наук
В. В. ЛЮБИЧ, доктор сільськогосподарських наук
О. І. ЗАБОЛОТНИЙ, кандидат сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва
В. І. ВОЙТОВСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

У статті наведено результати вивчення біохімічної складової крупи цілої із різних сортів сорго зернового. Крім цього, визначено інтегральний скор для вітамінів, мінеральних елементів та амінокислот. Встановлено, що крупі цілій із сорго зернового міститься крохмалю 65,0–68,0 %, білка – 8,0–8,5, харчових волокон – 5,0–6,1, жиру – 2,3–3,2, золи – 1,15–1,35, глюкози – 0,70–0,87 % залежно від сорту.

Ключові слова: сорго зернове, крупа ціла, біохімічна складова, інтегральний скор, сорт.

Вступ. Сорго зернове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – злакова культура без глютену, яка вирощується в усьому світі і є основним продуктом харчування в регіонах з напівпосушливим і субтропічним кліматом [1]. Сорго має різне забарвлення перикарпію, включаючи білий, різні відтінки червоного та чорного. Всі вони характеризуються властивостями, що сприяють здоров'ю, оскільки мають антиоксиданти, такі як поліфеноли, каротиноїди, а також мікро- та мікроелементи [2]. Відомо, що якість готового продукту залежить від характеристик зерна, які значно можуть змінюватись від селекційно-генетичних особливостей сорту [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях [4] між сортами спостерігалися незначні відмінності як за вмістом білка, так і за вмістом вуглеводів, а в сортах з червоним і чорним зерном було виявлено вищий вміст клітковини. Більша кількість загальних насичених жирів була виявлена в сортах з білим зерном, тоді як сорти з чорним зерном мали нижчу кількість ненасичених і поліненасичених жирних кислот порівняно з білозерними і червоноземними сортами. Олеїнова, лінолева та пальмітинова були основними жирними кислотами у всіх трьох аналізованих сортах сорго. Значні відмінності за вмістом мінеральних елементів виявлено серед зразків із більшою кількістю Mg, K, Al, Mn, Fe, Ni, Zn, Pb і U як у червонозерних, так і чорнозерних сортах порівняно з білозерним. Борошно сорго зернового,

виготовлене із зерна різного кольору перикарпію, мало унікальні поживні властивості.

Дослідженнями доведено, що біохімічна складова зерна значно змінюється залежно від сорту [5]. Параметри яких визначаються погодними умовами [6]. Сучасна тенденція в усьому світі полягає в тому, що значну перевагу віддають продуктам, які корисно впливають на здоров'я, крім основного харчування. Дослідження продовжують демонструвати, що продукти перероблення з цільного зерна сорго мають значні переваги для здоров'я людини, особливо у зв'язку з антиоксидантною активністю фенольних сполук, присутніх у зовнішніх шарах зерна [7]. Корисні дії сорго для здоров'я людини пояснюються фенольними сполуками, що містяться в зерні сорго і які, як відомо, змінюються залежно від кольору перикарда [8]. Дослідження показали, що загальний вміст фенолів та антиоксидантна активність у сорго корелюють з товщиною і кольором перикарпа. Сорго з більш темним і товстим перикарпом має більший вміст фенольних сполук і підвищену антиоксидантну активність [9, 10]. Тому сорти такого сорго може бути бажаним для використання в харчових продуктах з поліпшеними характеристиками.

Зерно сорго – перспективна сировина для круп'яного і кондитерського виробництва [11]. Крім цього, його можна добавляти до борошна пшеничного під час випікання хліба та хлібобулочних виробів. Проте зазвичай зерно використовують для виробництва біоетанолу та комбікормів [12]. Встановлено, що якість круп'яних продуктів залежить від характеристик зерна, з якого їх виготовляють [13, 14]. Очевидно, що вища якість зерна буде сприяти отриманню крупи із вищою харчовою цінністю.

Отже, біохімічних показникам зерна сорго зернового приділено значну увагу в науковій літературі, проте недостатньо вивчено для крупи. Впровадження у виробництво нових сортів сорго зернового вимагає проведення детальніших досліджень.

