

ОЦІНКА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНИХ, БІОХІМІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ

Л. М. КОНОНЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
А. В. ВИШИНСЬКИЙ здобувач третього (освітньо-наукового) рівня
вищої освіти (доктор філософії)
Уманський національний університет

Досліджено морфофізіологічні, біохімічні і технологічні властивості насіння сочевиці залежно від виду. Встановлено, що чорна сочевиця має найбільший вміст білка ($26,1 \pm 1,4$ %). Найвищий рівень клітковини виявлений у коричневій сочевиці ($10,3 \pm 0,6$ %), що визначає її щільну оболонку. Чорна сочевиця має найвищий рівень антоціанів ($1,8 \pm 0,1$ мг/г). Коричнева сочевиця містить найбільше фенольних сполук ($6,1 \pm 0,3$ мг GAE/г) і флаваноїдів ($3,0 \pm 0,2$ мг QE/г). Жовта сочевиця має найвищий вміст крохмалю ($53,1 \pm 2,6$ %), що забезпечує її м'якість після варіння. Зелена сочевиця має найбільшу масу 1000 насінин ($55,2 \pm 2,3$ г), що полегшує її механічну обробку. Червона сочевиця має найменший час приготування ($18,3 \pm 1,0$ хв). Водопоглинальна здатність червоної сочевиці ($125,8 \pm 5,2$ %) є найвищою, що сприяє її швидкому розварюванню.

Ключові слова: оболонка, якісні показники, оболонка, елементи, вміст

Вступ. Сочевиця (*Lens culinaris* Medik.) є однією з провідних зернобобових культур, що вирізняється високим вмістом білка, харчових волокон, мінеральних елементів і вітамінів, що зумовлює її вагоме значення у раціонах, зокрема при вегетаріанському або знижено-тваринному харчуванні [1]. Разом з тим, фізіолого-біохімічні особливості насіння суттєво варіюють залежно від ботанічного типу та забарвлення насіння, що обумовлює відмінності у кулінарних властивостях і технологічній придатності різних форм [2]. У цьому контексті доцільним є комплексне вивчення морфологічних ознак, хімічного складу та функціонально-технологічних параметрів зерна сочевиці для обґрунтованого добору вихідного матеріалу та оптимізації напрямів його подальшого використання в харчових технологіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка морфофізіологічних, біохімічних і технологічних властивостей зерна сочевиці залежно від виду є цінним, оскільки ці характеристики безпосередньо впливають на якість продуктів харчування, що виготовляються з цієї культури, та її споживчі властивості. Сочевиця (*Lens culinaris* Medik.) є однією з найдавніших культур, що використовуються в харчуванні людини, і науковці постійно вивчають її різні властивості з метою підвищення її якості [3].

У роботах українських дослідників, таких як Болгова Н. В. та Резніченко В. П. обговорюється важливість сортових і біохімічних особливостей сочевиці для підвищення її харчової цінності [4, 5]. Вони підкреслюють значення кількості білка, клітковини та вітамінів у зерні для здоров'я людини. Дослідження показали, що сорти з більш темним забарвленням зерна мають вищий вміст фенольних сполук, які проявляють антиоксидантні властивості, що позитивно впливають на здоров'я і стабільність продукту під час зберігання.

Іноземні дослідники також акцентують увагу на біохімічному складі зерна сочевиці. Так, наголошують на важливості вивчення впливу забарвлення зерна на його технологічні властивості. Вони вказують, що різні кольори оболонки сочевиці можуть впливати на її водопоглинальну здатність, час розварювання і збереження смакових властивостей при термічній обробці [6–8].

Згідно з дослідженнями Dhull S. B. зі співавторами, технологічні властивості, такі як коефіцієнт розварювання та збереження форми зерна, можуть варіювати залежно від виду і забарвлення зерна [9]. Вони відзначають, що сорти з більш світлим забарвленням зазвичай мають більш м'яку консистенцію, а темні сорти зберігають форму і мають кращі кулінарні властивості [10, 11].

У роботі Gandhi Н. акцентується увага на генотипних відмінностях сортів і їх технологічних властивостях. Зокрема, ці дослідники порівнюють різні сорти за кількісними та якісними характеристиками, вказуючи на значну роль фенотипічних ознак, таких як форма та забарвлення зерна, у визначенні кінцевих властивостей продукту [12]. Сучасні дослідження Alrosan Mohammad також враховують не тільки біохімічні характеристики, а й екологічні аспекти вирощування сочевиці, що описано в роботах. Вони стверджують, що застосування екологічних методів вирощування, які сприяють покращенню якості зерна, є важливим аспектом сталого сільського господарства [13]. У контексті технологічних властивостей, важливим аспектом є здатність зерна до водопоглинання та втрата сухої маси під час обробки, що, як зазначають дослідники, безпосередньо залежить від генетичних особливостей та екологічних умов вирощування [14].

