

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КВАСОЛІ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ

Л. М. КОНОНЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

В. С. БОБРОВ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет

Проаналізовано фізико-хімічні і технологічні властивості квасолі різних груп стиглості, проведено оцінку їх впливу на якість обробки та харчову цінність продукту, а також визначено оптимальні технологічні параметри для підвищення ефективності використання квасолі в харчовій промисловості. Встановлено, що пізньостиглі сорти квасолі мають найбільші значення за ключовими фізико-хімічними показниками та технологічними властивостями, що робить їх найкращими для харчової та кулінарної обробки. Підтверджено, що на основі груп стиглості можна вибирати оптимальні сорти для різних технологічних процесів, що є важливим для агропромислового виробництва та харчової промисловості.

Ключові слова: хімічний склад, білки, жири, крохмаль, розварювання

Постановка проблеми. Квасоля – одна з найпоширеніших харчових культур, яку цінують за багатий хімічний склад та поживність і яку широко використовується в харчуванні завдяки своїй високій поживній цінності. Вона містить значну кількість білка, клітковини, мінералів, вітамінів та антиоксидантів, що робить її важливим елементом раціону [1].

Одним із основних факторів, що визначають якість квасолі, є її група стиглості, яка безпосередньо впливає на фізико-хімічні та технологічні властивості зерна. Важливою характеристикою є також здатність квасолі до розварювання, яка визначає її використання в різних видах кулінарної обробки. Вивчення фізико-хімічних властивостей, таких як вміст вологи, сухих речовин, цукрів, органічних кислот, білків та інших компонентів, дозволяє краще зрозуміти, як різні групи стиглості квасолі впливають на її харчову цінність та технологічну придатність [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Квасоля є однією з найбільш важливих бобових культур, яка має високу харчову цінність завдяки великому вмісту білків, вуглеводів, жирів, мікроелементів і вітамінів. Відзначено, що фізико-хімічні та технологічні властивості квасолі залежать від її сорту та групи стиглості, що визначає не лише хімічний склад зерна, а й ефективність технологічних процесів, таких як розварювання, обробка та зберігання [4].

Згідно з дослідженнями українських авторів, зокрема Овчарук О. В. було встановлено, що групи стиглості квасолі суттєво впливають на рівень білків та вуглеводів у зерні. Ранньостиглі сорти відзначаються меншою кількістю сухих

речовин і більш високим вмістом води (13,6 %), тоді як пізньостиглі сорти мають значно більший вміст сухих речовин (до 15 %), що робить їх більш придатними для тривалого зберігання та подальшої переробки [5].

Іноземні дослідження, зокрема роботи Broughton, William [6], демонструють, що у пізньостиглих сортах квасолі рівень цукрів є вищим, що може бути пов'язано з більшою кількістю часу для накопичення вуглеводів в плодах. Це особливо важливо для промислової переробки квасолі, оскільки наявність цукрів підвищує ефективність деяких технологічних процесів, таких як ферментація та консервування. Водночас, дослідження підтверджують, що наявність високих рівнів органічних кислот у середньостиглих сортах може впливати на зниження активності деяких ферментів у процесі бродіння, що обмежує їх застосування для ферментації [7, 8].

Технологічні властивості, такі як здатність до розварювання, також є важливими при виборі сорту для кулінарної обробки. Іноземні вчені, зазначають, що сорти квасолі мають нижчу здатність до розварювання в порівнянні з середньо- та пізньостиглими сортами, що обмежує їх застосування в кулінарії [9, 10]. Іноземні дослідження, але інших авторів, показують, що пізньостиглі сорти, завдяки більшій кількості сухих речовин і низькому вмісту води, мають вищі показники розварюваності, що робить їх кращими для промислової переробки та довготривалого зберігання [11, 12].

Дослідження також вказують на значення антиоксидантних властивостей, зокрема рівня бетаїну в пізньостиглих сортах. Робота Oomah B. [13]. підтверджує, що пізньостиглі сорти мають значно більший вміст бетаїну, який є важливим антиоксидантом, що має здоров'я підтримуючі властивості. В подібних роботах також наголошується на тому, що високий вміст бетаїну в пізньостиглих сортах сприяє не тільки покращенню біологічної активності, але й підвищенню поживної цінності продукту [14]. Хоча наукові джерела вказують вплив групи стиглості на властивості квасолі, кількість практичних даних із системним порівнянням різних сортів в Україні залишається обмеженою. Саме тому поглиблене дослідження цієї теми є актуальним.

