

Л. В. ЕБЕРЛЕ^{1,2} (<https://orcid.org/0000-0002-3466-8653>), канд. біол. наук, доцент,
Б. В. ПРИСТУПА¹ (<https://orcid.org/0000-0002-9100-0860>), канд. біол. наук, доцент,
С. І. БОГАТУ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-7979-8232>), канд. мед. наук, доцент,
Я. В. РОЖКОВСЬКИЙ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-3650-9701>), д-р мед. наук, проф.,
Р. Є. ХОМА² (<https://orcid.org/0000-0002-5312-6382>), д-р хім. наук, проф.

¹ Одеський національний медичний університет, Україна

² Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН У ПЛОДАХ СОФОРИ ЯПОНСЬКОЇ (*STYPHNOLBIUM JAPONICUM* L.) МЕТОДОМ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ

Ключові слова: високоефективна рідинна хроматографія, фенольні сполуки, метод Фоліна–Чокальтеу, екстракт, софора японська

АНОТАЦІЯ

Плоди Софори японської (*Styphnolobium japonicum* L.) характеризуються вираженими антиоксидантними, капілярозміцнювальними, ангіопротекторними та протизапальними властивостями, однак сучасні дані щодо їх компонентного складу залишаються фрагментарними та потребують уточнення зі застосуванням високочутливих методів. У зв'язку з цим актуальним є поглиблене дослідження поліфенольного профілю плодів софори японської та оптимізація умов вилучення цільових сполук.

Метою роботи було встановлення оптимальних умов екстрагування фенольних речовин із плодів *Styphnolobium japonicum* L. та виконання їх ідентифікації й кількісної оцінки методом високоефективної рідинної хроматографії.

Об'єктом дослідження слугували плоди софори японської. Оптимізацію процесу екстрагування здійснювали в апараті Сокслета з використанням водно-етанольних сумішей різної концентрації та різних гідромодулів. Кількісний вміст фенольних сполук визначали спектрофотометрично за методом Фоліна–Чокальтеу. Компонентний склад екстракту аналізували методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ).

У результаті досліджень встановлено, що найефективніше вилучення фенольних сполук забезпечувала екстракція 70%-ю водно-етанольною сумішшю за гідромодуля 1:10 в апараті Сокслета впродовж 6 годин. Методом високоефективної рідинної хроматографії підтверджено наявність у складі екстракту різних груп фенолів, а сумарний вміст сполук в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. становив 56 958,21 мкг/мл. Найбільший вміст серед досліджуваних фенолів займали флавоноли, серед яких ідентифіковано було рутин, кверцетин і кемпферол. Значну частку становили також ізофлавонони, представлені глікозидами геністеїну, софорикозидом, геністеїном і глікозидами дайдзеїну. У менших кількостях виявлено катехін, катехіноподібні сполуки, кавову кислоту та нарингенін. Водночас низку потенційних фенольних компонентів у досліджуваному зразку не було ідентифіковано.

Одержані результати свідчать про високий рівень накопичення поліфенольних сполук у плодах *Styphnolobium japonicum* L., що зумовлює їхній значний антиоксидантний та протизапальний потенціал та перспективність використання для розроблення фітопрепаратів. Встановлений профіль фенольних речовин розширює уявлення про хімічний склад сировини та створює наукове підґрунтя для її стандартизації.

L. V. EBERLE ^{1,2} (<https://orcid.org/0000-0002-3466-8653>),
B. V. PRYSTUPA ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-9100-0860>),
S. I. BOGATU ¹ (<https://orcid.org/0000-0002-7979-8232>),
Ya. V. ¹ ROZHKOVS KYI (<https://orcid.org/0000-0002-3650-9701>),
R. E. ² KHOMA (<https://orcid.org/0000-0002-5312-6382>)

¹ Odessa National Medical University, Ukraine

² Odesa I. I. Mechnikov National University, Ukraine

IDENTIFICATION AND QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN THE FRUITS OF JAPANESE SOPHORA (*STYPHNOLOBIUM JAPONICUM* L.) USING HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Key words: high-performance liquid chromatography, phenolic compounds, Folin-Ciocalteu method, extract, Japanese Sophora

ABSTRACT

The fruits of *Styphnolobium japonicum* L. are characterized by pronounced antioxidant, capillary-strengthening, angioprotective, and anti-inflammatory properties; however, current data on their chemical composition remain fragmentary and require clarification using highly sensitive analytical methods. In this context, an in-depth study of the polyphenolic profile of *S. japonicum* fruits and the optimization of conditions for extracting target compounds are particularly relevant.