Таким чином, наукові дослідження вказують на те, що морфологічні, біохімічні та технологічні властивості сочевиці мають значний вплив на її використання в харчовій промисловості, і цей вплив варіюється залежно від виду та забарвлення зерна. Вивчення цих характеристик допомагає виявити найкращі сорти для виробництва різноманітних харчових продуктів, що мають високу харчову та технологічну цінність [15].

Біохімічний склад оболонки сочевиці суттєво варіює залежно від її виду та забарвлення, і ця варіативність має практичне значення у кількох ключових аспектах. По-перше, оболонка є джерелом харчових волокон, фенольних сполук, мінералів і вітамінів, кількість яких змінюється в залежності від кольору насіння, що напряму впливає на його поживну цінність. По-друге, різниця у складі оболонки обумовлює кулінарну придатність: наприклад, темнозабарвлені види часто мають вищий вміст антиоксидантів, але й довше готуються. Крім того, хімічний склад оболонки визначає стійкість до зберігання, реакцію на

технологічну обробку (варіння, сушіння), а також може відображати адаптивність сорту до умов вирощування. Усе це важливо враховувати при виборі видів і сортів як для харчової промисловості, так і для селекції.

Метою досліджень є встановлення морфофізіологічних, біохімічних і технологічних властивостей насіння сочевиці залежно від виду та забарвлення. Оцінка цих характеристик дозволить визначити їхній вплив на якість продукції та вибір оптимальних сортів для використання в харчовій промисловості та агропромисловому виробництві.

Методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2022–2024 рр. у спеціалізованій контрольно-насіннєвій аналітико-технологічній лабораторії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Для проведення досліджень морфофізіологічних, біохімічних і технологічних властивостей насіння сочевиці використовувалися стандарти, методи та норми, затверджені в державних стандартах України, що дозволяє забезпечити наукову точність та стандартизовані процедури [18–20].

У досліджах використовували насіння різних видів сочевиці, що різняться забарвленням (червона, зелена, чорна, коричнева). Насіння було відібрано відповідно до вимог ДСТУ 4413 : 2005 і ДСТУ 4916 : 2008 [21, 22]. Оцінка морфологічних властивостей, таких як форма, розмір, колір, текстура, проводилася за допомогою мікроскопії та інших вимірювальних методів, що відповідають вимогам ISO 9796 : 2000 [21]. Визначення основних біохімічних компонентів насіння сочевиці, таких як білки, ліпіди, вуглеводи, мінеральні речовини, проводилось за стандартами ДСТУ 4413 : 2005 [22]. Оцінка вмісту крохмалю та білків здійснювалася за методом Едвардса (на основі йодного реагенту) для визначення кількості розчинного та нерозчинного крохмалю, а також методом Кьельдаля для визначення загального вмісту білка в насінні. Технологічні показники (варіння, коефіцієнт розварювання, консистенція м'якоті), виконувалося відповідно до методів, рекомендованих у методичних рекомендаціях. Досліджували рівень водопоглинання насіння для вивчення їх фізіологічних характеристик при термічній обробці і для проводили стандартні кулінарні тести [23]. Для обробки отриманих результатів використовувався дисперсійний аналіз (ANOVA), а також t-тест для порівняння середніх значень різних груп. Усі статистичні обчислення проводилися за допомогою програмного забезпечення SPSS.

Результати досліджень. Встановлено, що найвищий рівень білка спостерігається у чорної сочевиці ($26,1 \pm 1,4 \%$), що значно перевищує показники інших видів ($p < 0,0008$). Дещо нижчий рівень має червона сочевиця ($25,2 \pm 1,3 \%$), що вказує на її високу поживну цінність. Найменший вміст білка зареєстровано у жовтої сочевиці ($22,6 \pm 1,0 \%$), що може бути важливим для споживачів, які орієнтуються на білкову діету (табл. 1).

Найвищий вміст крохмалю зафіксовано у жовтої сочевиці – $53,1 \pm 2,6 \%$, що свідчить про її підвищену енергетичну цінність. Натомість найменший рівень цього показника виявлено у коричневої форми – $49,5 \pm 2,1 \%$ ($p = 0,0054$), що може мати вплив на її кулінарну функціональність і смакові властивості.

Табл. 1. Якісні показники насіння сочевиці залежно від виду, 2022–2024 рр.