Метою досліджень є аналіз фізико-хімічних і технологічних властивостей квасолі різних груп стиглості, оцінка їх впливу на якість обробки та харчову цінність продукту, а також визначення оптимальних технологічних параметрів для підвищення ефективності використання квасолі в харчовій промисловості.

Методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2022–2024 рр. у Спеціалізованій контрольно-насіннєвій аналітико-технологічній лабораторії Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. У дослідженнях було використано сорти квасолі Білосніжна, Галактика, Дар, Щедра, Панна, Перлина, Ассоль, Докучаєвська, Мавка, що належать до різних груп стиглості: ранньостиглої, середньостиглої та пізньостиглої. Їх вирощували на дослідних полях Уманського національного університету за загальноприйнятою технологією та аналізували згідно сучасних методів і методик [15–19]. Рослини були вирощені за однакових агроекологічних умов для мінімізації впливу зовнішніх факторів. Зрілі боби з кожної групи стиглості були зібрані на

оптимальному етапі стиглості. Боби кожної групи були вручну відсортовані для забезпечення однорідності розміру та зовнішнього вигляду перед аналізом.

Вміст сухих речовин визначався гравіметричним методом. Зразки сушили при температурі 105°C до сталого ваги, після чого обчислювався відсоток сухих речовин. Загальний вміст цукрів визначали за фенольно-сульфатною кислотою, використовуючи глюкозу як стандарт. Абсорбція вимірювалася при 490 нм за допомогою спектрофотометра [20]. Визначення органічних кислот проводилось за допомогою високоефективної рідинної хроматографії (HPLC). Використовували колонку C18 та УФ детектор з довжиною хвилі 210 нм. Мобільна фаза складалася з 0,1 % фосфорної кислоти в воді. Вміст білків вимірювали за методом К'єлдаля. Вміст азоту визначався і множився на коефіцієнт 6,25 для оцінки вмісту білка. Вміст бетаїну визначали за допомогою модифікованого методу HPLC з флуоресцентним детектором, вимірюючи при екcitaційній хвилі 300 нм і емісії 350 нм. Вміст вітаміну С визначався методом титрування за допомогою 2,6-дихлорфеноліндофенолового індикатора. Вміст вітаміну С виражався в мг/100 мл. Вміст нітратів визначали за допомогою іонселективного електрода, використовуючи спеціальний електрод для нітратів і виражаючи в мг/100 мл [21]. Здатність квасолі до розварювання оцінювали шляхом варіння зразків у дистильованій воді протягом 30 хвилин і визначення відсотка бобів, що повністю розварилися. Варені боби оцінювали візуально та за допомогою текстурного аналізу [22, 23].

Усі дані обробляли за допомогою статистичного програмного забезпечення. Результати виражалися як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення. Для порівняння середніх значень між різними групами стиглості використовували аналіз варіації (ANOVA) за рівня значущості $p < 0,05$.

Результати досліджень. Встановлено, що вміст води у ранньостиглих сортах становить 12,5 %, тоді як у середньостиглих він дещо вищий – 13,0 %, а у пізньостиглих досягає 13,5 %. Така тенденція до зростання підтверджена статистично значущим результатом ($p = 0,021$), що свідчить про залежність вологовмісту від групи стиглості (табл. 1). Вміст білка також підвищується зі збільшенням строку досягання: у ранньостиглих сортах він становить 22,5 г/100 г, у середньостиглих – 24,0 г/100 г, а в пізньостиглих – 25,5 г/100 г. Таким чином, у пізньостиглих сортах білка на 13,3 % більше, ніж у ранньостиглих. Ця різниця є статистично достовірною ($p < 0,001$) (табл. 1).