The aim of this study was to determine the optimal conditions for extracting phenolic compounds from *Styphnolobium japonicum* L. fruits, as well as to perform their identification and quantitative assessment using high-performance liquid chromatography (HPLC).

The objects of the study were the fruits of *S. japonicum*. The extraction process was optimized in a Soxhlet apparatus using aqueous-ethanol mixtures of varying concentrations and different solvent-to-solid ratios. The quantitative content of phenolic compounds was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu method. The composition of the extract was analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC).

The results of the study showed that the most effective extraction of phenolic compounds was achieved using a 70% aqueous-ethanol mixture at a solvent-to-solid ratio of 1:10 in the Soxhlet apparatus for 6 hours. HPLC analysis confirmed the presence of various groups of phenolic compounds in the extract, with a total content of 56,958.21 µg/mL. Among the phenols studied, flavonols were predominant, including rutin, quercetin, and kaempferol. Isoflavones also constituted a significant portion of the extract, represented by genistein glycosides, sophoricoside, genistein, and daidzein glycosides. Smaller amounts of catechin, catechin-like compounds, caffeic acid, and naringenin were also detected. At the same time, several potential phenolic components in the studied sample were not identified.

The obtained results indicate a high level of polyphenolic accumulation in *S. japonicum* fruits, which underlies their considerable antioxidant and anti-inflammatory potential and highlights their promise for the development of phytopharmaceuticals. The established phenolic profile expands the understanding of the chemical composition of the raw material and provides a scientific basis for its standardization.

Вступ

Актуальність дослідження поліфенольного складу лікарських рослин зумовлена зростаючим інтересом до препаратів рослинного походження, які посідають важливе місце у сучасній фармакотерапії. Впродовж останніх десятиліть фітотерапевтичні засоби стабільно зберігають попит на фармацевтичному ринку України та інших країн світу завдяки їх відносній безпечності, комплексності фармакологічної дії та можливості тривалого застосування. Лікарська рослинна сировина є джерелом широкого спектра біологічно активних сполук, серед яких особливе місце посідають поліфенольні речовини, зокрема флавоноїди, фенольні кислоти, дубильні речовини та інші

вторинні метаболіти рослин. Відомо, що ці сполуки проявляють антиоксидантні, протизапальні, капіляропротекторні, антимікробні та кардіопротекторні властивості, що зумовлює їхній значний фармакологічний потенціал та перспективність використання у створенні фітопрепаратів [1–3].

Серед перспективних лікарських рослин значний науковий інтерес становить *Styphnolobium japonicum* L. (софора японська), яка широко розповсюджена в країнах Азії та Європи і активно культивується як декоративна та лікарська рослина. У науковій та народній медичній практиці софора японська відома як цінне джерело біологічно активних речовин, зокрема флавоноїдів (рутин, кверцетин, кемпферол та їх похідні), ізофлавоноїдів, фенольних кислот та інших поліфенольних сполук [3–6].

Плоди софори японської, які є перспективним джерелом поліфенольних сполук, привертають особливу увагу в останні роки і можуть розглядатися як потенційна лікарська рослинна сировина для створення нових фітопрепаратів. Водночас значна частина даних щодо хімічного складу цієї рослини була одержана кілька десятиліть тому з використанням методів аналізу, що мають обмежену аналітичну чутливість і селективність. Сучасний розвиток аналітичної хімії, зокрема методів високоефективної рідинної хроматографії, спектрофотометрії та мас-спектрометрії, відкриває нові можливості для детального вивчення якісного та кількісного складу поліфенольних сполук лікарських рослин [5–7].

У зв'язку з цим актуальним є здійснення комплексного дослідження поліфенольного профілю плодів *Styphnolobium japonicum* L., що дасть змогу уточнити наявні дані щодо їх хімічного складу, виявити домінуючі біологічно активні компоненти та оцінити перспективи використання цієї рослинної сировини у фармацевтичній практиці. Одержані результати можуть стати науковим підґрунтям для подальшого розроблення нових фітопрепаратів, удосконалення існуючих лікарських засобів рослинного походження, а також для підвищення ефективності стандартизації лікарської рослинної сировини.

Таким чином, вивчення поліфенольного складу плодів софори японської є науково та практично обґрунтованим напрямом досліджень, що сприятиме поглибленню знань про хімічний склад цієї рослини, розширенню сировинної бази фармацевтичної галузі та раціональному використанню її фармакотерапевтичного потенціалу.

