

УДК 547-32:581.47:582.746.66

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-2-9>

Юлія ХАРЧЕНКО

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, вул. Роменська, 87, м. Суми, Україна, 40002

ORCID: 0000-0002-8960-2440

Scopus Author ID: 24921271000

Аріна ДАШУТІНА

здобувачка вищої освіти, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, вул. Роменська, 87, м. Суми, Україна, 40002

Бібліографічний опис статті: Харченко, Ю., Дашутіна, А. (2025). Органічні кислоти сировини *Rhus typhina* L. Проблеми хімії та сталого розвитку, 2, 68–74, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-2-9>

ОРГАНІЧНІ КИСЛОТИ СИРОВИНИ *RHUS TYPHINA* L

У статті представлено результати дослідження вмісту біологічно активних речовин, органічних кислот та аскорбінової кислоти, у плодах та листі сумах оленерогого (*Rhus typhina* L.). Показано, що рослини цього виду вирізняються високою адаптивністю до умов помірного клімату, декоративністю, стабільною врожайністю, що робить його перспективним об'єктом культивування та сировинної заготівлі.

У ході дослідження проаналізовано кількісний вміст суми органічних кислот та аскорбінової кислоти у різних частинах рослини залежно від тривалості екстрагування та умов проведення екстракції. Встановлено, що вміст досліджуваних сполук є вищим у плодах, порівняно з листям *Rhus typhina* L. Показано, що збільшення тривалості екстрагування сприяє підвищенню вмісту органічних кислот у екстрактах, одержаних із свіжого листа, проте не є ефективним для виділення аскорбінової кислоти внаслідок процесів окиснення її киснем повітря. Для процесу екстрагування із плодів збільшення часу процесу не призводить до значного підвищення вмісту біологічно активних речовин, оскільки основна їх кількість переходить в екстракт протягом першої години.

Доведено ефективність застосування ультразвукового опромінення як фізичного методу інтенсифікації екстрагування біологічно активних речовин з листа. Використання такого підходу сприяє суттєвому підвищенню вмісту як суми органічних кислот, так і аскорбінової кислоти у одержаних екстрактах. У випадку плодів, ультразвукове опромінення не продемонструвало істотної переваги у порівнянні з екстракцією за звичайних умов.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшого дослідження сумах оленерогого як джерела перспективної фітосировини з вираженим біоактивним потенціалом. Низька токсичність, високі агротехнічні показники і хімічне багатство цієї рослини зумовлюють її привабливість для фармацевтичної, харчової та косметичної промисловості.

Ключові слова: органічні кислоти, аскорбінова кислота, *Rhus typhina* L., сумах оленерогий, ультразвукове опромінення, біологічно активні речовини.

Yuliia KHARCHENKO

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Human Biology, Chemistry and Methodology of Teaching Chemistry, Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, 87 Romenska str., Sumy, Ukraine, 40002

ORCID: 0000-0002-8960-2440

Scopus Author ID: 24921271000

Arina DASHUTINA

Higher Education Student, Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, 87 Romenska str., Sumy, Ukraine, 40002

To cite this article: Kharchenko, Yu., Dashutina, A. (2021). Orhanichni kysloty syrovyny *Rhus typhina* L [Organic Acids of *Rhus typhina* L. Plant Raw Material]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 2, 68–74, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-2-9>

ORGANIC ACIDS OF *RHUS TYPHINA* L. PLANT RAW MATERIAL

The article presents the results of a study on the content of biologically active substances, organic acids, and ascorbic acid in the fruits and leaves of *Rhus typhina* L. It has been shown that this plant species is highly adaptable to temperate climate conditions, has ornamental value, and provides stable yields, which makes it a promising candidate for cultivation and raw material harvesting.

The study analyzed the quantitative content of total organic acids and ascorbic acid in different parts of the plant depending on extraction duration and extraction conditions. It was established that the content of the studied compounds is higher in the fruits compared to the leaves of *Rhus typhina* L. It was demonstrated that increasing the extraction time promotes a higher yield of organic acids in extracts obtained from fresh leaves but is not effective for the extraction of ascorbic acid due to its oxidative degradation upon exposure to air. In the case of fruit extracts, prolonged extraction does not significantly increase the content of biologically active compounds, as the majority of them are released within the first hour.

The effectiveness of ultrasound irradiation as a physical method for intensifying the extraction of biologically active compounds from leaves was confirmed. This approach significantly increases the yield of both total organic acids and ascorbic acid in the extracts. In contrast, ultrasound irradiation showed no significant advantage over conventional extraction when applied to fruits.

The obtained results confirm the relevance of further studies on *Rhus typhina* as a promising source of phytochemical raw material with pronounced bioactive potential. The low toxicity, high agronomic performance, and rich chemical composition of this plant make it attractive for pharmaceutical, food, and cosmetic industries.