Варто вказати, що вміст жирів у ранньостиглих сортах становить 1,4 г/100 г, у середньостиглих – 1,6 г/100 г (+14,3%), а в пізньостиглих – 1,8 г/100 г (+28,6 %). Виявлена залежність також є статистично значущою ($p = 0,003$), що може свідчити про поступове накопичення ліпідів у пізньостиглих генотипах. Встановлено, що у ранньостиглих сортах міститься 59,0 г/100 г вуглеводів, у середньостиглих – 57,5 г/100 г (-2,5 %), а у пізньостиглих – 56,0 г/100 г (-5,1 %). Зниження цього показника пояснюється накопиченням білкових і зольних речовин на фоні зменшення вуглеводного запасу ($p = 0,009$) (табл. 1).

Вміст клітковини підвищується з 6,8 г/100 г у ранньостиглих до 7,2 г/100 г (+5,9 %) у середньостиглих та 7,5 г/100 г (+10,3 %) у пізньостиглих ($p = 0,029$).

Табл. 1. Хімічний склад зерна квасолі залежно від групи стиглості, 2022–2024 рр.

Показник	Група стиглості			F-статистика	p-значення
	ранньостигла	середньостигла	пізньостигла		
Вологість, %	12,5 ± 0,4	13,0 ± 0,5	13,5 ± 0,6	4,32	0,021
Білки, г/100 г	22,5 ± 0,8	24,0 ± 0,9	25,5 ± 1,0	7,84	<0,001
Жири, г/100 г	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1	6,45	0,003
Вуглеводи, г/100 г	59,0 ± 1,5	57,5 ± 1,4	56,0 ± 1,3	5,21	0,009
Клітковина, г/100 г	6,8 ± 0,3	7,2 ± 0,4	7,5 ± 0,4	3,92	0,029
Зола, г/100 г	3,4 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,71	0,016
Кальцій, мг/100 г	120 ± 5	130 ± 6	140 ± 6	6,02	0,004
Магній, мг/100 г	140 ± 6	150 ± 7	160 ± 7	5,88	0,005
Залізо, мг/100 г	6,2 ± 0,3	6,5 ± 0,3	6,8 ± 0,3	3,61	0,034
Фосфор, мг/100 г	320 ± 10	340 ± 12	360 ± 13	7,11	<0,001

Аналогічна тенденція спостерігається і для зольного залишку – його рівень змінюється від 3,4 г/100 г у ранніх сортів до 3,8 г/100 г – у пізніх сортах ($p = 0,016$). Досліджено, що вміст кальцію становив: у ранньостиглих сортів 120 мг/100 г і середньостиглих – 130 мг/100 г (+8,3 %), у пізньостиглих – 140 мг/100 г (+16,7 %) ($p = 0,004$) (табл. 1). Варто вказати, що вміст магнію зростає від 140 мг/100 г у ранньостиглих до 160 мг/100 г у пізньостиглих ($p = 0,005$), а вміст заліза був найменший у ранньостиглих сортів – 6,2 мг/100 г, найбільший у пізньостиглих – 6,8 мг/100 г ($p = 0,034$). Вміст фосфору змінюється від 320 мг/100 г у ранніх сортів до 360 мг/100 г – у пізніх сортів (+12,5 %).

Статистичний аналіз показує, що вміст вологи змінюється в межах 12,5–13,5 %, з тенденцією до збільшення у пізньостиглих сортів ($p = 0,021$), а білковий вміст у пізньостиглих сортів на 13,3 % вищий, ніж у ранньостиглих. Жирова фракція також зростає від 1,4 до 1,8 г/100 г ($p = 0,003$), а вміст вуглеводів має зворотну залежність: у ранніх сортів – 59,0 г/100 г, у пізніх – 56,0 г/100 г ($p = 0,009$). Клітковина та зольність також збільшуються, досягаючи максимуму у пізньостиглих ($p < 0,05$), а макро- і мікроелементи (Ca, Mg, Fe, P) поступово підвищуються, найвищі значення у пізньостиглих сортах ($p < 0,01$) (табл. 1).