Метою дослідження була оптимізація умов екстрагування фенольних сполук із плодів *Styphnolobium japonicum* L. та виконання їх ідентифікації і кількісного аналізу методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ).

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження було обрано плоди *Styphnolobium japonicum* L. Заготівлю сировини здійснювали наприкінці жовтня 2025 р. на території ботанічного саду Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з дотриманням вимог чинної Державної фармакопеї України 2.0 та загальноприйнятих принципів належної практики збору лікарської рослинної сировини.

На першому етапі експериментальних досліджень здійснювали оптимізацію умов екстрагування фенольних сполук із плодів софори японської. Сировину попередньо

подрібнювали до розміру частинок 5–8 мм для підвищення ефективності масопереносу та інтенсифікації процесу екстракції. Екстрагування робили в апараті Сокслета зі застосуванням водно-етанольних сумішей різної концентрації (30%, 50%, 70% та 90%) за різних гідромодулів (1:5, 1:10, 1:15, 1:20) впродовж 6 год за температури кипіння 85–90 °С.

Ефективність підібраних умов екстракції оцінювали за вмістом фенольних сполук, який визначали спектрофотометричним методом із використанням реактиву Фоліна–Чокальтеу. Вимірювання здійснювали на спектрофотометрі Perkin-Elmer Lambda 9 (США).

Дослідження складу фенольних сполук виконували методом ВЕРХ зі застосуванням хроматографічної системи Shimadzu (Японія), укомплектованої модулем автоматичного введення зразків SIL-20A/20AC, насосом подачі рухомої фази LC-20AD, термостатованим колонним відсіком CTO-20A/20AC, дегазатором DGU-20A3/DGU-20A5 та діодно-матричним УФ-детектором SPD-20A/SPD-20AV. Розділення компонентів здійснювали на зворотно-фазовій колонці Microsorb-MV C18 (150 × 4,6 мм, розмір частинок сорбенту 5 мкм). Усі розчинники, реактиви та стандартні зразки відповідали аналітичному класу чистоти (Fluka, Merck, Lab-Scan).

Як елюент використовували двокомпонентну систему «метанол–0,9%-й розчин ортофосфорної кислоти» із початковим співвідношенням 1:9. Вибір складу рухомої фази обґрунтовано методичними підходами до аналізу поліфенолів, що забезпечують належну симетрію піків, їх відтворюваність та ефективне розділення сполук із різними полярностями, а також підвищують точність кількісних розрахунків.

Ідентифікацію речовин у досліджуваних екстрактах здійснювали шляхом порівняння часу утримання та спектральних характеристик досліджуваних речовин з аналогічними характеристиками стандартів відповідно до способу ідентифікації поліфенолів. Для точної ідентифікації або визначення приналежності досліджуваних речовин до конкретних груп поліфенолів використовували такі стандарти: хлорогенова і кавова кислоти, катехін, флаванолі, кверцетин, рутин і міріцетин, флаванони нарингенин, нарингін і гесперидин, флавонолі лютеолін і апигенин, ізофлавонолі дайдзеїн, геністеїн і геністин, антоціанін ціанідин (Sigma-Aldrich, Німеччина).

Перед проведенням аналізу одержані екстракти піддавали попередній мембранній фільтрації з використанням фільтрів Supelco Iso-Disc Filters PTFE (25 мм × 0,45 мкм) із метою видалення механічних домішок і запобігання пошкодженню хроматографічної колонки [8–10].

Статистичне оброблення даних робили з використанням програми STATISTICA 8. При порівняльному аналізі результатів досліджень використовували параметричний критерій Ст'юдента. Для всіх видів аналізу статистично достовірними вважали відмінності $p < 0,05$ (95%).

Результати дослідження та обговорення

Для одержання достовірних даних про склад і кількісний вміст біологічно активних компонентів рослинної сировини критично важливим є підбір оптимальних умов екстрагування. Раціонально обрана концентрація розчинника та співвідношен-

ня сировини до екстрагенту забезпечують максимальний вихід цільових сполук, мінімізують деградацію компонентів і створюють умови для їх точної ідентифікації та кількісного аналізу.

Дослідження оптимальних умов екстрагування фенольних сполук у плодах *Styphnolobium japonicum* L. (софори японської) показало, що ефективність вилучення залежить як від концентрації водно-етанольного розчину, так і від співвідношення сировини та екстрагенту (гідромодуль). Загалом, згідно з нашими дослідженнями встановлено, що сумарний вміст фенольних сполук коливався від 0,84 до 1,48% у перерахунку на 1 г сухої сировини (табл. 1).

