

ПОЛІФЕНОЛЬНІ КОМПОНЕНТИ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ

СТОРОЖИК Л.І. – доктор сільськогосподарських наук, професорка
orcid.org/0000-0003-1587-1477

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук України

ЗАВГОРОДНЯ С.В. – PhD

orcid.org/0000-0001-9192-8821

Національний університет біоресурсів та природокористування України

БАЛЯН І.В. – PhD

orcid.org/0000-0002-6361-3782

Інститут аграрних ресурсів та регіонального розвитку

Національної академії аграрних наук України

ЗАВГОРОДНІЙ В.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-5351-8485

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Постановка проблеми. *Phaseolus vulgaris* (квасоля звичайна) – бобовий вид, який є важливим дієтичним продуктом завдяки високому вмісту в ньому білків, ненасичених жирних кислот, мінеральних речовин, харчових волокон і вітамінів. Вона є великим джерелом поліфенольних сполук з численними властивостями, дія яких проявляється в стимуляції активності ферментів, зміні проникненості мембран та білкового й ліпідного метаболізму, що сприяє покращенню здоров'я людей. На сьогодні харчові поліфеноли, які притаманні квасолі, викликають зростаючий науковий інтерес через їх роль у профілактиці різних захворювань. Поліфеноли – це рослинні метаболіти з потужними антиоксидантними властивостями, які зменшують вплив окислювального стресу. Багаті поліфенолом звичайні боби квасолі мають антиоксидантні, протидіабетичні, протизапальні, антимутагенні та антиканцерогенні властивості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки суттєво зріс інтерес до споживання харчових продуктів з біологічно активними компонентами, які здатні діяти на клітинних рівнях і є корисними для здоров'я населення. *Phaseolus vulgaris* (квасоля звичайна) є найважливішим їстівним бобом у раціоні та гастрономії багатьох країн світу. Існує понад 40 000 сортів, які мають різноманітні характеристик росту, різні періоди дозрівання та адаптації. Звичайні боби відіграють важливу роль у харчуванні людини і є фундаментальним і основним джерелом рослинних білків, ненасичених жирних кислот, мінералів, харчових волокон і вітамінів [1, 2]. Крім того, в останні роки досліджуються сорти з високим вмістом поліфенольних сполук, які при вживанні проявляють корисні властивості для здоров'я людини.

Всі рослини фітоценозів синтезують вторинні метаболіти, які у своєму складі мають широкий спектр фітохімічних речовин, яким притаманна біоактивність. Поліфеноли це компонент фітохімічних речовин, що містяться у свій структурі широким діапазон фенолів різної класифікації та фармакологічних властивостей [3]. Поліфеноли класифікуються за різними групами, що

мають різну структуру (ароматичне кільце, яке зазвичай містить одну або більше гідроксильних груп), включаючи флавоноїди (флаволи, флавоноли, флаванони, ізофлавоноли, антоціани, халкони, дигідрохалкони та катехіни), фенольні кислоти (гідроксibenзойна гідроксифенілоцтова, гідроксифенілпентанова та гідроксилкорична кислоти), стильбени та лігнани [4]. Ці біоактивні сполуки, широко відомі через їх антиоксидантні властивості, так як відіграють дуже важливу роль у зниженні ризику серцево-судинних захворювань, діабету, деяких типів раку, хвороб Альцгеймера та Паркінсона. Антиоксидантні властивості цих сполук полягають у їх здатності нейтралізувати вільні радикали та хелатувати перехідні метали, таким чином вони протидіють ініціації та поширенню окислювальних процесів в організмі [2]. Аналіз наукових літературних джерел вказує, що поліфеноли є активними речовинами бобових, які регулюють активність широкого спектру клітинних рецепторів, ферментів і експресії генів [5]. Аналіз результатів досліджень іноземних науковців свідчить, що більшість фенольних сполук розташовані в оболонці бобів, а менша – у сім'ядолі [6]. Вміст фенольної сполуки становить в середньому 145 мг/г і що є 11% від загальної кількості всіх компонентів насіння [7]. Фенольні сполуки в бобах представлені флавонами, мономерами та олігомерами флаванолів, флаванони, ізофлавоноїди, антоціани, халкони і дигідрохалкони [8, 9, 10, 11, 12]. Однак фенольні кислоти та нефлавоноїдні фенольні сполуки (гідроксibenзойна та гідроксилкорична кислоти) в основному містяться в сім'ядолях бобів [13]. Зважаючи на їх хімічну структуру, то до їх складу входять як прості молекули, такі як фенольні кислоти, так і складні полімери (дубильні речовини та лігнін) [14]. Колір оболонки боба квасолі забезпечує наявність та кількість поліфенолів, таких як флавоноли глюкозиди, конденсовані дубильні речовини та антоціани. Їх функція полягає в забезпеченні захисту від патогенів при проростанні. Ці сполуки виявляють антиоксидантні, антимутагенні, антиканцерогенні властивості. І чим темніше забарвлення оболонки боба, тим вищий вміст антоціанів [15]. Так, червоне,

чорне та рожеве забарвлення сортів квасолі забезпечує велика кількість і різноманітність антоціанів. Кольори світло-жовті або рожеві, плямисті насіннєві оболонки, як правило, забезпечуються конденсованими дубильними речовинами [16]. Сухі та гідротермічно оброблені боби містять переважну кількість флавоноїдів, включаючи кверцетин, міріцетин, цинідин, проціанідин, нарингенін, катехін, гесперетин і кемпферол [17]. Оскільки квасоля звичайна є багатим джерелом біологічно активних сполук і антиоксидантних властивостей, метою є комплексне дослідження поліфенольної складової бобів квасолі звичайно різного забарвлення вітчизняної селекції, які в подальшому допоможуть з'ясувати їх нутрицевтичний потенціал, терапевтичну цінність та оздоровчий ефект. Тому актуальним є поточне комплексне дослідження поліфенольних компонентів бобів квасолі звичайної різних генотипів та забарвлення, визначення їх органолептичних показників та поживної складової, які в подальшому допоможуть з'ясувати їх терапевтичну цінність та оздоровчий ефект.