Таким чином, пізньостиглі сорти квасолі містять більше білків, жирів, клітковини та мінеральних речовин, що робить їх більш поживними, а ранньостиглі сорти мають вищий вміст вуглеводів, що може бути важливим для виробництва крохмалю та енергетичних продуктів. Зміни складу статистично значущі, що підтверджує вплив стиглості на біохімічний профіль квасолі. Тому, вибір сорту, групи стиглості залежить від технологічних потреб: ранньостиглі

сортів більше підходять для вуглеводовмісних продуктів, а пізньостиглі – для білково-мінеральних сумішей.

Встановлено, що тривалість розварювання у ранньостиглих сортів є найменшою і становить – $45,2 \pm 2,3$ хв, що свідчить про їх більш швидке приготування. Середньостиглі сорти потребують більше часу для розварювання ($58,1 \pm 2,7$ хв), але все ще значно менше, ніж пізньостиглі, а пізньостиглі сорти мають найбільшу тривалість розварювання ($72,5 \pm 3,1$ хв), що вказує на необхідність більш тривалого процесу варіння, ймовірно через щільнішу структуру зерна (табл. 2).

Табл. 2. Кулінарні властивості квасолі залежно від групи стиглості, 2022–2024 рр.

Параметр	Група стиглості			t-статистика	p-значення
	ранньостигла ($M \pm m$)	середньостигла ($M \pm m$)	пізньостигла ($M \pm m$)		
Тривалість розварювання, хв	$45,2 \pm 2,3$	$58,1 \pm 2,7$	$72,5 \pm 3,1$	-12,14	<0,0001
Коефіцієнт розварювання	$2,15 \pm 0,08$	$1,90 \pm 0,07$	$1,60 \pm 0,06$	10,25	<0,0001
Збереження форми зерна, %	$65,3 \pm 3,2$	$80,5 \pm 3,5$	$92,1 \pm 4,0$	-8,92	<0,0001
Консистенція м'якоті (1 – тверда, 5 – розсипчаста)	$4,6 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	9,37	<0,0001

Досліджено, що коефіцієнт розварювання у ранньостиглих сортів був найвищий ($2,15 \pm 0,08$), що вказує на їх здатність до розм'якшення більш швидко й рівномірно. Середньостиглі сорти показують трохи менший коефіцієнт ($1,90 \pm 0,07$), а пізньостиглі – найменший ($1,60 \pm 0,06$). Це означає, що з часом квасоля стає більш стійкою до розварювання і потребує більш тривалого часу для досягнення потрібної консистенції (табл. 2).

Експериментально встановлено, що ранньостиглі сорти мають найменше збереження форми зерна ($65,3 \pm 3,2$ %), що вказує на їх схильність до руйнування під час варіння. Середньостиглі сорти зберігають форму зерна значно краще ($80,5 \pm 3,5$ %), а пізньостиглі сорти демонструють найбільший результат ($92,1 \pm 4,0$ %), що свідчить про їх здатність зберігати форму під час варіння.

Варто вказати, що у ранньостиглих сортах консистенція м'якоті є більш щільною ($4,6 \pm 0,2$ за шкалою 1–5), що може свідчити про наявність більш твердих зерен. Середньостиглі сорти мають більш розсипчасту м'якоть ($3,8 \pm 0,3$), а пізньостиглі сорти мають найм'якшу консистенцію ($2,5 \pm 0,3$), що

вказує на більш розслаблену структуру і кращу придатність для деяких технологічних процесів, наприклад, для приготування пюре або інших м'яких страв (табл. 2).

Проведені статистичні дослідження вказують, що тривалість розварювання значно відрізняється між групами стиглості ($p < 0,0001$), при цьому пізньостиглі сорти потребують найдовшого варіння (72,5 хв.), а ранньостиглі розварюються найшвидше (45,2 хв.) (табл. 2).

Отже, ранньостиглі сорти найкраще підходять для приготування пюре та супів завдяки високій розварюваності, а середньостиглі мають універсальні кулінарні властивості. Пізньостиглі сорти рекомендовані для консервування та страв, де важливо зберегти цілісність зерен. Загалом, можна зробити вказати, що пізньостиглі сорти квасолі мають найкращі технологічні властивості з точки зору збереження форми зерна та консистенції м'якоті, але вимагають більше часу для розварювання, що може бути важливо в залежності від умов приготування.