Показник	Вид					F-статистика	p-значення
	червона (M ± m)	зелена (M ± m)	коричнева (M ± m)	жовта (M ± m)	чорна (M ± m)		
Вміст білка, %	25,2 ± 1,3	24,5 ± 1,2	23,8 ± 1,1	22,6 ± 1,0	26,1 ± 1,4	9,25	0,0008
Вміст крохмалю, %	52,3 ± 2,5	50,8 ± 2,2	49,5 ± 2,1	53,1 ± 2,6	51,9 ± 2,4	4,62	0,0054
Вміст клітковини, %	4,1 ± 0,2	5,2 ± 0,3	6,0 ± 0,4	3,8 ± 0,2	4,6 ± 0,3	12,75	<0,0001
Маса 1000 насінин, г	42,5 ± 1,8	55,2 ± 2,3	48,1 ± 2,1	38,9 ± 1,7	44,6 ± 1,9	15,32	<0,0001
Вміст води, %	11,2 ± 0,4	10,8 ± 0,3	10,5 ± 0,3	11,5 ± 0,4	10,9 ± 0,3	3,72	0,0121
Вміст жирів, %	1,2 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,85	0,0247
Вміст золи, %	3,5 ± 0,2	3,2 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,3 ± 0,2	2,15	0,0724
Вміст антиоксидантів, мг/100 г	15,2 ± 0,8	12,8 ± 0,7	10,5 ± 0,6	9,2 ± 0,5	18,1 ± 0,9	17,89	<0,0001

Аналіз вмісту клітковини засвідчив перевагу коричневої сочевиці ($6,0 \pm 0,4$ %), що робить її доцільною для раціонів із підвищеним вмістом харчових волокон. Жовта сочевиця, навпаки, мала найнижчий показник – $3,8 \pm 0,2$ %, що частково пояснює її м'яку текстуру після термічної обробки. Виявлені міжвидові відмінності є статистично достовірними ($p < 0,0001$).

Експериментально підтверджено, що зелена сочевиця має найбільшу масу 1000 насінин ($55,2 \pm 2,3$ г), що може бути корисним при її механічній обробці та сортуванні. Найменша маса зафіксована у жовтої сочевиці ($38,9 \pm 1,7$ г), що пояснюється її дрібнозернистою структурою. Значуща різниця між видами ($p < 0,0001$) підкреслює морфологічні особливості кожного типу. Визначено, що діапазон вмісту води незначний (10,5–11,5 %), що свідчить про приблизно однакову збереженість зерен. Найвищий рівень води у жовтої сочевиці ($11,5 \pm 0,4$ %), а найнижчий – у коричневої ($10,5 \pm 0,3$ %). Відмінності мають помірну статистичну значущість ($p = 0,0121$) (табл. 1).

Встановлено, що чорна сочевиця має найбільший вміст жирів ($1,5 \pm 0,1$ %), що може сприяти її насиченому смаку. Водночас, найнижчий рівень спостерігається у коричневої сочевиці ($1,1 \pm 0,1$ %), що впливає на її харчові властивості. Незначна різниця між видами підтверджується $p = 0,0247$. Рівень зольних речовин варіюється від 3,1% (коричнева сочевиця) до 3,5 % (червона сочевиця). Відмінності не мають високої статистичної значущості ($p = 0,0724$), що вказує на порівнянну мінеральну складову всіх видів (табл.1). Досліджено, що чорна сочевиця має найвищий рівень антиоксидантів ($18,1 \pm 0,9$ мг/100 г), що робить її цінним джерелом біологічно активних речовин. Найнижчий показник

спостерігається у жовтої сочевиці ($9,2 \pm 0,5$ мг/100 г), що вдвічі менше, ніж у чорної. Відмінності між видами є високо значущими ($p < 0,0001$).

Доцільно вказати, що чорна сочевиця вирізняється найвищим вмістом білка (26,1 %) та антиоксидантів (18,1 мг/100 г), що робить її особливо цінною для здорового харчування, а червона сочевиця містить відносно багато білка (25,2 %) та золи (3,5 %), що вказує на її мінеральну насиченість. Зелена сочевиця має найбільшу масу 1000 насінин (55,2 г), що полегшує її промислову переробку. Коричнева сочевиця демонструє високий вміст клітковини (6,0 %) і найнижчий рівень вологи (10,5 %), що позитивно впливає на її збереженість. Жовта сочевиця має найвищий вміст крохмалю (53,1 %), що забезпечує її м'якість після термічної обробки (табл. 1).

Таким чином, отримані дані свідчать про значні відмінності між видами сочевиці за якісними показниками. Чорна сочевиця має найкращі антиоксидантні властивості, зелена – найбільшу масу насіння, а коричнева – найбільший вміст клітковини. Це дозволяє споживачам та переробникам вибирати відповідний вид залежно від цільового використання.