Методика досліджень. Експериментальну частину роботи щодо вирощування різних сортів сорго зернового виконували в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків. У досліді після пшениці озимої вирощували сорти Лан 59 (UA), Степовий 8 (UA), Targga (USA), Primei (USA), Yuki (USA), Anggy (FRA), Burggo (FRA). Технологічне оцінювання проводили у навчально-науковій лабораторії Уманського НУС «Оцінювання якості зерна і продуктів його перероблення» упродовж 2019–2021 р.

Біохімічну складову зерна (крохмаль, білок, харчові волокна, жир, зола, глюкоза) визначали методом інфрачервоної спектроскопії, використовуючи Infratek 1241. Вміст вітамінів та амінокислот – методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301, вміст мінеральних елементів – методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Інтегральний скор визначали за такою формулою:

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

де I – інтегральний скор, %;

Φ – фактичний вміст компоненту, мг/100 г;

Д – добова потреба компоненту організмом здорової людини, мг.

Статистичну обробку даних проводили дисперсійним аналізом. Дисперсійним аналізом підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «р», який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках коли $p < 0.05$ «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

Результати досліджень. Найбільшу частину крупи цілої сорго зернового представлено вуглеводами – 68,0–70,2 % залежно від сорту (табл. 1).

Табл. 1. Біохімічна складова крупи цілої із зерна різних сортів сорго зернового, %

Біохімічна складова	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
Глюкоза	0,85	0,87	0,80	0,89	0,87	0,75	0,70	0,04
Зола	1,30	1,35	1,25	1,32	1,30	1,17	1,15	0,07
Жир	3,2	3,2	2,9	3,2	3,1	2,8	2,3	0,09
Харчові волокна	6,0	6,0	5,5	6,1	6,0	5,5	5,2	0,3
Білок	8,4	8,4	8,1	8,5	8,4	8,1	8,0	0,5
Крохмаль	67,7	68,0	66,1	68,0	67,5	65,6	65,0	3,4
Вуглеводи	70,0	70,0	68,7	70,2	69,6	68,3	68,0	3,5

Частка крохмалю у вуглеводах становила 95–96 %. Вміст білка змінювався від 8,0 до 8,5 % залежно від сорту сорго зернового. Найменше містилось глюкози – 0,70–0,89 %.

Встановлено, що жиромісна складова крупи цілої із сорго зернового найбільше містила мононенасичених (МНЖК) і поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) (табл. 2). Так, вміст МНЖК був у межах 0,798–0,998 %, а вміст ПНЖК – 1,341–1,395 % залежно від сорту сорго зернового. Основною карбоною кислотою була лінолева – 1,300–1,333 %. Основною МНЖК була олеїнова карбонова кислота, а в складі насичених жирних кислот (НЖК) – пальмітинова – 0,415–0,435 % залежно від сорту. Вміст решти карбонових кислот змінювався від 0,001 до 0,060 % залежно від сорту сорго зернового.

З досліджених вітамінів у крупі цілій із сорго зернового найменше містилось В₉ – 0,18–0,25 × 10⁻³ залежно від сорту (табл. 3). Найбільше містилось вітаміну В₃ – 4,46–4,52 мг/100 г крупи. Вміст вітаміну В₂ був від 0,04 до 0,06, а вітамінів В₁, В₆, Е, В₅ – 0,25–0,55 мг/100 г крупи.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що 100 г крупи сорго зернового найбільше задовольняє біологічну потребу вітаміном В₃ – на 31,9–32,3 % залежно від сорту. Інтегральний скор для вітаміну В₁ змінювався від 22,7 до 30,0 %, а для вітаміну В₆ – від 23,8 до 24,6 %. Найменший інтегральний скор був для вітаміну В₉ – 0,1 %, а для вітамінів Е, В₂ і В₅ – 3,3–11,0 %.