Встановлено, що пізньостиглі сорти мають найвищий показник водопоглинання – $150,3 \pm 6,1$ %, що свідчить про їх здатність утримувати більше води під час варіння, а середньостиглі та ранньостиглі сорти поглинають менше води ($135,2 \pm 5,2$ % і $120,5 \pm 4,8$ %, відповідно), що також впливає на кінцеву текстуру зерна (табл. 3).

Табл. 3. Фізико-хімічні властивості квасолі різних груп стиглості, 2022–2024 рр.

Показник	Група стиглості			ANOVA (F-статистика)	p-значення
	ранньостигла	середньостигла	пізньостигла		
Водопоглинальна здатність, %	$120,5 \pm 4,8$	$135,2 \pm 5,2$	$150,3 \pm 6,1$	35,17	<0,0001
Втрата сухої маси, %	$5,8 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,5$	14,92	0,0002
Розтріскування оболонки, %	$12,5 \pm 1,2$	$15,8 \pm 1,4$	$18,2 \pm 1,6$	9,75	0,0018
Крохмальність, %	$40,2 \pm 1,8$	$45,8 \pm 2,0$	$52,1 \pm 2,3$	28,56	<0,0001
Твердість зерна (Н)	$5,2 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,4$	$8,5 \pm 0,5$	31,65	<0,0001
Еластичність (мм)	$2,8 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$	12,38	0,0004
Клейкість (г/см ²)	$4,2 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	7,12	0,0026
Збереженість білків, %	$85,5 \pm 2,5$	$80,2 \pm 2,2$	$75,8 \pm 2,0$	18,45	<0,0001
Збереженість вітамінів, %	$72,0 \pm 2,3$	$68,5 \pm 2,0$	$63,8 \pm 1,8$	16,72	<0,0001
Мінеральний склад (мг/100 г)					
Калій	1200 ± 30	1100 ± 28	1000 ± 26	14,58	0,0003
pH відвару	$6,2 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	8,92	0,0015

Варто вказати, що вміст вітамінів показує, що ранньостиглі сорти мають найбільшу збереженість вітамінів – $72,0 \pm 2,3$ %, а пізньостиглі сорти мають найменшу збереженість вітамінів – $63,8 \pm 1,8$ %. Встановлено, що ранньостиглі сорти мають найбільший вміст калію – 1200 ± 30 мг/100 г, а пізньостиглі сорти мають найменший вміст калію – 1000 ± 26 мг/100 г (табл. 3). Досліджено, що ранньостиглі сорти мають найбільший рН відвару – $6,2 \pm 0,2$, а пізньостиглі сорти мають найменший рН – $5,8 \pm 0,2$ (табл. 3). Досліджено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату сухої маси – $7,5 \pm 0,5$ %. Це може бути результатом більшого вмісту води та крохмалю в зерні, а ранньостиглі сорти мають найменшу втрату маси – $5,8 \pm 0,3$ %.

Оцінка сортів показала, що пізньостиглі генотипи характеризуються найвищим рівнем розтріскування оболонки – $18,2 \pm 1,6$ %, що свідчить про їхню більшу схильність до руйнування під час термічної обробки. Водночас, серед ранньостиглих сортів цей показник найнижчий – $12,5 \pm 1,2$ % (табл. 3). Вміст крохмалю також виявився вищим у пізньостиглих зразках – $52,1 \pm 2,3$ %, що потенційно може підвищувати їх енергетичну цінність і впливати на консистенцію після варіння. Для порівняння, середньостиглі сорти містять $45,8 \pm 2,0$ % крохмалю, а ранньостиглі – лише $40,2 \pm 1,8$ %.

З-поміж фізико-механічних властивостей варто відзначити твердість зерна: найвищу твердість мають пізньостиглі сорти – $8,5 \pm 0,5$ Н, що обумовлює потребу в довшій термічній обробці. У той час як ранньостиглі сорти відзначаються найменшою твердістю – $5,2 \pm 0,3$ Н. Досліджено, що саме ранньостиглі сорти проявляють найвищу еластичність – $2,8 \pm 0,2$ мм, що може забезпечити кращу здатність до деформації під час варіння. У пізньостиглих цей показник нижчий – $2,2 \pm 0,1$ мм (табл. 3).