Аналіз біохімічного складу оболонки сочевиці виявив суттєві відмінності, зумовлені видом та забарвленням зерна. Найвищий вміст клітковини зафіксовано у коричневої сочевиці – $10,3 \pm 0,6$ %, що свідчить про більш щільну та структуровану оболонку. Найнижчі показники спостерігалися у червоної форми – $5,2 \pm 0,3$ %, що корелює з її м'якою текстурою після термічної обробки. Чорна (8,5 %), зелена (9,1 %) та жовта (6,8 %) сочевиця характеризуються проміжними значеннями цього показника (табл. 2).

**Табл. 2. Біохімічний склад оболонки зерна сочевиці різних видів
(% на суху масу), 2022–2024 рр.**

Показник	Вид					ANOVA (F-статистика)	p-значення
	чорна (M ± m)	червона (M ± m)	зелена (M ± m)	коричнева (M ± m)	жовта (M ± m)		
Клітковина, %	$8,5 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,3$	$9,1 \pm 0,5$	$10,3 \pm 0,6$	$6,8 \pm 0,4$	22,8	<0,0001
Геміцелюлози, %	$4,2 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,2$	9,17	0,0011
Лігнін, %	$2,3 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,1$	16,72	<0,0001
Загальний вміст фенолів, мг GAE/г	$4,8 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,1$	$5,2 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,2$	24,61	<0,0001
Флавоноїди, мг QE/г	$2,1 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,1$	18,39	<0,0001
Антоціани, мг/г	$1,8 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,05$	$0,9 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,05$	35,42	<0,0001
Карбонові кислоти, мг/г	$2,4 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$	14,28	<0,0001
Зольність, %	$3,8 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$	10,76	0,0017

Вміст геміцелюлози також варіював залежно від виду. Максимальні значення відмічено у коричневої сочевиці ($5,1 \pm 0,3 \%$), що зумовлює підвищену структурну міцність оболонки, тоді як найнижчий рівень ($3,5 \pm 0,2 \%$) був характерний для червоної сочевиці, вказуючи на менший вміст структурних вуглеводів. За рівнем лігніну лідирують коричнева ($3,0 \pm 0,2 \%$) та зелена ($2,5 \pm 0,1 \%$) форми, що обумовлює їхню більшу стійкість до руйнування під час кулінарної обробки. Натомість червона сочевиця, яка містила лише $1,6 \pm 0,1 \%$ лігніну, має підвищену здатність до розварювання, що пояснює її швидке розм'якшення під час варіння (табл. 2).

Встановлено, що найбільша кількість фенольних сполук у коричневої ($6,1 \pm 0,3$ мг GAE/г) та зеленої ($5,2 \pm 0,3$ мг GAE/г) сочевиці, що вказує на їх антиоксидантну активність, а червона ($2,9 \pm 0,1$ мг GAE/г) та жовта ($3,5 \pm 0,2$ мг GAE/г) сочевиця мають нижчі показники. Варто вказати, що флаваноїди мали вміст у коричневої сочевиці ($3,0 \pm 0,2$ мг QE/г), що підтверджує її високу біологічну активність, а у червоної сочевиці ($1,4 \pm 0,1$ мг QE/г) має мінімальні значення, що може бути пов'язано з меншою концентрацією пігментів (табл. 2).

Найвищий антоціанів у чорної сочевиці ($1,8 \pm 0,1$ мг/г), що пояснює її темне забарвлення, а мінімальні значення у червоної ($0,5 \pm 0,05$ мг/г) та жовтої ($0,6 \pm 0,05$ мг/г) сочевиці, що підтверджує їх низький рівень пігментованих флавоноїдів. Карбонові кислоти становили: у коричневої сочевиці ($3,2 \pm 0,2$ мг/г), що забезпечує її стійкість до варіння, а найнижчий у червоної сочевиці ($1,8 \pm 0,1$ мг/г), що впливає на її швидке розварювання (табл. 2).

Зольність є індикатором вмісту макро- і мікроелементів (Ca, Mg, K, Fe, Zn, P тощо), необхідних для нормального функціонування організму. Чим вища зольність – тим більше мінералів у продукті. Найвищу зольність відмічено у коричневої сочевиці ($4,5 \pm 0,2 \%$), що свідчить про високий вміст мінеральних речовин в оболонці, а найнижчий рівень у червоної сочевиці ($2,7 \pm 0,1 \%$), що узгоджується з її меншою щільністю оболонки (табл. 2).

Таким чином, коричнева сочевиця має найвищий рівень клітковини ($10,3 \%$), фенолів ($6,1$ мг GAE/г) і лігніну ($3,0 \%$), що робить її найбільш корисною для травлення та антиоксидантного захисту. Червона сочевиця містить найменше клітковини ($5,2 \%$) і фенольних сполук ($2,9$ мг GAE/г), що пояснює її м'яку консистенцію та швидке розварювання. Чорна сочевиця має найвищий рівень антоціанів ($1,8$ мг/г), що свідчить про її високий антиоксидантний потенціал. Зелена сочевиця характеризується високим вмістом геміцелюлоз ($4,8 \%$) та фенолів ($5,2$ мг GAE/г), що позитивно впливає на її харчову цінність.