Найвищі показники вмісту фенольних сполук спостерігали у разі використання водно-етанольного розчину 70% та гідромодулів 1:10 і 1:15, де сумарний вміст досягав 1,48% та 1,47% відповідно ($p < 0,05$). Висока ефективність екстракції за таких умов, ймовірно, зумовлена оптимальним балансом полярності розчинника – 70%-й етанол забезпечує достатнє розчинення як гідрофільних, так і помірно гідрофобних фенольних сполук (табл. 1).

Таблиця 1

Сумарний вміст фенольних сполук у плодах *Styphnolobium japonicum* L. за різних умов екстрагування (% у 1 г сухої сировини, $n = 3$)

Екстракція в апараті Сокслета впродовж 6 год		Концентрація водно-етанольної суміші			
		30%	50%	70%	90%
Гідромодуль	1:5	0,84 ± 0,09	0,96 ± 0,11	1,13 ± 0,09*	1,06 ± 0,12
	1:10	1,27 ± 0,13	1,34 ± 0,16	1,48 ± 0,12*	1,11 ± 0,12
	1:15	1,25 ± 0,16	1,31 ± 0,21*	1,47 ± 0,23*	1,09 ± 0,09
	1:20	0,88 ± 0,09	0,97 ± 0,12	1,22 ± 0,24	1,10 ± 0,16

Примітка: * – $p < 0,05$.

Менш ефективними виявилися умови екстракції з низькою (30–50%) або дуже високою (90%) концентрацією етанолу, а також у разі малих (1:5) та надмірних (1:20) гідромодулів, що можна пояснити недостатнім розчиненням фенольних сполук у розчиннику за низької концентрації етанолу або обмеженням масопереносу у разі надмірного розведення екстрагентом.

Одержані результати свідчать про те, що для максимального вилучення фенольних компонентів із плодів софори японської доцільно застосовувати 70%-ву водно-етанольну суміш із гідромодулем 1:10 за умов екстрагування в апараті Сокслета, що відповідає принципам оптимізації екстракційних процесів для рослинної сировини та є більш економічно вигідним.

Екстракт плодів *Styphnolobium japonicum* L., що містив максимальну концентрацію фенольних сполук, надалі піддавали аналізу методом високоефективної рідинної хроматографії з метою визначення його компонентного та кількісного складу.

ВЕРХ-аналіз екстракту з плодів *Styphnolobium japonicum* L. показав значну різноманітність фенольних сполук та дав змогу з високою вірогідністю визначити наявність основних груп фенолів, таких як: флавоноли, ізофлавоноли, катехіни, катехінополімери, фенольні кислоти та флаванони (рисунок).

Для оцінки ефективності екстрагування фенольних сполук аналіз здійснювали за кількістю та площею хроматографічних піків у проміжку 12–24 хв, оскільки саме в цьому інтервалі відбувається повне елюювання цільових сполук. Перші 10 хв хроматографії розглядали як технічні та не враховували у кількісних розрахунках через можливі коливання тиску та вплив ін'єкції проби на систему.

Аналіз високоефективної рідинної хроматографії продемонстрував, що серед усіх груп фенольних сполук за сумарним вмістом переважала група флавонолів, кількість яких становила 36 893,86 мкг/мл. Серед ідентифікованих компонентів цієї групи найбільш представленими були рутин (4 430,10 мкг/мл), кверцетин (264,96 мкг/мл) та кемпферол (170,57 мкг/мл), тоді як міріцетин в екстракті не був ідентифікованим (табл. 2).