Key words: organic acids, ascorbic acid, *Rhus typhina* L., staghorn sumac, ultrasound irradiation, biologically active compounds.

Актуальність проблеми. Органічні кислоти, зокрема аскорбінова, є важливими компонентами у фармацевтичній, харчовій та косметичній промисловості. Вони беруть участь у регуляції кислотно-лужного балансу, обміні речовин, мають антиоксидантну, консервувальну, протимікробну та інші цінні властивості. У зв'язку з цим зростає потреба у пошуку нових, екологічно чистих та доступних джерел органічних кислот природного походження. Одним з перспективних напрямів є дослідження рослинної сировини, яка є стійкою до умов навколишнього середовища, легко культивується, має високий вміст біологічно активних сполук і придатна для промислової заготівлі. У цьому контексті особливий інтерес становлять рослини роду *Rhus*, що поєднують фармакологічну цінність, високу продуктивність та декоративну привабливість, яка сприяє їх широкому впровадженню в міське озеленення. З давніх часів рослини роду *Rhus* були відомими завдяки своїм фармакологічним та кулінарним властивостям, що пояснюється їх унікальним хімічним складом, зокрема широким вмістом різноманітних біологічно активних сполук.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На території України зустрічається вісім видів

сумаху: Сумах запашний (*Rh. aromatica*), Сумах китайський (*Rh. chinensis*), Сумах дубильний (*Rh. coriaria* L.), Сумах голий (*Rh. glabra* L.), Сумах Потаніна (*Rh. potanini*), Сумах гімалайський (*Rh. punjabensis*), Сумах трилопатевий (*Rh. trilobata*), Сумах оленерогий (*Rh. typhina* L.) (Олексійченко, 2014).

Фітохімічні дослідження показали, що сировина *Rhus* містить широкий спектр біоактивних компонентів: поліфеноли, флавоноїди, органічні кислоти, ефірні олії, вітаміни. Ці речовини зумовлюють антимікробну, антиоксидантну, протизапальну, цитотоксичну, протималярійну та інші фармакологічні дії (Орію, 2021). У традиційній медицині рослини роду *Rhus* використовувалися здавна. Вважалося, що завдяки своєму цитрусовому присмаку, використання плодів мало позитивний результат при лікуванні цинги. Крім того, сумаху приписували сечогінну та протигрибкову дію. Дослідження екстрактів, одержаних з різних видів рослин роду *Rhus*, підтверджують їх ефективність проти широкого спектра патогенних мікроорганізмів (Орію, 2021).

Науковці приділяють значну увагу вивченню спектра біологічно активних сполук різних видів сумаха, зокрема сумаха дубильного (*Rh.*

coriaria L.), який традиційно використовується як спеція та ароматизатор (Rayne, 2007). Дослідження показали, що K, Ca, Mg, P, Fe, Na, Zn, Mn, Cu та Al є переважаючими елементами (Ozcan, 2003, Raut, 2014), що містяться у плодах сумаху. Із числа мікроелементів було ідентифіковано Zn, Cu, Fe, Se, Mn, Cr, Mo, Ni та B (Naval, 2023). Варто зазначити, що на вміст мінералів впливають фактори навколишнього середовища та географія місця збору плодів сумаху (Kossah, 2009). Що стосується вмісту вітамінів, плоди сумаху містять тіамін, рибофлавін, піридоксин, ціанокобаламін, нікотинамід, біотин та аскорбінову кислоту (Kossah, 2009, Fereidoonfar, 2019). Значна увага приділяється також і дослідженням антиоксидантних властивостей сумаху. Виявилось, що завдяки потужним антиоксидантним властивостям (Alsamri, 2021, Fereidoonfar, 2019) *Rhus coriaria* може бути корисним для лікування таких патологічних розладів, як травми шкіри (Nozza, 2020), міопатії (Najjar, 2017), надмірна вага та ожиріння (Jamous, 2018).

Перспективним з точки зору вмісту біологічно активних речовин, як показують дослідження (Kossah, 2011, Sekowski, 2023, Liu, 2019, Дашутіна, 2025), є також сумах оленерогий – *Rhus typhina* L. Хоча варто зазначити, що у контексті сучасних досліджень щодо фітохімічного складу цей вид є малодослідженим на території України.

Мета дослідження – проаналізувати потенціал сировини сумаху оленерогого (*Rhus typhina* L.) як джерела біологічно активних речовин, а саме: оцінити вміст суми органічних і аскорбінової кислот у сировині сумаху оленерогого (*Rhus typhina* L.), визначити оптимальні умови екстрагування цих сполук.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сумах оленерогий (сумах пухнастий, *Rhus typhina* L.) відноситься до сімейства анакардієві (Anacardiaceae). Батьківщиною його є східні приатлантичні штати США, а також південні частини канадських провінцій Онтаріо та Квебек (Wei, 2001, Yuan, 2013).