Матеріали та методика. У дослідженнях використовували боби квасолі звичайної, вирощених в агроценозах України, різного забарвлення. Оригінаторами сортів Мавка (UA) та Ластівка (UA), які включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні є селекційні установи НААН. Сорти квасолі Стрійський Ясь (UA), Пінко (USA) та Кіднеу (USA) присутні на ринку України, вирощені в фітоценозах Закарпаття, і широко споживаються населенням, але відсутні в Державному реєстрі сортів рослин, проте включені у наші дослідження для наукових цілей. Лабораторні дослідження щодо поліфенольної складової та органолептичних і фізичних показників бобів *Phaseolus vulgaris* (сушене) проводились у відділі селекції і насінництва сільськогосподарських культур, Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Паралельно на кафедрі технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика, Національного університету біоресурсів та природокористування України досліджували наявність і кількість поліфенольних кислот та поживних речовин після процесу мацерації [18]. Щоб зберегти весь фітокомплекс бобів і одночасно екстрагувати поліфеноли, білки та вуглеводи, застосовували метод екстракції, який проводили шляхом короткого замочування 10 г подрібнених вручну бобів у воді при 50 °C, виділення рідини, а потім виконання мацерації при 35 °C 100 мл дистильованої води протягом 48 год. Екстракт доводили до кінцевого співвідношення: екстракт 1:10, як лікарський засіб. Для якісного аналізу фітохімічного комплексу бобів використовували тонкошарову (ТШХ) та паперову хроматографію (ПХ). ТШХ використовували для якісного аналізу фенольних композицій, з можливістю ідентифікації речовин після обробки загальними реактивами (парами амоніаку, феруму хлориду, ваніліну та кислоти хлоридної в лужному середовищі). Для кількісного визначення поліфенолів використовували ВЕРХ (високоєфективну рідинну хроматографію) [19, 20]. За результатами хроматографічного профілювання було систематизовано

основні сполуки та їх кількісна складова. Усі дані обробляли за допомогою статистичного програмного забезпечення. Результати викладались як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення. Для порівняння середніх значень між сортами використовували аналіз варіації (ANOVA) за рівня значущості $p < 0,05$.

Результати досліджень. Зерно бобових має три основні частини: сім'ядолю, оболонку та зародок. Нефлавоноїдні фенольні сполуки, такі як гідроксибензойна кислота та гідроксикорична кислота, розташовані в сім'ядолі, тоді як флавоноїди містяться в оболонці насіння [11]. За результатами наших досліджень сухі боби квасолі звичайної різних генотипів містять ряд фенольних кислот, які синтезовані і є похідними бензойної кислоти (ванілінова, *n*-гідроксибензойна та галова кислоти) та коричної кислоти (ферулова, *n*-кумарова і хлорогенова кислоти) (Табл. 1). Так сорти білого забарвлення Стрійський Ясь та Мавка мають найменшу кількість фенольних кислот: хлорогенової кислоти $< 0,005$ мг/г, кумарову кислоту (0,0030–0,0024 мг/г) і ферулову кислоту (0,0016–0,0014 мг/г). Похідні бензойної кислоти встановлено у кількості: ванільну кислоту (0,0052–0,0031 мг/г), *n*-гідроксибензойну кислоту – 0,0042–0,0039 мг/г, галову – 0,018–0,017 мг/г. Сорти Пінто (забарвлення бобів капучіно з коричневими вкрапленнями) та Ластівка (забарвлення бордове з білими нерівномірними плямами) поліфенольних кислот мали більше. Кількість похідних гідроксикоричних кислоти становила відповідно 0,050 та 0,041 мг/г, похідні бензойної кислоти становили 0,021 та 0,027 мг/г. А от сорт Кінді самого темного забарвлення бобів (темно бордове) серед досліджуваних генотипів мав найвищий вміст поліфенолів – 0,140 мг/г. Серед них похідні гідроксикоричних кислот були у загальній кількості 0,058 мг/г (ванілінова – 0,0166 мг/г, *n*-гідроксибензойна – 0,0086 та галова – 0,047 мг/г), похідні бензойної кислоти – 0,09 мг/г (ферулова – 0,0036 мг/г, *n*-кумарова – 0,0068 і хлорогенова – 0,011 мг/г). Кількість ізофлавоноїдів встановлено менше 0,05 мг/г. Аналіз представлених даних дозволяє стверджувати, що боби темного забарвлення мають високий вміст поліфенолів, порівняно з бобами білого забарвлення. Забарвлення оболонки боба забезпечує наявність поліфенолів, включаючи антоціани, флавоноли глюкозиди та конденсовані дубильні речовини. Темні боби зазвичай мають найвищий вміст антоціанів [15]. Кольори оболонки світло-жовті або рожево-плямисті, як правило, забезпечують наявні конденсовані дубильні речовини. Важливо і те, що не всі компоненти вдалося виявити, тобто фактичний вміст поліфенолів значно більший (існує невиявлена кількість конденсованих дубильних речовин (таніну)).