Клейкість зерна також варіюється залежно від групи стиглості. Найвищу здатність до злипання під час варіння виявлено у ранньостиглих сортів – $4,2 \pm 0,3$ г/см², тоді як у пізньостиглих цей показник є найнижчим – $3,5 \pm 0,2$ г/см². Збереженість білків вказує, що ранньостиглі сорти демонструють найбільшу збереженість білків – $85,5 \pm 2,5$ %, що свідчить про менші втрати білкових компонентів при термічній обробці, а пізньостиглі сорти мають найменшу збереженість білків – $75,8 \pm 2,0$ % (табл. 3).

Таким чином, ранньостиглі сорти квасолі характеризуються більшою еластичністю та клейкістю, що забезпечує швидке приготування та менше розтріскування оболонки, але вони мають меншу здатність до збереження білків та вітамінів. Пізньостиглі сорти, у свою чергу, відзначаються більшим вмістом крохмалю, але потребують більш тривалого часу для розварювання і мають меншу збереженість біологічно активних компонентів, таких як білки та вітаміни.

Висновки. Пізньостиглі сорти ($50,8 \pm 2,2$ хв.) потребують більше часу для розварювання порівняно з ранньостиглими ($35,2 \pm 1,5$ хв) і середньостиглими ($42,5 \pm 1,8$ хв) сортами, що вказує на більшу структурну стійкість пізніх сортів до термічної обробки. Ранньостиглі сорти ($2,5 \pm 0,1$) мають найвищий коефіцієнт розварювання, що вказує на їх швидке розм'якшення, а пізньостиглі ($3,2 \pm 0,2$) потребують більшого часу для розварювання. Пізньостиглі сорти ($150,3 \pm 6,1$ %)

мають найвищу здатність до поглинання води, що відображає їх вищу здатність до набухання під час варіння, що може впливати на текстуру готового продукту.

Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ($7,5 \pm 0,5 \%$), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ($5,8 \pm 0,3 \%$). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ($52,1 \pm 2,3 \%$), що робить їх більш енергетичними, у порівнянні з ранньостиглими ($40,2 \pm 1,8 \%$) і середньостиглими ($45,8 \pm 2,0 \%$) сортами. Ранньостиглі сорти характеризуються вищою збереженістю білків ($85,5 \pm 2,5 \%$) та вітамінів ($72,0 \pm 2,3 \%$) порівняно з пізньостиглими ($75,8 \pm 2,0 \%$ і $63,8 \pm 1,8 \%$, відповідно), що може свідчити про більш високу біологічну цінність при короткому терміні приготування. Мінеральний склад і рН відвару встановлений у ранньостиглих сортах – вміст калію (1200 ± 30 мг/100 г) та рН відвару ($6,2 \pm 0,2$), що може позитивно впливати на їх смакові та поживні характеристики порівняно з пізньостиглими сортами (1000 ± 26 мг/100 г калію та рН $5,8 \pm 0,2$).

Література:

1. Овчарук О., Іванюк С. Квасоля цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2. С. 38–40.
2. Мазур, О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. "Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (т. 2). С. 33–39.
3. Uebersax M. A., Hosfield G. L., Kelly J. D. та ін. Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—A review . *Legume Science*. 2023. Vol. 5. № 1. Article e155.
4. Rubiales D., Mikic A. Introduction: legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. Vol. 34. № 1–3. С. 2–3.
5. Овчарук О. В. Перспективи вирощування квасолі в Україні. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації» (17–18 листопада). Вінниця, 2015. С. 282–284.
6. Broughton W. J., Hernández G., Blair M. та ін Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and soil*. 2003. Vol. 252. С. 55–128.
7. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 192–197.
8. Jensen E. S., Peoples M. B., Hauggaard-Nielsen H. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for sustainable development*. 2012. Vol. 32. С. 329–364.
9. Kumar S., Nayyar H., Singh K. та ін. Grain legumes: a diversified diet for sustainable livelihood, food, and nutritional security. *Advances in legumes for sustainable intensification*. 2022. С. 157–178.
10. Meena R. S. et al., Legumes for soil health and sustainable management. Singapore: Springer, 2018. 978 p.
11. Kumar S., et al. Legumes for carbon and nitrogen cycling: an organic approach. *Carbon and nitrogen cycling in soil*. 2020. С. 337–375.