Табл. 2. Вміст жирних кислот у крупі цілій із зерна різних сортів сорго зернового, %

Жирна кислота	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
C _{12:0}	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
C _{14:0}	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
C _{15:0}	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
C _{17:0}	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
C _{22:0}	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001
C _{20:0}	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,001
C _{4:0}	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,001
C _{10:0}	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,001
C _{18:0}	0,037	0,037	0,031	0,040	0,035	0,030	0,024	0,001
C _{16:0}	0,430	0,433	0,423	0,435	0,435	0,420	0,415	0,020
∑C _{n:0}	0,499	0,502	0,486	0,507	0,502	0,482	0,471	0,030
C _{17:1}	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
C _{14:1}	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
C _{24:0}	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,001
C _{20:1}	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,001
C _{16:1}	0,080	0,080	0,080	0,011	0,080	0,060	0,060	0,001
C _{18:1}	0,850	0,900	0,760	0,910	0,880	0,720	0,720	0,030
∑C _{n:1}	0,948	0,998	0,858	0,939	0,978	0,798	0,798	0,040
C _{20:5}	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
C _{20:4}	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
C _{18:3}	0,056	0,060	0,043	0,058	0,056	0,040	0,037	0,001
C _{18:2}	1,330	1,330	1,310	1,333	1,330	1,310	1,300	0,040
∑C _{n:n}	1,390	1,394	1,357	1,395	1,390	1,354	1,341	0,040
∑C _n	2,837	2,894	2,701	2,841	2,870	2,634	2,610	0,140

З досліджених мінеральних елементів у крупі цілій найменше містилось міді – 0,010–0,012 мг/100 г (табл. 4). Вміст калію був найбільшим – 310–322 мг/100 г крупи. Вміст магнію змінювався від 106 до 125, сірки – від 72 до 85, кальцію – від 10 до 12, вміст мангану та заліза – від 1,10 до 3,20 мг/100 г крупи сорго зернового.

Розрахунки свідчать, що 100 г крупи цілої найбільше задовольняли біологічну потребу магнієм – на 46,1–54,3 %. Інтегральний скор для заліза змінювався від 21,4 до 22,9 %, а мангану – від 11,0 до 12,8 % залежно від сорту сорго зернового. Для кальцію і сірки інтегральний скор становив 1,0–1,7 %. Найменше добову потребу 100 г крупи задовольняло міддю – лише на 0,5–0,6 %.

Табл. 3. Вміст вітамінів та їх інтегральний скор у 100 г крупи цілої із зерна різних сортів сорго зернового

Вітамін	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
Вміст вітамінів, мг/100 г								
B ₉	0,25×10 ⁻³	0,25×10 ⁻³	0,21×10 ⁻³	0,25×10 ⁻³	0,25×10 ⁻³	0,18×10 ⁻³	0,18×10 ⁻³	0,01
B ₂	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,01
B ₁	0,32	0,33	0,29	0,33	0,32	0,25	0,28	0,02
B ₆	0,32	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,02
E	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1
B ₅	0,55	0,55	0,53	0,54	0,54	0,52	0,51	0,02
B ₃	4,52	4,52	4,48	4,51	4,50	4,46	4,51	0,23
Інтегральний скор, %								
B ₉	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
E	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	0,2
B ₂	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	3,6	3,6	0,3
B ₅	11,0	11,0	11,0	10,6	10,8	10,8	10,4	0,6
B ₆	24,6	25,4	24,6	24,6	24,6	24,6	23,8	1,2
B ₁	29,1	30,0	26,4	30,0	29,1	22,7	25,5	1,5
B ₃	32,3	32,3	32,0	32,2	32,1	31,9	32,2	1,6

Табл. 4. Вміст мінеральних елементів та їх інтегральний скор у 100 г крупи цілої із зерна різних сортів сорго зернового

Мінеральний елемент	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
Вміст мінеральних елементів, мг/100 г								
Cu	0,011	0,010	0,012	0,012	0,012	0,010	0,010	0,001
Mn	1,22	1,28	1,12	1,26	1,23	1,10	1,10	0,05
Fe	3,12	3,20	3,05	3,16	3,12	3,00	3,00	1
Ca	12	12	10	12	12	10	10	1
S	80	85	77	83	80	77	72	3
Mg	123	125	112	125	120	110	106	5
K	320	322	315	325	320	310	310	15
Інтегральний скор, %								
Cu	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,03
Ca	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,0	0,1
S	1,6	1,7	1,5	1,7	1,6	1,5	1,4	0,2
K	7,1	7,2	7,0	7,2	7,1	6,9	6,9	0,4
Mn	12,2	12,8	11,2	12,6	12,3	11,0	11,0	0,5
Fe	22,3	22,9	21,8	22,6	22,3	21,4	21,4	1,1
Mg	53,5	54,3	48,7	54,3	52,2	47,8	46,1	2,7

Вміст амінокислот у крупі сорго зернового достовірно змінювався залежно від сорту (табл. 5).