Дослідження іноземних науковців відзначається, що гідротермічна обробка бобів квасолі звичайної змінює кількість фенольних кислот [21, 22]. Так, за їх результатами загальний фенольний діапазон 503,2–1062 мг/100 г сухої квасолі та 210–711 мг/100 г вареної квасолі продемонстрував, що високий вміст поліфенольних сполук у сухих бобів знизився після процесу варіння на 50% і смаження на 64%, хоча це зниження було різним для досліджуваних генотипів [23]. За свідченнями Orak

Таблиця 1

Поліфенольний складник (мг/г) у бобах квасолі звичайної

Компоненти	Сорти квасолі звичайної				
	Стрійський Ясь	Пінто (Pinto)	Кідні (Kidney bean)	Мавка	Ластівка
					
Всього поліфенолів	0,118± 0,015	0,123± 0,011	0,140± 0,015	0,114± 0,012	0,123± 0,011
Похідні гідроксикоричних кислот:	0,042± 0,005	0,050± 0,003	0,058± 0,002	0,046± 0,003	0,041± 0,004
<i>Хлоргенова</i>	<0,005	0,006± 0,002	0,011± 0,002	<0,005	0,009± 0,003
<i>п-Кумарова</i>	0,0032± 0,003	0,0040± 0,001	0,0068± 0,004	0,0024± 0,001	0,0027± 0,002
<i>Ферулова</i>	0,0017± 0,005	0,0028	0,0036± 0,005	0,0014± 0,005	0,0034± 0,005
Похідні бензойної кислоти:	0,0173± 0,004	0,0215± 0,006	0,0897± 0,005	0,027± 0,001	0,0267± 0,003
<i>Ванільна</i>	0,0052± 0,002	0,0141± 0,005	0,0166± 0,003	0,0031± 0,005	0,0083± 0,002
<i>п-Гідрокси-бензойна</i>	0,0042± 0,005	0,0057± 0,001	0,0086± 0,003	0,0039± 0,005	0,0074± 0,004
<i>Галова</i>	0,018± 0,003	0,028± 0,002	0,047± 0,003	0,017± 0,002	0,022± 0,003
Ізофлаваноїди	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

та ін., [24], високий уміст фенольних сполук у сухих бобах знижувався після гідротермічної обробки на 50% і смаження – на 64%, хоча ці показники були різними для досліджуваних генотипів. За результатами наших досліджень, боби з темним забарвленням мали уміст фенольних сполук більший, порівняно з бобами білого забарвлення. За результатами наших досліджень після гідротермічної обробки бобів прослідковується зниження рівня *п*-гідроксibenзойної кислоти від 17,9 до 44,5%, ванільної кислоти – від 12,5 до 36,9%, *п*-кумарової кислоти – від 26,3 до 66,3%, ферулової кислоти – від 15,5% до 36,5% у всіх досліджуваних генотипів. Це вказує, що мацерація бобів зменшує кількість більшості цих сполук. Тому, воду, отриману в результаті цього процесу (варіння), рекомендується використовувати для приготування їжі, щоб зберегти її поліфенольний склад у кінцевому продукті. Боби квасолі мають високу антиоксидантну властивість завдяки фенольним кислотам, флавоноїдам, стильбенам і дубильним речовинам. Ці антиоксидантні властивості в основному зумовлені здатністю поліфенолів нейтралізувати вільні радикали та їх поглинаючи або пригнічуючи спроможність перекисного окислення ліпідів [25, 26]. Зазвичай, антиоксидантна активність підвищується під час травлення та всмоктування варених бобів у кишечнику, так як фенольні сполуки вивільняються вище в шлунку через його кисле середовище, а кислотне середовище та опосередкований ферментами гідроліз сприяють вищій

розчинності поліфенолів разом із крохмалем і білками [11]. Звичайна квасоля відіграє життєво важливу роль, забезпечуючи організм людини джерелом поживних речовин. Користь бобів для здоров'я, як правило, набувається завдяки основним властивостям, включаючи високий вміст білків, харчових волокон, низький вміст насичених жирів, вітамінів, мінералів і фітохімічних речовин, а також в раціоні заміну продуктів тваринного походження. Регулярне споживання бобів, які містять суху та розчинну клітковину, а також стійкі крохмалі, знижує глікемічний індекс у людини. Тому був проведений аналіз комплексного поживного складу досліджуваних сортів на харчову цінність продукту, що спрогнозує технологічні властивості та біологічні ефекти під час вживання цього продукту (Табл. 2).

Відомо, що дозрілі і висушені боби є багатим джерелом білків, крохмалю, ненасичених жирних кислот (лінолевої кислоти), харчових волокон, вітамінів і мінералів, які вважаються важливими харчовими ресурсами. Харчові властивості бобів тісно пов'язані з їх вмістом білка і, меншою мірою, з вмістом вуглеводів, вітамінів і мінералів. За результатами наших досліджень, кількість білку різниться залежно від досліджуваного генотипу, і коливається в межах від 5,38–6,17 г/100 г у білозернових генотипів (сорт Стрійський Ясь та Мавка), 20,68–22,34 г/100 г у плямистих (Пінто та Ластівка) та 22,11 г/100 г у темних (сорт Кідні), що становить майже 20% від рекомендованого щоденного споживання для

Таблиця 2

Комплекс поживних речовин в 100 г після мацерації бобів різних генотипів квасолі звичайної