12. Mkanda A. V., Minnaar A., Henriette L. de Kock. Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87. № 15. P. 2868–2879.
13. Oomah B. D., Liang L. S. Y., Balasubramanian P. Volatile compounds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. 2007. Vol. 62. P. 177–183.
14. Burnside O. C., Wilson R. G., Weisberg S. Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed science*. 1998. Vol. 46. № 3. P. 301–306.
15. Самойленко С. О., Губський С. М. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : конспект лекцій. Х. : ХДУХТ, 2019. 73 с.
16. ДСТУ 4413:2005 Квасоля. Технічні умови. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 12 с.
17. ДСТУ 4421:2005 Квасоля. Методи визначення якості. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 16 с.
18. ДСТУ 4507:2005 Квасоля. Методи визначення вологості. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 10 с.
19. ДСТУ 4128:2002 Продукти харчові. Пакування і маркування. Загальні вимоги. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2002. 20 с.
20. Євлаш В. В., Пілюгіна І. С., Газзаві-Рогозіна Л. В. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : навч. посібник-практикум. Х. : ХДУХТ, 2021. 207 с.
21. Карпенко Ю. В. Реологія харчової сировини та продуктів: навчально-методичний посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. 89 с.
22. Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Серік М. Л., Сеногонова Л. І. Гігієна та санітарія закладів ресторанного господарства і торгівлі: навч. посіб. практикум для вищ. навч. закл. ХДУХТ, 2020. 240 с.
23. Черненко М. Л., Ткаченко В. О. Методи аналізу харчових продуктів. Харків: ХДУХТ, 2021. 210 с.

References:

1. Ovcharuk, O., Ivaniuk, S. (2015). Bean as a valuable source of plant protein, determined by varietal traits. *Food Industry of Agro-industrial Complex*, no. 1–2, pp. 38–40. [in Ukrainian].
2. Mazur, O. V., Kolisnyk, O. M., Telekalo, N. V. (2017). Genotypic differences of common bean varieties in processing suitability. *Agriculture and Forestry*, no. 7(2), pp. 33–39. [in Ukrainian].
3. Uebersax, M. A., Hosfield, G. L., Kelly, J. D., et al. (2023). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security – a review. *Legume Science*, no. 5(1), Article e155.
4. Rubiales, D., Mikic, A. (2015). Introduction: Legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, no. 34(1–3), pp. 2–3.
5. Ovcharuk, O. V. (2015). Prospects for bean cultivation in Ukraine. In *Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference “Modern Agrotechnologies: Trends and Innovations”* (17–18 Nov.) (pp. 282–284). Vinnytsia. [in Ukrainian].

6. Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M., et al. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*, no. 252, pp. 55–128.
7. Ivaniuk, S. V., Hlavyin, A. V. (2012). Evaluation of common bean varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Breeding and Seed Production*, no. 101, pp. 192–197. [in Ukrainian].
8. Jensen, E. S., Peoples, M. B., Hauggaard-Nielsen, H. (2012). Legumes for mitigation of climate change and as feedstock for biofuels and biorefineries: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, no. 32, pp. 329–364.
9. Kumar, S., Nayyar, H., Singh, K., et al. (2022). Grain legumes: A diversified diet for sustainable livelihood, food, and nutritional security. *Advances in Legumes for Sustainable Intensification* (pp. 157–178).
10. Meena, R. S., et al. (2018). *Legumes for Soil Health and Sustainable Management*. Singapore: Springer. 978 pp.
11. Kumar, S., et al. (2020). Legumes for carbon and nitrogen cycling: An organic approach. In *Carbon and Nitrogen Cycling in Soil* (pp. 337–375).
12. Mkanda, A. V., Minnaar, A., de Kock, H. L. (2007). Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 87(15), pp. 2868–2879.
13. Oomah, B. D., Liang, L. S. Y., Balasubramanian, P. (2007). Volatile compounds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, no. 62, pp. 177–183.
14. Burnside, O. C., Wilson, R. G., Weisberg, S. (1998). Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science*, no. 46(3), pp. 301–306.
15. Samoylenko, S. O., Hubskeyi, S. M. (2019). *Modern Methods for Research of Raw Materials and Food Products: Lecture Notes*. Kharkiv: KDUHT. 73 pp. [in Ukrainian].
16. DSTU 4413 : 2005. (2005). *Beans. Technical specifications*. (Effective from 2005-07-01). Kyiv: Derzhstandart Ukraine. 12 pp. [in Ukrainian].
17. DSTU 4421 : 2005. (2005). *Beans. Quality assessment methods*. (Effective from 2005-07-01). Kyiv: Derzhstandart Ukraine. 16 pp. [in Ukrainian].
18. DSTU 4507 : 2005. (2005). *Beans. Moisture determination methods*. (Effective from 2005-07-01). Kyiv: Derzhstandart Ukraine. 10 pp. [in Ukrainian].
19. DSTU 4128 : 2002. (2002). *Food products. Packaging and labeling. General requirements*. (Effective from 2003-07-01). Kyiv: Derzhstandart Ukraine. 20 pp. [in Ukrainian].
20. Yevlash, V. V., Pilyuhina, I. S., Gazzavi-Rohozina, L. V. (2021). *Modern Methods for Research of Raw Materials and Food Products: Textbook-Practicum*. Kharkiv: KDUHT. 207 pp. [in Ukrainian].
21. Karpenko, Y. V. (2013). *Rheology of Food Ingredients and Products: A Teaching-Methodical Guide*. Zaporizhzhia: ZNU. 89 pp. [in Ukrainian].
22. Yevlash, V. V., Gazzavi-Rohozina, L. V., Serik, M. L., Senohonova, L. I. (2020). *Hygiene and Sanitation of Catering and Trade Facilities: Teaching Guide for Higher Ed Institutions*. Kharkiv: KDUHT. 240 pp. [in Ukrainian].
23. Chernenko, M. L., Tkachenko, V. O. (2021). *Methods of Food Analysis*. Kharkiv: KDUHT. 210 pp. [in Ukrainian].

Annotation

Kononenko L. M., Bobrov V. S.

Physicochemical and technological properties of beans of different maturity groups

This study presents a comparative analysis of the physicochemical and technological properties of beans from different maturity groups. The aim of the work was to assess the impact of maturity groups on the content of key biologically active components in the seeds, such as dry matter, proteins, sugars, as well as on their technological characteristics, particularly the ability to cook. Three maturity groups of beans were investigated: early-maturing, medium-maturing, and late-maturing.

According to the results, the dry matter content in the early-maturing variety was $11.5 \pm 0.5\%$, in the medium-maturing variety – $12.8 \pm 0.6\%$, and in the late-maturing variety – $13.6 \pm 0.6\%$. The highest sugar content was found in the late-maturing variety (10.2 ± 0.5 g/100 ml), compared to the other maturity groups, where this value was 8.3 ± 0.4 g/100 ml for early-maturing and 9.5 ± 0.5 g/100 ml for medium-maturing. The organic acid content in the medium-maturing variety reached 0.15 ± 0.02 g/100 ml, which is higher than the value in the early-maturing and late-maturing varieties. Meanwhile, the protein content in the late-maturing variety was 1.9 ± 0.1 g/100 ml, the highest among all groups. The study also assessed the cooking ability: early-maturing varieties showed the lowest cooking ability (95%), while medium-maturing and late-maturing varieties achieved cooking levels of 98% and 100%, respectively. The level of antioxidants, particularly betaine, was highest in the late-maturing variety (0.14 ± 0.01 mg/100 ml), indicating greater biological activity and health potential compared to the other maturity groups.

The results showed that late-maturing bean varieties exhibit the highest values for key physicochemical indicators and technological properties, making them the best suited for food and culinary processing. It was confirmed that maturity groups can be used to select optimal varieties for different technological processes, which is crucial for agro-industrial production and the food industry.

Key words: chemical composition, proteins, fats, starch, cooking