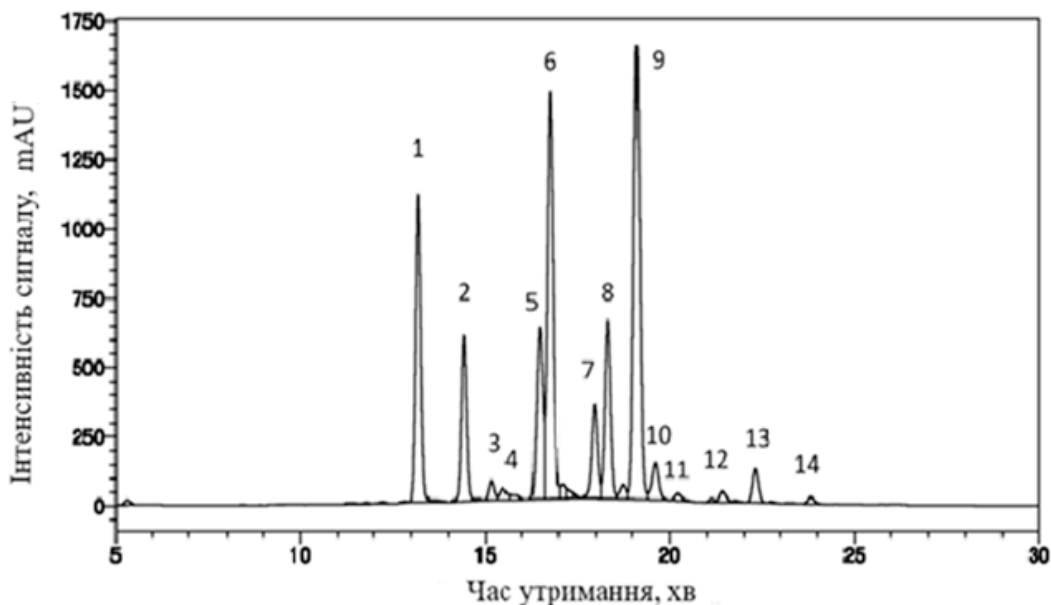


Рис. Хроматограма екстракту *Styphnolobium japonicum* L. за довжини хвилі 255 нм:

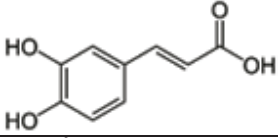
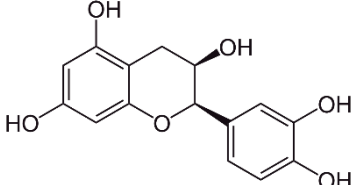
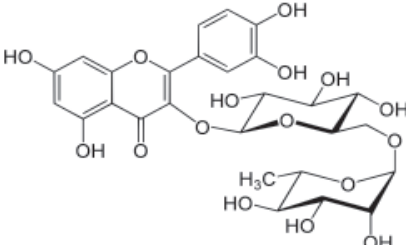
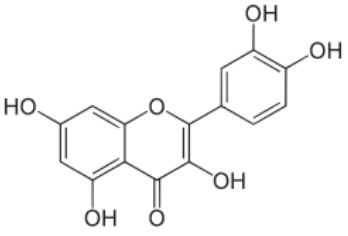
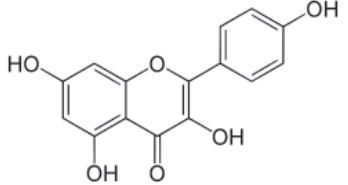
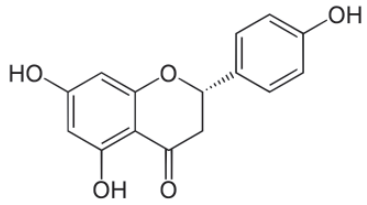
- 1, 2, 9 – глікозиди геністеїну; 3, 4, 5, 6, 10, 11 – глікозиди кемпферолу та кверцетину;
7 – рутин, 8 – софорикозид; 12 – кверцетин; 13 – геністеїн;
14 – кемпферол

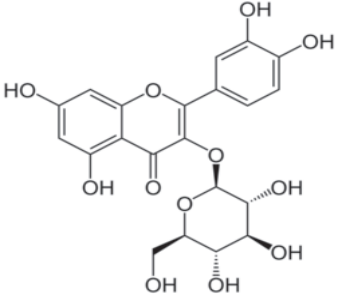
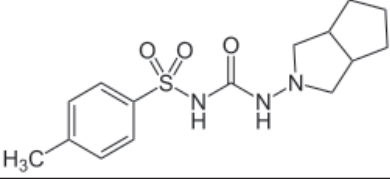
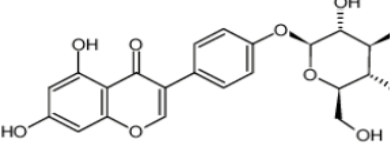
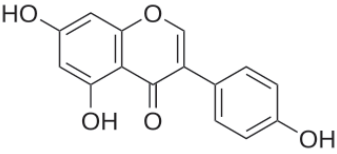
Другу за величиною групу становили ізофлавоони, загальний вміст яких становив 17 979,47 мкг/мл. Основними складовими цієї категорії стали глікозиди геністеїну (17 302,66 мкг/мл), софорикозид (3 963,6 мкг/мл), геністеїн (396,82 мкг/мл) та глікозиди дайдзеїну (279,99 мкг/мл) (табл. 2).