Поживні речовини	Стрійський Ясь	Пінто	Кідні (Kidney bean)	Мавка	Ластівка
					
Енергія, ккал	94	489	166	91	493
Білок, г	6,17	21,71	21,11	5,38	22,34
Загальні ліпіди (жир), г	0,29	0,37	0,34	0,28	0,11
Вуглеводи, г	20,9	60,67	57,12	20,3	56,81
Загальна кількість харчових волокон, г	5,3	10,4	43,1	4,9	10,4
Цукрів, г	0,69	3,54	2,77	0,72	3,52
Крохмаль, г	2,1	1,8	3,6	2,0	1,9
Мінеральний комплекс					
Fe Залізо, мг	47	68	166	45	70
Ca Кальцій, мг	1,40	2,53	7,19	1,37	2,55
K ₂ O Калій, мг	269	94	212	261	94
Mg Магній, мг	35	41	41	33	41
Na Натрій, мг	8	281	66	7	285
Ліпіди					
Загальних насичених кислот, г	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2
Моно ненасичених жирних кислот, г	0,005	0,05	0,013	0,005	0,05
Полі ненасичених жирних кислот, г	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3

дорослої людини. Більшість амінокислот, які є наявними в бобах, це лізин (6,5–7,5 г/100 г білка) і тирозин з фенілаланіном (5,0–8,0 г/100 г білка). Близько 20,9–60,7 г вуглеводів присутні в 100 г бобів і переважною фракцією в бобах є крохмаль, що становить в середньому 2,0 г у білозернових генотипів сортів Стрійський Ясь та Мавка, 1,8 г у плямистих сортах Пінто та Ластівка та 3,6 г у темно червоного сорту Кідні. Крім того, харчові волокна представлені у кількості 5,3–4,9 г/100 г у білозернових сортах, 10,4 г/100 г у плямистих, і найбільша кількість 42,1 г/100 г у сорту Кідні (боби темно бордового забарвлення). Більше 50% волокон нерозчинні, складаються з пектинів, пентозанів, геміцелюлози, целюлози, лігніну. Висока нерозчинна клітковина в квасолі також забезпечує повільне засвоєння вуглеводів та мікроелементів (залізо та цинк), які зменшують вивільнення глюкози після вживання, що є корисним людям з діабетом. Щодо мінерального складу після мацерації бобів квасолі, то слід зазначити, що уміст заліза (Fe), яке відіграє ключову роль у транспортуванні кисню, оскільки є основним компонентом гемоглобіну в еритроцитах, у досліджуваних генотипів доволі високий. Так, у білозернових генотипів (сорт Стрійський Ясь та Мавка) кількість (Fe) становить 47–48 мг/100 г продукту, у плямистих (Пінто та Ластівка) – 68–70 мг/100 г та 166 мг/100 г продукту у темно бордового (сорт Кідні). Доречі, недостатнє

споживання заліза призводить до анемії (слабкість та зниженням імунітету). Кальцій (Ca): мінерал для кісток і зубів та правильного функціонування м'язів, передачі нервових імпульсів та згортання крові і Калій (K): контроль артеріального тиску представлені в середньому у кількості (Ca): 1,37 мг/100 г та (K): 265 мг/100 г продукту у білозернових генотипів квасолі, 2,54 і 94 мг/100 г продукту у плямистих та 7,19 і 212 мг/100 г – у темно бордового генотипу квасолі відповідно. Калій відіграє важливу роль у підтримці балансу рідин в організмі та необхідний для скорочення м'язів і роботи нервової системи. Магній (Mg): допомагає підтримувати нормальну функцію м'язів і нервів, стабільний серцевий ритм та імунну систему. Бере участь у понад 300 біохімічних реакціях. У сортах Стрійський Ясь та Мавка зазначеного мінералу встановлено у кількості 34 мг/100 г продукту, у сортах Пінто, Ластівка та Кідні – по 41 мг/100 г продукту. Натрій (Na): підтримує баланс рідини в організмі, функції нервових клітин та скорочення м'язів. Однак, надмірне споживання натрію може призвести до підвищеного артеріального тиску. Вищезазначений мінерал представлений у білозернових генотипів (сорт Стрійський Ясь та Мавка) – 7,5 мг/100 г, у плямистих (Пінто та Ластівка) – 283 та 66 мг/100 г у темно (сорт Кідні). Мононенасичені жирні кислоти (МНЖК) в бобах квасолі є висококалорійним джерелом енергії

і забезпечують енергію для організму та підтримують серцево-судинну систему. Найбільш поширеною МНЖК є олеїнова кислота виявлена у мінімальних кількостях у плямистих – 0,05 г та 0,1 г – у темних бобах. Загальна кількість насичених жирних кислот у генотипах квасолі представлені пальмітиною та стеариною кислотами, кількість яких доволі низька і становила в середньому 0,1–0,3 г/100 г продукту. Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) в бобах квасолі представлені лінолевою кислотою (омега-6), кількість якої сягає 0,7 г/100 г продукту та альфа-лінолевою кислотою (омега-3) – 0,3 г/100 г продукту. Ліпідна фракція в бобах квасолі має низький вміст і в основному представлена з моно- і поліненасичених жирних кислот, але незважаючи на невелику кількість, ці кислоти є незамінними, тобто організм не може їх синтезувати самостійно, і вони повинні надходити з їжею. Отже, комплекс поживних речовин присутній у квасолі, відповідає мінімальним потребам людини, схваленим Всесвітньою організацією охорони здоров'я та Продовольчою та сільськогосподарською організацією. Слід відзначити, що поліфеноли спричиняють подовження процесу перетравлення бобів у людини, так як дубильні речовини в бобах мають здатність зв'язуватися з білками за допомогою N-зв'язків і таким чином запобігати їх перетравленню. Мацерація (кип'ятіння, варіння) бобів квасолі є поширеним методом обробки, що призводить до зниження вмісту поліфенолів і негативного впливу на перетравлення продукту. Також і харчові властивості сортів квасолі оцінюють за розварюваністю, смаком, консистенцією забарвленням розварених бобів. Забарвлення бобів є важливим чинником їх якості: за кольором можна визначити їх свіжість і зрілість. Задля реалізації сировини і бобових продуктів визначаючими є органолептичні та фізичні показники бобів. Тому було визначено органолептичні властивості зернової квасолі досліджуваних сортів (табл. 3).