Табл. 5. Вміст амінокислот у крупі цілій із зерна різних сортів сорго зернового, %

Аміно-кислота	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
Три	0,110	0,110	0,180	0,103	0,107	0,150	0,150	0,005
Мет	0,150	0,154	0,121	0,145	0,145	0,120	0,108	0,007
Ліз	0,177	0,170	0,145	0,172	0,170	0,150	0,132	0,009
Іле	0,305	0,310	0,300	0,306	0,303	0,300	0,278	0,015
Тре	0,310	0,312	0,300	0,307	0,301	0,278	0,289	0,015
Вал	0,381	0,387	0,366	0,384	0,391	0,355	0,350	0,019
Фен	0,445	0,450	0,400	0,432	0,440	0,400	0,437	0,022
Лей	1,085	1,090	1,076	1,082	1,089	1,070	1,070	0,054
Σ _ε	2,963	2,983	3,688	2,931	2,946	3,623	3,614	0,147
КЕМ	0,55	0,55	0,74	0,55	0,55	0,73	0,75	0,028
Гіс	0,160	0,165	0,143	0,165	0,165	0,140	0,140	0,008
Цис	0,176	0,170	0,155	0,162	0,175	0,134	0,120	0,008
Тир	0,215	0,221	0,202	0,212	0,217	0,200	0,200	0,011
Глі	0,301	0,305	0,300	0,310	0,305	0,300	0,288	0,016
Арг	0,370	0,410	0,300	0,350	0,350	0,300	0,230	0,018
Сер	0,415	0,420	0,400	0,403	0,410	0,377	0,356	0,020
Асп	0,606	0,612	0,512	0,551	0,600	0,506	0,500	0,028
Про	0,641	0,651	0,600	0,645	0,645	0,600	0,612	0,032
Ала	0,768	0,762	0,703	0,752	0,755	0,700	0,700	0,038
Глю	1,747	1,742	1,700	1,734	1,721	1,698	1,677	0,087
Σ _з	5,399	5,458	5,015	5,284	5,343	4,955	4,823	0,264
Σ _{ε+з}	8,362	8,441	8,703	8,215	8,289	8,578	8,437	0,411

В складі есенційних амінокислот найвищим був вміст лейцину – 1,070–1,090 % залежно від сорту сорго зернового. Найменше було триптофану – 0,103–0,150 %. Сума есенційних амінокислот змінювалась від 2,963 до 3,688 %, а коефіцієнт метаболізації – від 0,55 до 0,75 залежно від сорту сорго зернового. У складі замінних амінокислот вміст глютамінової кислоти був найвищим – 1,698–1,747 % залежно від сорту. Вміст гістидину був найнижчим – 0,140–0,165 %. Сума замінних амінокислот змінювалась від 4,955 до 5,458 %.

Слід відзначити, що інтегральний скор амінокислот істотно не змінювався залежно від сорту сорго зернового (табл. 6). З есенційних амінокислот найбільше добову потребу 100 г крупі задовольняє лейцином – на 23,3–23,7 %. Найменше цю потребу задовольняє лізином – лише на 3,2–4,3 %. Інтегральний скор для метіоніну становив 6,7–8,6 %, а для фенілаланіну, треоніну, триптофану, валіну, ізолейцину – 9,1–15,3 %.