У дослідженнях були вивчені кулінарні показники зерна сочевиці залежно від виду та забарвлення. Встановлено, що найменший час приготування має червона сочевиця ($18,3 \pm 1,0$ хв), що пояснюється відсутністю оболонки, а найдовше вариться коричнева сочевиця ($28,2 \pm 1,6$ хв), що може бути пов'язано з її щільною структурою ($p < 0.0001$). Чорна та жовта сочевиця займають проміжне місце ($22,5 \pm 1,2$ хв. і $20,5 \pm 1,1$ хв. відповідно) (табл. 3). Коефіцієнт розварювання становив найвищу складову у червоної сочевиці ($2,6 \pm 0,2$), що робить її найбільш розсипчастою після варіння, а найнижчий коефіцієнт у коричневої

сочевиці ($1,7 \pm 0,1$), що підтверджує її здатність добре зберігати форму при термічній обробці.

Табл. 3. Кулінарні показники зерна сочевиці залежно від виду, 2022–2024 рр.

Показник	Вид					ANOVA (F-статистика)	p-значення
	чорна (M ± m)	червона (M ± m)	зелена (M ± m)	коричнева (M ± m)	жовта (M ± m)		
Тривалість варіння, хв	22,5 ± 1,2	18,3 ± 1,0	25,8 ± 1,5	28,2 ± 1,6	20,5 ± 1,1	15,72	<0,0001
Коефіцієнт розварювання	2,1 ± 0,1	2,6 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1	9,83	0,0013
Водопоглинальна здатність, %	110,2 ± 4,5	125,8 ± 5,2	98,5 ± 3,8	95,3 ± 3,6	115,6 ± 4,7	12,45	<0,0001
Втрата сухої маси, %	5,1 ± 0,3	6,8 ± 0,4	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,2	5,9 ± 0,3	7,92	0,0024
Збереження форми зерна, %	85,3 ± 2,1	70,2 ± 1,9	90,1 ± 2,3	92,5 ± 2,5	78,6 ± 2,0	18,36	<0,0001
Консистенція м'якоті (1 – тверда, 5 – розсипчаста)	3,8 ± 0,2	4,5 ± 0,3	3,5 ± 0,2	3,2 ± 0,2	4,2 ± 0,2	8,73	0,0019
pH відвару	6,1 ± 0,2	5,8 ± 0,1	6,3 ± 0,2	6,4 ± 0,2	6,0 ± 0,2	5,62	0,0048

Відмічено, що статистично значущі відмінності ($p = 0.0013$) вказують на морфологічні особливості кожного виду. Встановлено, що водопоглинальна здатність різних видів сочевиці суттєво відрізняється залежно від їх морфологічної структури та забарвлення насіння. Так, червона сочевиця характеризується найвищим показником водопоглинання – $125,8 \pm 5,2$ %, що корелює з її схильністю до швидкого розварювання. У коричневої сочевиці цей показник найнижчий ($95,3 \pm 3,6$ %), що пояснюється щільнішою структурою насінної оболонки. Проміжні значення зареєстровано для жовтої ($115,6 \pm 4,7$ %) та чорної ($110,2 \pm 4,5$ %) форм (табл. 3).

Показники втрати сухої речовини під час термічної обробки також варіювали. Найбільші втрати виявлені у червоної сочевиці – $6,8 \pm 0,4$ %, що свідчить про її м'яку текстуру та слабку механічну стійкість оболонки. У коричневої сочевиці цей показник найменший – $4,2 \pm 0,2$ %, що є додатковим свідченням її щільної будови. Здатність зберігати форму після варіння найвища у коричневої ($92,5 \pm 2,5$ %) та зеленої ($90,1 \pm 2,3$ %) сочевиці, що робить їх придатними для салатів і гарнірів. У червоної сочевиці цей показник найнижчий – $70,2 \pm 1,9$ %, що пов'язано з інтенсивним розварюванням зерна. Відмінності є статистично достовірними ($p < 0,0001$).

Консистенція м'якоті відмічено, що розсипчаста м'якість у червоної ($4,5 \pm 0,3$) та жовтої ($4,2 \pm 0,2$) сочевиці, а найщільніша консистенція у коричневої сочевиці ($3,2 \pm 0,2$), що підтверджує її структурну стійкість після варіння (табл. 3). Найкисліший відвар у червоної сочевиці ($5,8 \pm 0,1$), що впливає на її смак і взаємодію з іншими продуктами, а найбільш нейтральний рН має коричнева сочевиця ($6,4 \pm 0,2$), що робить її більш універсальною у кулінарії.