Проведений аналіз свідчить, що сорти квасолі різняться доволі суттєво, як за розміром, так і за забарвленням. Так, довжина і ширина боба варіює в межах відповідно 15,4 та 7,9 мм (сорт Кінді), до 22,0 та 14,2 мм (сорт Стрійський Ясь), а товщина – від 18,1 (сорт Мавка) до

39,1 мм (сорт Стрійський Ясь). Досліджувані сорти різнилися за забарвленням і формою. Боби сортів Мавка, Стрійський Ясь та Кінді мали ниркоподібну форму, а сорти Ластівка та Пінто – овальну. Забарвлення бобів представлене у таблиці 2. Аромат після гідротермічної обробки бобів проявлявся з слабким шлейфом бобових, горіхово-землистий та сирого крохмалю. Також зерна квасолі відрізнялися і за масою 1000 шт. Так, найбільшу масу 1000 шт. бобів має сорт Стрійський Ясь – 1080 г, найменшу – Кінді (340 г) та Мавка (385 г), сорти Ластівка та Пінто відповідно – 780 г і 540 г.

Загалом боби квасолі не різнилися суттєво за поживним складом, вони різняться за смаком, забарвленням та текстурою, розміром і формою боба та терміном приготування. Найбільш розповсюджені боби білого кольору, різного розміру, овальної форми. А от літературні джерела підтверджують ефективність споживання червоної квасолі – боби овальної форми, м'яка червона текстура, багаті фенольними сполуками та неперетравлюваними ферментованими компонентами, які можуть допомогти покращити здоров'я людини [24, 25]. При вживанні червоних бобів квасолі проявляється протизапальна дія, що має оздоровчий потенціал у протигрибковій, імунотропній, антипроліферативній та індукує апоптозу діяльності в пухлинних клітинах [22, 23]. Боби Пінто – боби середнього розміру, коричневошкірі, плямисті, овальної форми. Виділені сполуки гемаглютиніни, дефензини з бобів пінто, мають протигрибкову, протидіабетичну та протипухлинну дію [25, 26].

Висновки. Боби квасолі генотипу Кінді (забарвлення темно бордове) наділені високим вмістом поліфенолів (0,140 мг/г), порівняно з бобами білого забарвлення, сорти Стрійський Ясь (0,118 мг/г) та Мавка (0,114 мг/г). Плямисті боби сортів Пінто та Ластівка в середньому по 0,121 мг/г мали поліфенольних компонентів.

Мацерація бобів квасолі звичайної всіх досліджуваних генотипів знизилася вміст поліфенольних кислот в середньому на 30-50%. Аналіз комплексного поживного складу досліджуваних сортів квасолі виявив, що харчові властивості бобів тісно пов'язані з їх вмістом білка і, меншою мірою, з вмістом вуглеводів,

Таблиця 3

Органолептичні і фізичні показники сортів квасолі звичайної

Показники	Стрійський Ясь	Пінто	"Кідні" (Kidney bean)	Мавка	Ластівка
Розмір бобів, мм:					
Довжина	22,0±0,14	17,3±1,12	15,4±0,43	16,1±0,62	21,1±0,46
Ширина	14,2±0,27	10,1±0,11	7,9±0,50	7,2±0,31	11,2±0,17
Товщина	39,1±0,25	26,4±0,18	20,1±0,14	18,1±0,25	32,3±0,26
Маса 1000 шт., г	1080	540	340	385	780
Форма	Нирко-подібна	Овальна	Нирко-подібна	Нирко-подібна	Овальна
Забарвлення	Біле	Капучіно з коричневим вкрапленням	Бордовий	Біло-кремовий	Бордовий з білими плямами
Аромат	Слабкий шлейф бобових	Горіховий	Слабкий шлейф бобових	Слабкий шлейф бобових	Слабкий шлейф бобових