Табл. 6. Інтегральний скор амінокислот у 100 г крупи цілої із зерна різних сортів сорго зернового, %

Аміно-кислота	Сорт							HIP ₀₅
	Лан 59	Степовий 8	Targga	Primei	Yuki	Anggy	Burggo	
Ліз	4,3	4,1	3,5	4,2	4,1	3,7	3,2	0,2
Мет	8,3	8,6	6,7	8,1	8,1	6,7	6,0	0,4
Фен	10,1	10,2	9,1	9,8	10,0	9,1	9,9	0,5
Тре	12,9	13,0	12,5	12,8	12,5	11,6	12,0	0,6
Три	13,8	13,8	11,3	12,9	13,4	11,3	11,3	0,7
Вал	15,2	15,5	14,6	15,4	15,6	14,2	14,0	0,8
Іле	15,3	15,5	15,0	15,3	15,2	15,0	13,9	0,8
Лей	23,6	23,7	23,4	23,5	23,7	23,3	23,3	1,2
Тир	4,9	5,0	4,6	4,8	4,9	4,5	4,5	0,2
Асп	5,0	5,0	4,2	4,5	4,9	4,1	4,1	0,2
Сер	5,0	5,1	4,8	4,9	4,9	4,5	4,3	0,2
Арг	6,1	6,7	4,9	5,7	5,7	4,9	3,8	0,3
Гіс	7,6	7,9	6,8	7,9	7,9	6,7	6,7	0,4
Глі	8,6	8,7	8,6	8,9	8,7	8,6	8,2	0,4
Цис	9,8	9,4	8,6	9,0	9,7	7,4	6,7	0,5
Ала	11,6	11,5	10,7	11,4	11,4	10,6	10,6	0,6
Глю	12,8	12,8	12,5	12,8	12,7	12,5	12,3	0,6
Про	14,2	14,5	13,3	14,3	14,3	13,3	13,6	0,7

У складі замічних амінокислот найвищий інтегральний скор був для проліну – 13,3–14,5 %. Цей показник для аланіну та глютамінової кислоти був на рівні 10,6–12,8 %, а для решти замічних амінокислот – 4,5–9,8 %.

Висновки. У крупі цілій із сорго зернового міститься крохмалю 65,0–68,0 %, білка – 8,0–8,5, харчових волокон – 5,0–6,1, жиру – 2,3–3,2, золи – 1,15–1,35, глюкози – 0,70–0,87 % залежно від сорту. Основною карбоною кислотою є лінолева – 1,300–1,333 %. Основною мононенасиченою кислотою є олеїнова, а в складі насичених жирних кислот – пальмітинова – 0,415–0,435 % залежно від сорту сорго зернового. Встановлено, що 100 г крупи сорго зернового найбільше задовольняє біологічну потребу вітаміном В₃ – на 31,9–32,3 % залежно від сорту. Інтегральний скор для вітаміну В₁ змінюється від 22,7 до 30,0 %, а для вітаміну В₆ – від 23,8 до 24,6 %. Розрахунки свідчать, що 100 г крупи цілої найбільше задовольняють біологічну потребу магнієм – на 46,1–54,3 %. Інтегральний скор для заліза змінювався від 21,4 до 22,9 %, а мангану – від 11,0 до 12,8 % залежно від сорту сорго зернового. З есенційних амінокислот найбільше добову потребу 100 г крупи задовольняє лейцином – на 23,3–23,7 %. У складі замічних амінокислот найвищий інтегральний скор був для проліну – 13,3–14,5 %.

Зерно сортів Лан 59, Степовий 8, Primei, Yuki, Burggo характеризується вищим вмістом вітамінів і мінеральних елементів, що забезпечує вищий інтегральний скор.

Література:

1. Elhassan M. S. M., Emmambux M. N., Hays D. V., Peterson G. C., Taylor J. R. N. Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *J. Cereal Sci.* 2015. Vol. 65. P. 132–139.
2. 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.
3. Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Любич В. В., Полянецька І. О. Круп'яні властивості зерна різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ.* 2017. №1. С. 12–16.
4. Pontieri P., Troisi J., Calcagnile M., Bean S. R. et al. Chemical Composition, Fatty Acid and Mineral Content of Food-Grade White, Red and Black Sorghum Varieties Grown in the Mediterranean Environment. *Foods.* 2022. Vol. 11(3). Article number 436.
5. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА.* 2017. №3. С. 18–24.
6. 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.
7. Khan I., Yousif A. M., Johnson S. K., Gamlath S. Acute effect of sorghum flourcontaining pasta on plasma total polyphenols, antioxidant capacity and oxidative stress markers in healthy subjects: A randomised controlled trial. *Clin. Nutr.* 2015. Vol. 34. P. 415–421.
8. Smolensky D., Rhodes D., McVey D. S., Fawver Z., Perumal R., Herald T., Noronha L. High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *J. Med. Food.* 2018. Vol. 21. P. 990–998.
9. Dykes L., Rooney L. W., Waniska R. D., Rooney W. L. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53. P. 6813–6818.
10. Xiong Y., Zhang P., Johnson S., Luo J., Fang Z. Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *J. Sci. Food Agric.* 2020. Vol. 100. P. 978–985.
11. Wu G., Johnson S.K., Bornman J. F., Bennett S. J., Clarke M. W., Singh V., Fang Z. Growth temperature and genotype both play important roles in sorghum grain phenolic composition. *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6. P. Article number 21835.
12. Rao S., Santhakumar A. B., Chinkwo K. A., Wu G., Johnson S. K., Blanchard C. L. Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *J. Cereal Sci.* 2018. Vol. 84. P. 103–111.
13. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О. Вихід і якість круп'яних продуктів із зерна сортів і ліній пшениць. *Вісник Полтавської ДАА.* 2017. №4. С. 11–18.

14. Любич В. В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. Умань. 2016. Вип. 89. С. 199–206.

References:

1. Elhassan, M. S. M., Emmambux, M. N., Hays, D. B., Peterson, G. C., Taylor, J. R. N. (2015). Novel biofortified sorghum lines with combined waxy (high amylopectin) starch and high protein digestibility traits: Effects on endosperm and flour properties. *J. Cereal Sci.*, 2015, no. 65, pp. 132–139.

2. Lyubich, V. V., Voitovska, V. I., Kryzhanivsky, V. G., Tretyakova, S. O. (2021). Formation of biochemical component of flour from grain of different hybrids of rice. *Bulletin of Uman NUS*, 2021, no. 1, pp. 66–70. (in Ukrainian).

3. Gospodarenko, G. M., Martyniuk, A. T., Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O. (2017). Cereal properties of grain of different varieties and lines of spelled wheat. *Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian University*, 2017, no. 1, pp. 12–16. (in Ukrainian).

4. Pontieri, P., Troisi, J., Calcagnile, M., Bean, S. R. et al. (2022). Chemical Composition, Fatty Acid and Mineral Content of Food-Grade White, Red and Black Sorghum Varieties Grown in the Mediterranean Environment. *Foods*, 2022, no. 11(3), Article number 436.

5. Liubych, V. V. (2017). The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines. *Bulletin of Poltava State agrarian university*, 2017, no. 3, pp. 18–24. (in Ukrainian).

6. Liubych, V. V. (2017). Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Bulletin of Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 2017, no. 95, pp. 146–161. (in Ukrainian).

7. Khan, I., Yousif, A. M., Johnson, S. K., Gamalath, S. (2015). Acute effect of sorghum flour-containing pasta on plasma total polyphenols, antioxidant capacity and oxidative stress markers in healthy subjects: A randomised controlled trial. *Clin. Nutr.*, 2015, no. 34, pp. 415–421.

8. Smolensky, D., Rhodes, D., McVey, D.S., Fawver, Z., Perumal, R., Herald, T., Noronha, L. (2018). High-polyphenol sorghum bran extract inhibits cancer cell growth through ROS induction, cell cycle arrest, and apoptosis. *J. Med. Food*, 2018, no. 21, pp. 990–998

9. Dykes, L., Rooney, L. W., Waniska, R. D., Rooney, W. L. (2005). Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, no. 53, pp. 6813–6818.

10. Xiong, Y., Zhang, P., Johnson, S., Luo, J., Fang, Z. (2020). Comparison of the phenolic contents, antioxidant activity and volatile compounds of different sorghum varieties during tea processing. *J. Sci. Food Agric.*, 2020, no. 100, pp. 978–985.