Таким чином, червона сочевиця має високу водопоглинальну здатність і схильна до швидкого розварювання, що підтверджується найбільшими втратами сухої маси та низьким збереженням форми. Коричнева сочевиця, з найменшим рівнем водопоглинання та міцною оболонкою, зберігає найкращу форму і має найщільнішу консистенцію після варіння, що робить її ідеальною для салатів і гарнірів. Жовта та чорна сочевиці мають середні показники за консистенцією та водопоглинанням, що також робить їх придатними для різних страв.

Висновки. Встановлено статистично значущі відмінності у тривалості та коефіцієнті розварювання сочевиці залежно від морфологічних особливостей зерна. Тривалість варіння варіювала від 18,3 до 72,5 хв, а коефіцієнт розварювання – від 1,2 до 2,3. Порівняльний аналіз показав, що червона сочевиця мала найменший час варіння (18,3 хв), найвищу водопоглинальну здатність (125,8 %) і втрати сухої маси (6,8 %), зелена – середній час приготування (25,8 хв), водопоглинання (98,5 %) і збереження форми (90,1%), коричнева – найменші втрати сухої маси (4,2 %) і найвищу твердість після варіння (3,2 бала), чорна – збалансовані кулінарні властивості (22,5 хв, 2,8 бала, 5,1 % втрат), а жовта – високий коефіцієнт розварювання (2,3) при помірній тривалості варіння (20,5 хв). Червона сочевиця характеризувалась найменшою тривалістю термообробки, високою водопоглинальною здатністю та значними втратами сухої речовини, що зумовлює її придатність для супів і пюре. Зелена та коричнева форми відзначалися кращим збереженням цілісності зерна, що робить їх доцільними для гарнірів і салатів. Біохімічні показники також варіювали залежно від забарвлення: вміст білка становив 17,2–23,5 %.

Література:

1. Присяжнюк О. І., Топчій О. В., Слободянюк С. В. та ін. Сочевиця. Біологія та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.
2. Янюк Т. І., Тракало Т. О., Ганзенко В. В. Вивчення властивостей зернобобової сировини для отримання функціональних продуктів. *Молодий вчений*. 2021. № 6 (94). С. 108–113.
3. Войтовська В. І., Третьякова С. О., Євчук Я. В., Кононенко Л. М. Безглютенові види борошна та їх використання у виробництві харчових виробів спеціального призначення. *The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2021. Р. 431–442.
4. Болгова Н., Самілик М., Назаренко Ю., Шмідт Б. Обґрунтування вибору білкової рослинної сировини для розробки сирного продукту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. № 13.2. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2 -3 0

5. Резніченко В. П., Ковальов М. М., Корнічева Г. І. Вплив мінерального живлення та інокуляції на урожайність сочевиці. The VIII th International scientific and practical conference “Modern problems in science” (November 09–12). Prague, Czech Republic, 2020. С. 42–46.
6. Liberal Â., Gonçalves C., Andrade P. B., Valentão P., Pinto E. Nutritional, chemical, and antioxidant screening of selected varieties of lentils (*Lens culinaris* spp.) from organic and conventional agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. Vol. 104. № 1. P. 104–115.
7. Li M., Zhang Y., Yan Y., Zuo Y., Wei L., Song Z. Nutritional value, phytochemical potential, and biological activities in lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Food Reviews International*. 2024. Vol. 40. № 7. P. 2024–2054.
8. Prysiashniuk O., Maliarenko O., L. Biliavska, Voitovska V., Kononenko L., Klymovych N., Poltoretska N. Measuring and alleviating drought stress in pea and lentil. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21. Issue 2. P. 560–576. DOI: 10.159/AR.23.023
9. Dhull S. B., Kinabo J., Uebersax M. A. Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5. № 1. Article e156.
10. Abd El-Aziz A. R., Al-Othman M. R. Gold nanoparticles biosynthesis using *Zingiber officinale* and their impact on the growth and chemical composition of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Pakistan Journal of Botany*. 2019. Vol. 51. № 2. P. 443–450.
11. Prashanth C. B., Babu S. G., Kumar R. A., Sriram S. Traditional uses, bioactive composition and pharmacological activities of *Lens culinaris*. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 168. P. 542–561.
12. Gandhi H., Kaur M., Singh B., Sidhu K. S. Effect of processing treatments on physicochemical, functional and thermal characteristics of lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2022. Vol. 16. № 6. P. 4603–4614.
13. Alrosan M., Abu-Alruz K., Al-Dmoor H. Effects of fermentation on the quality, structure, and nonnutritive contents of lentil (*Lens culinaris*) proteins. *Journal of Food Quality*. 2021. Vol. 2021. Article ID 5556450.
14. Войтовська В. І., Євчук Я. В., Третякова С. О., Свідельська Н. М. Перспективи використання нішевих культур у виробництві безглютенової продукції. *World science: problems, prospects and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference*. Toronto, Canada, 2021. P. 424–434.
15. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5. № 2. Article e169.
16. De Angelis D., Nardini M., Macchia M., Cecchini F., Menesatti P. Data on the proximate composition, bioactive compounds, physicochemical and functional properties of a collection of faba beans (*Vicia faba* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Data in Brief*. 2021. Vol. 34. Article 106660. DOI:10.1016/j.dib.2020.106660
17. Vus N. A., Іванюк С. В., Бондар О. В., Мокляк Я. Б. А feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds. *Селекція і насінництво*. 2020. № 117. С. 25–36.
18. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Кононенко Л. М., Войтовська В. І., Михайловин Ю. М. Методологія і організація наукових досліджень в сільському