мінералів та ліпідів. Мають низький уміст насичених жирів. Загалом досліджувані боби квасолі не різнилися суттєво за поживним складом, вони різняться за смаком, забарвленням та текстурою, розміром і формою та часом приготування. Зважаючи на аналіз літературних джерел та власних досліджень, процес зміцнення здоров'я прямо пропорційний збільшенню споживання квасолі бобів темного забарвлення, так як вони багаті поліфенолами, які позитивно впливають на імунітет людини і підвищує терапевтичний ефект при різних захворювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Ombra, M.N., D'Acierno, A., Nazzaro, F., Riccardi, R., Spigno, P., Zaccardelli, M., Pane, C., Maione, M., Fratianni, F. Phenolic Composition and Antioxidant and Antiproliferative Activities of the Extracts of Twelve Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Endemic Ecotypes of Southern Italy before and after Cooking. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016, DOI: 10.1155/2016/1398298
- Ganesan, K.; Xu, B. Polyphenol-rich dry common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017, 18, 2331. <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
- Sharma, A.; Kaur, M.; Katnoria, J.K.; Nagpal, A.K. Polyphenols in food: Cancer prevention and apoptosis induction *Current Medicinal Chemistry*. 2017. DOI: 10.2174/0929867324666171006144208
- Ganesan, K.; Xu, B. A critical review on polyphenols and health benefits of black soybeans. *Nutrients*. 2017. 4;9(5):455. doi: 10.3390/nu9050455.
- McDougall, G.J. Phenolic-enriched foods: Sources and processing for enhanced health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2017 May;76(2):163-171. doi: 10.1017/S0029665116000835.
- Ren, S.C.; Liu, Z.L.; Wang, P. Proximate composition and flavonoids content and in vitro antioxidant activity of 10 varieties of legume seeds grown in China. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2012, 6, 301–308. DOI: 10.5897/JMPR11.140
- López, A.; El-Naggar, T.; Dueñas, M.; Ortega, T.; Estrella, I.; Hernández, T.; Gómez-Serranillos, M.P.; Palomino, O.M.; Carretero, M.E. Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 2013, 138, 547–555. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.10.107
- Cardador-Martinez, A.; Castano-Tostado, E.; Loarca-Pina, G. Antimutagenic activity of natural phenolic compounds present in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin B1. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2002, 19, 62–69. DOI: 10.1080/02652030110062110
- Beninger, C.W.; Gu, L.; Prior, R.L.; Junk, D.C.; Vandenberg, A.; Bett, K.E. Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, 53, 7777–7782. doi: 10.1021/jf050051l.
- Xu, B.J.; Chang, S.K. Total phenolic content and antioxidant properties of Eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. *Journal of Food Science*. 2008, 73, 19–27. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00625.x
- Akillioglu, H.G.; Karakaya, S. Changes in total phenols, total flavonoids, and antioxidant activities of common beans and pinto beans after soaking, cooking, and in vitro digestion process. *Food Science and Biotechnology*. 2010, 19, 633–639. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0089-8>
- de Lima, P.F.; Colombo, C.A.; Chiorato, A.F.; Yamaguchi, L.F.; Kato, M.J.; Carbonell, S.A. Occurrence of isoflavonoids in Brazilian common bean germplasm (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, 62, 9699–9704. doi: 10.1021/jf5033312.
- Ranilla, L.G.; Genovese, M.I.; Lajolo, F.M. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55, 90–98 doi: 10.1021/jf062785j.
- Ávalos, G.A.; Pérez-Urria, C.E. Metabolismo secundario de plantas. [Secondary plant metabolism]. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2009, 2, 119–145.
- Lin, L.Z.; Harnly, J.M.; Pastor-Corrales, M.S.; Luthria, D.L. The polyphenolic profiles of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 2008, 107, 399–410. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.038
- Winham, D.M.; Hutchins, M.H. Baked beans consumption reduces serum cholesterol in hypercholesterolemic adults. *Nutrition Research* 27(7):380-386 DOI:10.1016/j.nutres.2007.04.017
- Hayat, I.; Ahmad, A.; Masud, T.; Ahmed, A.; Bashir, S. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2014, 54, 580–592. doi: 10.1080/10408398.2011.596639.
- Черненко М. Л., Ткаченко В. О. Методи аналізу харчових продуктів. Харків: ХДУХТ, 2021. 210 с.
- Макаренко О. А., Левицький А. П. Фізіологічні функції флавоноїдів в рослинах. Фізіологія і біохімія культурних рослин. 2013. Т. 45, № 2. С. 100–112.
- Державна Фармакопея України. (1-е вид., 2-ге доп.). Харків: PIPEГ, 2008. 620 с.
- Lima, J.E.; Sampaio, A.L.F.; Henriques, M.M.O.; Barja-Fidalgo, C. Lymphocyte activation and cytokine production by *Pisum sativum* agglutinin (PSA) in vivo and in vitro. *Immunopharmacology*. 1999 Feb;41(2):147-55. doi: 10.1016/s0162-3109(98)00062-9.
- Ariga, T.; Hamano, M. Radical scavenging action and its mode in procyanidins B-1 and B-3 from adzuki beans to peroxy radicals. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1990, 54, 2499–2504. DOI: 10.12691/jfmr-3-9-9
- Boateng, J.; Verghese, M.; Walker, L.T.; Ogutu, S. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). *Food Science and Technology*. 2008, 41, 1541–1547. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.025>
- Orak, H.H.; Karamać, M.; Orak, A.; Amarowicz, R. Antioxidant Potential and Phenolic Compounds of Some Widely Consumed Turkish White Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties. *Polish Journal of Food and Nutrition*. 2016, 66, 253–260. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0022>

25. Díaz, A.M.; Caldas, G.V.; Blair, M.W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. *Food Research International*. 2010. 43(2):595-601. DOI:10.1016/j.foodres.2009.07.014
26. Oomah, B.D.; Cardador-Martinez, A.; Loarca-Piña, G. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Science Food Agriculture*. 2005. 85(6):935-942. DOI:10.1002/jsfa.2019

REFERENCES:

1. Ombra, M.N., D'Acerno, A., Nazzaro, F., Riccardi, R., Spigno, P., Zaccardelli, M., Pane, C., Maione, M., Fratianni, F. (2016). Phenolic Composition and Antioxidant and Antiproliferative Activities of the Extracts of Twelve Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Endemic Ecotypes of Southern Italy before and after Cooking. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. DOI: 10.1155/2016/1398298
2. Ganesan, K., Xu, B. (2017). Polyphenol-rich dry common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*. 18, 2331. <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
3. Sharma, A., Kaur, M., Katnoria, J.K., Nagpal, A.K. (2017). Polyphenols in food: Cancer prevention and apoptosis induction. *Current Medicinal Chemistry*. DOI: 10.2174/0929867324666171006144208
4. Ganesan, K., Xu, B. (2017). A critical review on polyphenols and health benefits of black soybeans. *Nutrients*. 4;9(5):455. doi: 10.3390/nu9050455.
5. McDougall, G.J. (2017). Phenolic-enriched foods: Sources and processing for enhanced health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*. 76(2):163-171. doi: 10.1017/S0029665116000835.
6. Ren, S.C., Liu, Z.L., Wang, P. (2012). Proximate composition and flavonoids content and in vitro antioxidant activity of 10 varieties of legume seeds grown in China. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6, 301–308. DOI: 10.5897/JMPR11.140
7. López, A., El-Naggar, T., Dueñas, M., Ortega, T., Estrella, I., Hernández, T., Gómez-Serranillos, M.P., Palomino, O.M., Carretero, M.E. (2013). Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 138, 547–555. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.10.107
8. Cardador-Martinez, A., Castano-Tostado, E., Loarca-Piña, G. (2002). Antimutagenic activity of natural phenolic compounds present in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin B1. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 19, 62–69. DOI: 10.1080/02652030110062110
9. Beninger, C.W., Gu, L., Prior, R.L., Junk, D.C., Vandenberg, A., Bett, K.E. (2005). Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 7777–7782. doi: 10.1021/jf050051l.
10. Xu, B.J., Chang, S.K. (2008). Total phenolic content and antioxidant properties of Eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by processing methods. *Journal of Food Science*. 73, 19–27. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00625.x
11. Akillioglu, H.G.; Karakaya, S. (2010). Changes in total phenols, total flavonoids, and antioxidant activities of common beans and pinto beans after soaking, cooking, and in vitro digestion process. *Food Science and Biotechnology*. 19, 633–639. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0089-8>
12. de Lima, P.F., Colombo, C.A., Chiorato, A.F., Yamaguchi, L.F., Kato, M.J., Carbonell, S.A. (2014). Occurrence of isoflavonoids in Brazilian common bean germplasm (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62, 9699–9704. doi: 10.1021/jf5033312.
13. Ranilla, L.G., Genovese, M.I., Lajolo, F.M. (2007). Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55, 90–98 doi: 10.1021/jf062785j.
14. Ávalos, G.A., Pérez-Urria, C.E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. [Secondary plant metabolism]. Reduza (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2, 119–145.
15. Lin, L.Z., Harnly, J.M., Pastor-Corrales, M.S., Luthria, D.L. (2008). The polyphenolic profiles of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 107, 399–410. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.038
16. Winham, D.M., Hutchins, M.H. (2007). Baked beans consumption reduces serum cholesterol in hypercholesterolemic adults. *Nutrition Research* 27(7):380-386 DOI:10.1016/j.nutres. 04.017
17. Hayat, I.; Ahmad, A., Masud, T.; Ahmed, A., Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 54, 580–592. doi: 10.1080/10408398.2011.596639.
18. Chernenko M. L., Tkachenko V. O. (2021). Metody analizu kharchovykh produktiv. [Methods of analysis of food products]. Kharkiv: KhDUKhT, 210 s. [in Ukrainian]
19. Makarenko O. A., Levytskyi A. P. (2013). Fiziologichni funktsii flavonoidiv v roslynakh. [Physiological functions of flavonoids in plants]. Fiziologhiia i biokhimiia kulturnykh roslyn. T. 45, № 2. S. 100–112. [in Ukrainian]
20. Derzhavna Farmakopeia Ukrainy. (2008). [State Pharmacopoeia of Ukraine]. (1-e vyd., 2-he dop.). Kharkiv: RIREH, 620 s. [in Ukrainian]
21. Lima, J.E., Sampaio, A.L.F., Henriques, M.M.O., Barja-Fidalgo, C (1999). Lymphocyte activation and cytokine production by *Pisum sativum* agglutinin (PSA) in vivo and in vitro. *Immunopharmacology*. 41(2):147-55. doi: 10.1016/s0162-3109(98)00062-9.
22. Ariga, T., Hamano, M. (1990). Radical scavenging action and its mode in procyanidins B-1 and B-3 from adzuki beans to peroxy radicals. *Agricultural and Biological Chemistry*. 54, 2499–2504. DOI: 10.12691/jfmr-3-9-9
23. Boateng, J., Verghese, M., Walker, L.T., Ogutu, S. (2008). Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). *Food Science and Technology*. 41, 1541–1547. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.025>
24. Orak, H.H., Karamać, M., Orak, A., Amarowicz, R. (2016). Antioxidant Potential and Phenolic Compounds of Some Widely Consumed Turkish White Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties. *Polish Journal of Food and Nutrition*. 66, 253–260. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0022>
25. Díaz, A.M., Caldas, G.V., Blair, M.W. (2010). Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. *Food Research*

Internationa.l 43(2):595-601. DOI:10.1016/j.food-res.2009.07.014

26. Oomah, B.D., Cardador-Martinez, A., Loarca-Piña, G. (2005). Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Science Food Agriculture*. 85(6):935-942. DOI:10.1002/jsfa.2019

Сторожик Л.І., Завгородня С.В., Бальян І.В., Завгородній В.М. Поліфенольні компоненти квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) та їх значення