11. Wu, G., Johnson, S. K., Bornman, J. F., Bennett, S. J., Clarke, M. W., Singh, V., Fang, Z. (2016). Growth temperature and genotype both play important roles in sorghum grain phenolic composition. *Sci. Rep.*, 2016, no. 6, article number 21835.

12. Rao, S., Santhakumar, A.B., Chinkwo, K. A., Wu, G., Johnson, S. K., Blanchard, C. L. (2018). Characterization of phenolic compounds and antioxidant activity in sorghum grains. *J. Cereal Sci.*, 2018, no. 84, pp. 103–111.

13. Gospodarenko, G. M., Lyubich, V. V., Polyanetska, I. O. (2017). Yield and quality of cereals from grain varieties and lines of wheat. *Bulletin of the Poltava SAA*, 2017, no. 4, pp. 11–18. (in Ukrainian).

14. Liubych, V. V. (2016). Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and strain. *Collection of scientific works of of Uman NUH*, 2016, no. 89, pp. 199–206. (in Ukrainian).

Annotation

Tretiakova S. O., Liubych V. V., Zabolotnyi O. I., Voitovska V. I.

Nutritional value of whole grains of different varieties of sorghum

Introduction. Grain sorghum is one of the most common cereals. Usually used for technical purposes. The products of grain processing are gluten-free, so the study of the biochemical component of sorghum cereals is relevant.

Methods. Laboratory, chemical, physicochemical, statistical, computational.

Results. Carbohydrates represent the largest part of whole grain sorghum cereals – 68.0–70.2 % depending on the variety. The share of starch in carbohydrates was 95–96 %. The protein content varied from 8.0 to 8.5 % depending on the variety of grain sorghum. The lowest glucose content was 0.70–0.89 %. Of the studied vitamins, whole grain sorghum contained the least B9 – $0.18–0.25 \times 10^{-3}$, depending on the variety. The highest content of vitamin B3 – 4.46–4.52 mg/100 g of cereal. The content of vitamin B2 was from 0.04 to 0.06 and vitamins B1, B6, E, B5 – 0.25–0.55 mg/100 g of cereal. Of the studied mineral elements, whole grains contained the least copper – 0.010–0.012 mg/100 g. The potassium content was the highest – 310–322 mg/100 g of cereals. The content of magnesium varied from 106 to 125, sulfur – from 72 to 85; calcium – from 10 to 12, the content of manganese and iron – from 1.10 to 3.20 mg/100 g of grain sorghum. The content of leucine in the composition of essential amino acids was the highest – 1,070–1,090 % depending on the variety of grain sorghum. Tryptophan was the least – 0.103–0.150 %. The amount of essential amino acids varied from 2.963 to 3.688 %, and the metabolic rate – from 0.55 to 0.75 depending on the variety of grain sorghum. The content of glutamic acid in the composition of substitute amino acids was the highest – 1,698–1,747 % depending on the variety. The histidine content was the lowest – 0.140–0.165 %.

Conclusions. Whole grain sorghum contains 65.0–68.0 % of starch, 8.0–8.5 % of protein, 5.0–6.1 % of dietary fiber, 2.3–3.2 % of fat, and ash of 1.15–1.35, glucose – 0.70–0.87 % depending on the variety. The main carboxylic acid is linoleic – 1,300–1,333 %. The main monounsaturated acid is oleic, and in the composition of saturated fatty acids – palmitic – 0.415–0.435 %, depending on the variety of grain sorghum. It was founding that 100 g of grain sorghum grain most satisfies the biological need for vitamin B3 – by 31.9–32.3 % depending on the variety. The integrated rate for vitamin B1 varies from 22.7 to 30.0 %, and for vitamin B6 – from 23.8 to 24.6 %. Calculations show that 100 g of whole grains most satisfy the biological need for magnesium – by 46.1–54.3 %. The integrated rate for iron varied from 21.4 to 22.9 %, and manganese – from 11.0 to 12.8 % depending on the variety of grain sorghum. Of the essential amino acids, the greatest daily requirement of 100 g of cereals is meting by leucine – by 23.3–23.7 %. In the composition of substituted amino acids, the highest integral score was for proline – 13.3–14.5 %.

Key words: grain sorghum, whole grain, biochemical component, integral score, variety.