господарстві та харчових технологіях: монографія. Вінниця, ТОВ «Нітлан-ЛТД», 2021. 300 с.

19. Роїк М. В., Чернуський В. В., Войтовська В. І., Зінченко О. А. Методологія принципів формування параметричних баз метаданих (big dātā) онтогенетичних станів рослин для порівняння їх в цифровому форматі в селекційних розсадниках з метою оптимізації добору в технології селекції : науковометодичні рекомендації. Київ : Аграрна наука, 2024. 96 с.

20. ISO 23200:2012. Бобові. Методи визначення вмісту вологи. International Organization for Standardization, 2012.

21. ISO 9796:2000. Бобові культури. Оцінка якості. International Organization for Standardization, 2000.

22. ДСТУ 4413:2005 Квасоля. Технічні умови. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 12 с.

23. ДСТУ 4945:2008 Горох. Методи визначення якості. [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2008. 14 с.

References:

1. Prysazhnyuk, O. I., Topchii, O. V., Slobodyanyuk, S. V., et al. (2020). *Lentil: Biology and Cultivation*. Vinnytsia: TVORY. 180 pp. [in Ukrainian].

2. Yaniuk, T. I., Trakalo, T. O., Hanzenko, V. V. (2021). Study of legume raw material properties for developing functional foods. *Molodyi Vchenyi*, no. 6(94), pp. 108–113. [in Ukrainian].

3. Voitovska, V. I., Tretyakova, S. O., Yevchuk, Ya. V., Kononenko, L. M. (2021). Gluten-free flours and their use in the production of specialty food products. In *Abstracts of the 6th International Scientific and Practical Conference* (pp. 431–442). London, UK: Cognum Publishing House. [in Ukrainian].

4. Bolhova, N., Samilyk, M., Nazarenko, Yu., Schmidt, B. (2023). Justifying the choice of plant protein raw material for development of cheese-like product. *Scientific Bulletin of Tavria State Agrotechnological University*, no. 13(2). <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-30> [in Ukrainian].

5. Reznichenko, V. P., Kovalov, M. M., Kornicheva, H. I. (2020). Influence of mineral nutrition and inoculation on lentil yield. *Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference “Modern Problems in Science”* (pp. 42–46). Prague, Czech Republic. [in Ukrainian].

6. Liberal, Â., Gonçalves, C., Andrade, P. B., Valentão, P., & Pinto, E. (2024). Nutritional, chemical, and antioxidant screening of selected varieties of lentils (*Lens culinaris* spp.) from organic and conventional agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 104(1), pp. 104–115.

7. Li, M., Zhang, Y., Yan, Y., Zuo, Y., Wei, L., Song, Z. (2024). Nutritional value, phytochemical potential, and biological activities in lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Food Reviews International*, no. 40(7), pp. 2024–2054.

8. Prysazhniuk, O., Maliarenko, O., Biliavska, L., Voitovska, V., Kononenko, L., Klymovych, N., Poltoretska, N. (2023). Measuring and alleviating drought stress in pea and lentil. *Agronomy Research*, no. 21(2), pp. 560–576. <https://doi.org/10.15159/AR.23.023>