Сумарний вміст катехінів та катехіноподібних сполук був зареєстрованим в кількості 884,50 мкг/мл, причому катехін становив 224,92 мкг/мл, а катехіноподібні компоненти – 659,58 мкг/мл.

У незначній кількості в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. вдалося ідентифікувати групу фенольних кислот (195,34 мкг/мл), серед яких був виявлений лише один представник – кавава кислота (5 мкг/мл), тоді як хлорогенову кислоту не було зафіксовано в дослідному зразку екстракту.

**Ідентифікація та визначення кількісного вмісту поліфенольних
сполук в екстракті *Styphnolobium japonicum* L.**

Група фенолів	Вміст, мкг/мл	Окремі речовини	Вміст, мкг/мл	Структурна формула
Фенольні кислоти	195,34	Хлорогенова кислота	–	Не ідентифіковано
		Кавова кислота	5	
Катехіни	224,92	Катехін	2,51	
Катехіноподібні*	659,58	–	–	Не ідентифіковано
Флавоноли	36 893,86	Рутин	4 430,10	
		Кверцетин	264,96	
		Кемферол	170,57	
		Міріцетин	–	Не ідентифіковано
Флаванони	42,54	Нарингін	–	Не ідентифіковано
		Нарингенин	9,37	
		Гесперидин	–	Не ідентифіковано
		Гесперетин	–	

Флавоони	–	Глікозиди лютеоліну	–	Не ідентифіковано
		Лютеолін	–	
		Глікозиди апігеніну	–	
		Апігенін	–	
Ізофлавоони	17 979,47	Глікозиди геністеїну	17 302,66	
		Глікозиди дайдзеїну	279,99	
		Софорикозид	3 963,6	
		Геністеїн	396,82	
Антоціани	–	–	–	Не ідентифіковано
Флавоноїди			55 110,67мкг/мл	
Неідентифіковані речовини			962,50мкг/мл	
Сумарний вміст фенольних сполук			56 958,21мкг/мл	

Примітка: * – катехіноподібні – феноли, піки яких розташовані поза областю піків катехінів на хроматограмі, але мають спектральні характеристики катехінів.

У незначній кількості також виявили присутність групи флаванонів (42,54 мкг/мл), серед яких зафіксовано лише нарингенін (9,37 мкг/мл). Усі інші фенольні речовини, такі як глікозиди лютеоліну, лютеолін, глікозиди апігеніну, апігенін, нарингін, гесперидин та гесперетин не було ідентифіковано в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. (табл. 2).

Дослідження показало, що сумарний вміст фенольних сполук в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. становив 56 958,21 мкг/мл, де на долю неідентифікованих сполук приходилось 962,50 мкг/мл.

Високий вміст фенольних сполук в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L., а особливо таких як флавоноли, свідчить про значний потенціал сировини як джерела біологічно активних речовин із потужними антиоксидантними властивостями.

Основні компоненти цієї групи, такі як рутин, кверцетин та кемпферол, відомі здатністю нейтралізувати вільні радикали, захищати клітини від оксидативного стресу та виявляти протизапальні й кардіопротекторні ефекти. Також, високий вміст ізофлавонів свідчить про естрогеноподібну активність, що робить екстракт перспективним для підтримки гормонального балансу та метаболічних процесів.

Незважаючи на меншу концентрацію катехінів, катехіноподібних сполук та органічних кислот, вони також сприяють антиоксидантному захисту та виявляють проти-запальні й антибактеріальні властивості.

Таким чином, високий вміст фенольних сполук в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. забезпечує його широким спектром біологічної активності та обґрунтовує його перспективність як джерела біологічно активних речовин для подальших фармакогностичних і фармакологічних досліджень.

Висновки

1. На підставі експериментальних досліджень встановлено, що оптимальними умовами екстрагування плодів *Styphnolobium japonicum* L. є застосування 70%-ї водно-етанольної суміші за гідромодуля 1:10 та екстрагування в апараті Сокслета впродовж 6 годин.

2. Вивчення кількісного складу показало, що сумарний вміст фенольних речовин в екстракті з плодів *Styphnolobium japonicum* L. становить 56 958,21 мкг/мл, з яких 962,50 мкг/мл припадає на неідентифіковані речовини.