Мета. Визначити та проаналізувати поліфенольні компоненти бобів квасолі звичайної різних генотипів та забарвлення. **Методи.** Використовували біохімічні, органолептичний, аналітичний та статистичні методи. Уміст поліфенольних сполук, її кількість визначали методами екстрагування, застосовували тонкошарову (ТШХ), паперову хроматографію (ПХ) та ВЕРХ (високо рідинну хроматографію). **Результати.** У досліджуваних бобах квасолі звичайної різних генотипів та забарвлення ідентифіковані поліфенольні кислоти, які синтезовані і є похідними бензойної кислоти (ванілінова, п-гідроксибензойна та галова кислоти) та коричної кислоти (ферулова, п-кумарова і хлорогенова кислоти). Сорти білого забарвлення Стрійський Ясь та Мавка мають найменшу кількість фенольних кислот: хлорогенової кислоти < 0,005 мг/г, кумарову кислоту (0,0030–0,0024 мг/г) і ферулову кислоту (0,0016–0,0014 мг/г). Похідних бензойної кислоти встановлено у кількості: ванільну кислоту (0,0052–0,0031 мг/г), п-гідроксибензойну кислоту – 0,0042–0,0039 мг/г, галову – 0,018–0,017 мг/г. Сорти Пінто (забарвлення бобів капучіно з коричневими краплями) та Ластівка (забарвлення бордове з білими нерівномірними краплями) поліфенольних кислот мали більше. Кількість похідних гідроксикоричних кислот становила відповідно 0,050 та 0,041 мг/г, похідні бензойної кислоти становили 0,021 та 0,027 мг/г. Сорт Кінді темно бордового забарвлення мав найвищий уміст поліфенолів – 0,140 мг/г. Серед них похідні гідроксикоричних кислот були у загальній кількості 0,058 мг/г (ванілінова – 0,0166 мг/г, п-гідроксибензойна – 0,0086 та галова – 0,047 мг/г), похідні бензойної кислоти – 0,09 мг/г (ферулова – 0,0036 мг/г, п-кумарова – 0,0068 і хлорогенова – 0,011 мг/г). Кількість ізофлаванонів встановлено менше 0,05 мг/г. **Висновки.** Боби квасолі генотипу Кінді (забарвлення темно бордове) наділені високим умістом поліфенолів (0,140 мг/г), порівняно з бобами білого забарвлення, сорти Стрійський Ясь (0,118 мг/г) та Мавка (0,114 мг/г). Плямисті боби сортів Пінто та Ластівка в середньому по 0,121 мг/г мали поліфенольних компонентів. Мацерація бобів знизилася уміст поліфенольних кислот в середньому на 30–50%. Харчові властивості бобів тісно пов'язані з вмістом білка і, меншою мірою, з вмістом вуглеводів, мінералів та ліпідів. Мають низький уміст насичених жирів. Досліджувані боби квасолі різнилися за смаком, забарвленням та текстурою, розміром і формою та часом приготування.

Ключові слова: боби, забарвлення, поліфеноли, органолептичні та поживні показники, мацерація.

Storozhyk L.I., Zavgorodnya S.V., Balyan I.V., Zavgorodniy V.M. Polyphenolic components of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their significance

Objective. To determine and analyze the polyphenolic components of common beans of different genotypes and colors. **Methods.** Biochemical, organoleptic, analytical and statistical methods were used. The content of polyphenolic compounds, its amount was determined by extraction methods, thin-layer chromatography (TLC), paper chromatography (PC) and HPLC (high-performance liquid chromatography) were used. **Results.** In the studied common beans of different genotypes and colors, polyphenolic acids were identified, which are synthesized and are derivatives of benzoic acid (vanillic, p-hydroxybenzoic and gallic acids) and cinnamic acid (ferulic, p-coumaric and chlorogenic acids). The white-colored varieties Stryjskiy Yas and Mavka have the lowest amount of phenolic acids: chlorogenic acid < 0.005 mg/g, coumaric acid (0.0030–0.0024 mg/g) and ferulic acid (0.0016–0.0014 mg/g). Benzoic acid derivatives were found in the following amounts: vanillic acid (0.0052–0.0031 mg/g), n-hydroxybenzoic acid – 0.0042–0.0039 mg/g, gallic acid – 0.018–0.017 mg/g. The Pinto varieties (cappuccino bean color with brown specks) and Lastivka (burgundy color with white uneven specks) had more polyphenolic acids. The amount of hydroxycinnamic acid derivatives was 0.050 and 0.041 mg/g, respectively, and benzoic acid derivatives were 0.021 and 0.027 mg/g. The dark burgundy Kindi variety had the highest content of polyphenols – 0.140 mg/g. Among them, the total amount of hydroxycinnamic acid derivatives was 0.058 mg/g (vanillic – 0.0166 mg/g, n-hydroxybenzoic – 0.0086 and gallic – 0.047 mg/g), benzoic acid derivatives – 0.09 mg/g (ferulic – 0.0036 mg/g, n-coumaric – 0.0068 and chlorogenic – 0.011 mg/g). The amount of isoflavonoids was found to be less than 0.05 mg/g. **Conclusions.** Beans of the Kindi genotype (dark burgundy color) have a high content of polyphenols (0.140 mg/g), compared to white beans, varieties Stryjskiy Yas (0.118 mg/g) and Mavka (0.114 mg/g). Spotted beans of the Pinto and Lastivka varieties had an average of 0.121 mg/g of polyphenolic components. Maceration of beans reduced the content of polyphenolic acids by an average of 30–50%. The nutritional properties of beans are closely related to the protein content and, to a lesser extent, to the content of carbohydrates, minerals and lipids. They have a low content of saturated fats. The studied beans differed in taste, color and texture, size and shape and cooking time.

Key words: beans, color, polyphenols, organoleptic and nutritional indicators, maceration.

Дата першого надходження рукопису до видання: 09.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025