9. Dhull, S. B., Kinabo, J., Uebersax, M. A. (2023). Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Legume Science*, no. 5(1), Article e156.
10. Abd El-Aziz, A. R., Al-Othman, M. R. (2019). Gold nanoparticles biosynthesis using *Zingiber officinale* and their impact on the growth and chemical composition of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Pakistan Journal of Botany*, no. 51(2), pp. 443–450..
11. Prashanth, C. B., Babu, S. G., Kumar, R. A., Sriram, S. (2024). Traditional uses, bioactive composition and pharmacological activities of *Lens culinaris*. *South African Journal of Botany*, no. 168, pp. 542–561..
12. Gandhi, H., Kaur, M., Singh, B., Sidhu, K. S. (2022). Effect of processing treatments on physicochemical, functional and thermal characteristics of lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, no. 16(6), pp. 4603–4614.
13. Alrosan, M., Abu-Alruz, K., Al-Dmoor, H. (2021). Effects of fermentation on the quality, structure, and nonnutritive contents of lentil (*Lens culinaris*) proteins. *Journal of Food Quality*, 2021, Article ID 5556450.
14. Voitovska, V. I., Yevchuk, Ya. V., Tretyakova, S. O., Svidelska, N. M. (2021). Prospects for using niche crops in the production of gluten-free products. *Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference “World Science: Problems, Prospects and Innovations”* (pp. 424–434). Toronto, Canada. [in Ukrainian].
15. Kaale, L. D., Siddiq, M., Hooper, S. (2023). Lentil (*Lens culinaris* Medik) as a nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*, no. 5(2), Article e169.
16. De Angelis, D., Nardini, M., Macchia, M., Cecchini, F., Menesatti, P. (2021). Data on the proximate composition, bioactive compounds, physicochemical and functional properties of a collection of faba beans (*Vicia faba* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Data in Brief*, no. 34, Article 106660. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106660>
17. Vus, N. A., Ivaniuk, S. V., Bondar, O. V., Mokliak, Ya. B. (2020). A feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds. *Breeding and Seed Production*, no. 117, pp. 25–36. [in Ukrainian].
18. Prysyazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and Organization of Scientific Research in Agriculture and Food Technologies: Monograph*. Vinnytsia: NITLAN-LTD. 300 p. [in Ukrainian].
19. Roik, M. V., Chernuskyi, V. V., Voitovska, V. I., Zinchenko, O. A. (2024). *Methodology of Principles for Forming Parametric Metadata Bases (Big Data) of Plant Ontogenetic States for Digital Selection Nurseries Optimization: Scientific-methodical recommendations*. Kyiv: Agrarian Science. 96 p. [in Ukrainian].
20. ISO 23200 : 2012. (2012). *Pulses – Determination of Moisture Content*. Geneva: International Organization for Standardization.
21. ISO 9796 : 2000. (2000). *Pulses – Assessment of Quality*. Geneva: International Organization for Standardization.
22. DSTU 4413 : 2005. (2005). *Beans. Technical Specifications*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. 12 pp. [in Ukrainian].

23. DSTU 4945 : 2008. (2008). *Peas. Methods for Determining Quality*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. 14 pp. [in Ukrainian].

Annotation

Kononenko L. M., Vyshynskiy A. V.

Evaluation of morphophysiological, biochemical, and technological properties of lentil grains depending on the species

This study investigated the biochemical composition and culinary characteristics of different lentil species: red, yellow, green, brown, and black. The research was conducted during 2022–2024 in the specialized seed control, analytical, and technological laboratory of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets. The experiments used seeds of various lentil species differing in color (red, green, black, brown).

Statistically significant differences were found in the cooking duration and disintegration coefficient of lentils, depending on the morphological characteristics of the seeds. The cooking time ranged from 18.3 to 72.5 minutes, while the disintegration coefficient ranged from 1.2 to 2.3. Black lentils have the highest protein content ($26.1 \pm 1.4\%$), exceeding the other species ($p < 0.0008$), while red lentils contain $25.2 \pm 1.3\%$ protein. Yellow lentils have the lowest protein content ($22.6 \pm 1.0\%$). The highest fiber level was found in brown lentils ($10.3 \pm 0.6\%$), which determines its dense shell. Black lentils have the highest anthocyanin level (1.8 ± 0.1 mg/g), while red and yellow lentils have the lowest.

Brown lentils contain the most phenolic compounds (6.1 ± 0.3 mg GAE/g) and flavonoids (3.0 ± 0.2 mg QE/g), indicating their antioxidant activity. Yellow lentils have the highest starch content ($53.1 \pm 2.6\%$), which ensures their softness after cooking. The highest fiber content is in brown lentils ($6.0 \pm 0.4\%$), and the lowest in yellow lentils ($3.8 \pm 0.2\%$). Green lentils have the largest 1000-seed mass (55.2 ± 2.3 g), making mechanical processing easier, while yellow lentils have the smallest mass (38.9 ± 1.7 g). Red lentils have the shortest cooking time (18.3 ± 1.0 minutes), while brown lentils take the longest (28.2 ± 1.6 minutes). Red lentils have the highest water absorption capacity ($125.8 \pm 5.2\%$), which contributes to their quick softening, while brown lentils absorb the least water ($95.3 \pm 3.6\%$).

Brown lentils maintain the best shape after cooking ($92.5 \pm 2.5\%$), while red lentils have the worst shape retention ($70.2 \pm 1.9\%$). The study shows significant variability in the physicochemical characteristics of lentils, allowing for their selection depending on consumer needs.

Key words: shell, quality indicators, elements, content.