3. Виявлено, що у складі екстракту *Styphnolobium japonicum* L. домінують флавоноли (рутин, кверцетин, кемпферол) та ізофлавоноли (глікозиди геністеїну, софорикозид, геністеїн, глікозиди дайдзеїну), тоді як катехіни (катехін), катехіноподібні сполуки, фенольні кислоти (кавова кислота) та флаванони (нарингенін) представлені у менших кількостях.

4. Одержані результати підтверджують доцільність використання плодів *Styphnolobium japonicum* L. як перспективного джерела біологічно активних речовин для подальших фармакогностичних і фармакологічних досліджень із метою розроблення фітозасобів на їх основі.

Список використаної літератури

1. Pelekhova L., Usatiuk S., Tyshchenko O., Honcharov V. Study of the extraction kinetics of flavonoids from the fruits of *Sophora japonica* L. with sunflower oil. *Technol. Audit Prod. Reserves*. 2024. Vol. 5/3(79). P. 31–35. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.312703>

2. Xiong S., Xie J., Xiang F. Yu J., Li Y., Xia B., Zhang Z., Li C., Lin L. Research progress on pharmacological effects against liver and eye diseases of flavonoids present in *Chrysanthemum indicum* L., *Chrysanthemum morifolium* Ramat., *Buddleja officinalis* Maxim. and *Sophora japonica* L. *J. Ethnopharmacol.* 2025. Vol. 338 (2). P. 119094. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119094>

3. Kang S.-H., Kim Y.-S., Lee H., Shin K.-C. Biotransformation of sophorabioside in the fruits and small branches of *Sophora japonica* into sophoricoside using α -L-rhamnosidase from *Chloroflexus aurantiacus*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2025. Vol. 35. P. e2505034. <https://doi.org/10.4014/jmb.2505.05034>

4. Aly S. H., Elissawy A. M., Mahmoud A. M. A., El-Tokhy F. S., Mageed S. S. A., Almahli H., Al-Rashood S. T., Binjubair F. A., Hassab M. A. E., Eldehna W. M., Singab A. E. B. Synergistic effect of *Sophora japonica* and *Glycyrrhiza glabra* flavonoid-rich fractions on wound healing: *in vivo* and molecular docking studies. *Molecules*. 2023. Vol. 28 (7). P. 2994. <https://doi.org/10.3390/molecules28072994>

5. Song D., Zhao H., Wang L., Wang F., Fang L., Zhao X. Ethanol extract of *Sophora japonica* flower bud, an effective potential dietary supplement for treating hyperuricemia. *Food Biosci.* 2023. V. 52 (11). Art. 102457. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102457>

6. Xi W., Wang J., Luo C., Zhan P., Fang Q., Yao Q., Wang F., Xie C., Yin Z. Sophoricoside from *Sophora japonica* L. is efficacious as monotherapy or in combination with lenvatinib in hepatocellular carcinoma via targeting EGFR. *Sci. Rep.* 2026. Vol. 16. P. 3306. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33330-x>

7. Liu Y., Huang W., Ji S., Wang J., Luo J., Lu B. *Sophora japonica* flowers and their main phytochemical, rutin, regulate chemically induced murine colitis: anti-inflammatory and antioxidant effects. *Food Chem.* 2022. Vol. 393. P. 133395. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133395>

8. Aly S. H., Elissawy A. M., Mahmoud A. M. A., El-Tokhy F. S., Abdel Mageed S. S. A., Almahli H., Al-Rashood S. T., Binjubair F. A., El Hassab M. A., Eldehna W. M., Singab A. E. N. B. Study on flavonoid fractions from *Sophora japonica* and their biological activity. *J. Ethnopharmacol.* 2023. Vol. 28 (7). P. 2994. <https://doi.org/10.3390/molecules28072994>
9. Kurkin V. A., Cherednik M. K., Ivanova S. L., Petrov A. B. Analysis of flavonoid and phenolic profiles in *Sophora japonica* L. fruit extracts by modern chromatographic techniques. *Chromatographia.* 2025. Vol. 388 (2). P. 119094 <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119094>
10. Еберле Л. В., Цісак А. О., Радаєва І. М., Казанцева А. С. Аналіз фенольних сполук в екстракті з плодів горіха чорного (*Juglans nigra* L.) методом високоефективної рідинної хроматографії. *Фармац. журн.* 2023. Т. 78. № 2. С. 49–57. <https://doi.org/10.32352/0367-3057.2.23.06>

References

1. Pelekhova, L., Usatiuk, S., Tyshchenko, O., & Honcharov, V. (2024). Study of the extraction kinetics of flavonoids from the fruits of *Sophora japonica* L. with sunflower oil. *Technol. Audit Prod. Reserves*, 5/3 (79), 31–35. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.312703>
2. Xiong, S., Xie, J., Xiang, F., Yu, J., Li, Y., Xia, B., Zhang, Z., Li, C., & Lin, L. (2025). Research progress on pharmacological effects against liver and eye diseases of flavonoids present in *Chrysanthemum indicum* L., *Chrysanthemum morifolium* Ramat., *Buddleja officinalis* Maxim., and *Sophora japonica* L. *J. Ethnopharmacol.*, 338 (2), 119094. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119094>
3. Kang, S.-H., Kim, Y.-S., Lee, H., & Shin, K.-C. (2025). Biotransformation of sophorabioside in the fruits and small branches of *Sophora japonica* into sophoricoside using α -L-rhamnosidase from *Chloroflexus aurantiacus*. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 35, e2505034. <https://doi.org/10.4014/jmb.2505.05034>
4. Aly, S. H., Elissawy, A. M., Mahmoud, A. M. A., El-Tokhy, F. S., Abdel Mageed, S. S., Almahli, H., Al-Rashood, S. T., Binjubair, F. A., El Hassab, M. A., Eldehna, W. M., & Singab, A. E. N. B. (2023). Synergistic effect of *Sophora japonica* and *Glycyrrhiza glabra* flavonoid-rich fractions on wound healing: *In vivo* and molecular docking studies. *Molecules*, 28 (7), 2994. <https://doi.org/10.3390/molecules28072994>
5. Song, D., Zhao, H., Wang, L., Wang, F., Fang, L., & Zhao, X. (2023). Ethanol extract of *Sophora japonica* flower bud, an effective potential dietary supplement for treating hyperuricemia. *Food Biosci.*, 52 (11), 102457. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102457>
6. Xi, W., Wang, J., Luo, C., Zhan, P., Fang, Q., Yao, Q., Wang, F., Xie, C., & Yin, Z. (2026). Sophoricoside from *Sophora japonica* L. is efficacious as monotherapy or in combination with lenvatinib in hepatocellular carcinoma via targeting EGFR. *Sci. Rep.*, 16, 3306. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33330-x>
7. Liu, Y., Huang, W., Ji, S., Wang, J., Luo, J., & Lu, B. (2022). *Sophora japonica* flowers and their main phytochemical, rutin, regulate chemically induced murine colitis: Anti-inflammatory and antioxidant effects. *Food Chem.*, 393, 133395. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133395>
8. Aly, S. H., Elissawy, A. M., Mahmoud, A. M. A., El-Tokhy, F. S., Abdel Mageed, S. S. A., Almahli, H., Al-Rashood, S. T., Binjubair, F. A., El Hassab, M. A., Eldehna, W. M., & Singab, A. E. N. B. (2023). Study on flavonoid fractions from *Sophora japonica* and their biological activity. *J. Ethnopharmacol.*, 28 (7), 2994. <https://doi.org/10.3390/molecules28072994>
9. Kurkin, V. A., Cherednik, M. K., Ivanova, S. L., & Petrov, A. B. (2025). Analysis of flavonoid and phenolic profiles in *Sophora japonica* L. fruit extracts by modern chromatographic techniques. *Chromatographia*, 388 (2), 119094. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119094>
10. Eberle, L. V., Tsisak, A. O., Radaieva, I. M., & Kazantseva, A. S. (2023). Analiz fenolnykh spolk v ekstrakti z plodiv horikha chornoho (*Juglans nigra* L.) metodom vysokoeffektivnoi ridynnoi khromatohrafi [Analysis of phenolic compounds in the extract from black walnut (*Juglans nigra* L.) fruits by high-performance liquid chromatography]. *Farmats. zhurn.*, 78, 2, 49–57. <https://doi.org/10.32352/0367-3057.2.23.06> [in Ukrainian].

Конфлікт інтересів відсутній.

Внесок авторів:

Еберле Л. В. – ідея, проведення досліджень, написання статті;

Приступа Б. В. – проведення досліджень, збір та аналіз літератури;

Богаду С. І. – участь у написанні статті, статистична обробка даних;

Рожковський Я. В. – написання анотації, резюме, редагування статті;

Хома Р. Є. – участь у написанні статті, висновки, редагування.

Надійшла до редакції 1 березня 2026 р.

Прийнято до друку 2 квітня 2026 р.

Опубліковано 28 квітня 2026 р.

Електронна адреса для листування з авторами: lidaeberle@gmail.com

(Еберле Л. В.)