Це один із небагатьох, якщо не єдиний представник роду *Rhus*, що відрізняється високою зимостійкістю і здатний культивуватися на території з помірним кліматом. *Rhus typhina* L. зараз можна зустріти практично у будь-якому місті України у парках та біля житлових будинків.

Плоди сумаху оленерогого, поряд з іншими частинами рослини, популярні у корінних народів Північної Америки (індіанців). Індіанці з плодів готували відвари, які використовували при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, авітамінозах (Kossah, 2011, Olchowik, 2012, Wang, 2017).

Про потенційно високий вміст органічних кислот у плодах сумаху говорить той факт, що плоди близького виду дубильного сумаху в регіонах його природного проростання (Туреччина, Балкани) використовуються як цінна харчова добавка для приготування спецій, що надають стравам кислий смак (Qiu, 2022, Mirian, 2015). У регіоні природного зростання сумаху оленерогого (східні штати США) аборигенні народи застосовували плоди сумаху як харчову добавку, що було перейнято сучасною американською культурою. У США комерційними компаніями виготовляються напої з плодів сумаху оленерогого, що мають кислий смак. Вважається, що кислі напої краще втамовують спрагу в спеку, ніж солодкі, традиційно популярні США Кока-Кола і Пепсі (Qiu, 2016).

Безперечною перевагою є той факт, що, як показують дослідження токсичності, сумах є безпечним для споживання людьми та загалом має низьку токсичність (Alsamri, 2021).

Для дослідження ми використовували плоди та листя (як свіже, так і висушене), зібране на початку вересня 2024 року на території м. Суми. Листя сушили природним способом без потрапляння прямого сонячного світла та у гарно вентильованому приміщенні. Листя ретельно подрібнювали, плоди розтирали у ступці.

Вміст суми вільних органічних кислот визначали титриметрично у перерахунку на яблучну кислоту, вміст аскорбінової кислоти – методом комплексометричного титрування згідно методик (Смаглюк, 2017).

Вільні органічні кислоти та аскорбінову кислоту виділяли із сировини шляхом водної екстракції, для чого брали свіжокип'ячену воду. Визначення ефективності екстракції проводили шляхом відбирання аліквоти через 1 і 2 години. Для визначення впливу ультразвукової обробки на ефективність екстракції, її проводили в умовах ультразвукової бані.

Дослідження екстрактів, одержаних зі свіжоподрібненого листя (табл. 1), показало, що одним із ключових факторів, що впливають на

ефективність екстрагування, є тривалість процесу. Збільшення часу екстракції з 1 до 2 годин призводить до зниження вмісту аскорбінової кислоти у 1,6 рази для свіжого листя та у 1,5 для висушеного. Подібна тенденція до зменшення вмісту аскорбінової кислоти спостерігається і в умовах ультразвукової обробки, хоча виражена меншою мірою – у 1,1 рази. Отримані результати можуть бути поясненими процесами окиснення, які відбуваються з аскорбіновою кислотою під впливом кисню повітря. Збільшення часу екстракції практично не впливає на вміст аскорбінової кислоти в екстрактах із плодів.

Під час екстрагування аскорбінової кислоти зі свіжого листя у водному середовищі за умов ультразвукового опромінення встановлено, що в таких умовах екстракція відбувається значно ефективніше. Використання ультразвуку сприяє збільшенню виходу аскорбінової кислоти – у 2,3 рази (0,3556 % порівняно із 0,154 % без ультразвуку).

Натомість проведення екстракції аскорбінової кислоти із плодів в умовах ультразвукової

обробки суттєво не вплинуло на її ефективність (0,366 % і 0,33 % з ультразвуком). Такий результат може бути пояснений більшою щільністю частинок, утворених під час подрібнення плодів, що ускладнює масообмін під час екстракції.

Результати екстрагування органічних кислот свідчать, що на кількісний вміст цих сполук впливають тривалість процесу екстракції та умови її проведення.

Збільшення часу екстракції сприяє більшій ефективності вилучення суми органічних кислот із сировини сумаха. Так, при збільшенні тривалості процесу з 1 до 2 годин вміст суми органічних кислот збільшується у 1,4 рази для свіжого листя та у 1,12 рази для висушеного. Водночас, для плодів тривалість екстракції практично не впливає на вихід екстрагованих кислот.

Варто зазначити, що вміст суми органічних кислот загалом виявився вищим у плодах сумаха оленерогого порівняно з листям.

Використання ультразвукової обробки під час екстрагування органічних кислот зі

Таблиця 1

Вміст аскорбінової кислоти у листі та плодах *Rhus typhina* L

Екстрагент та умови екстракції	Сировина	Час, години	Аскорбінова кислота, X, %
Водний екстракт	Свіже листя	1	0,154
Водний екстракт	Свіже листя	2	0,0952
Водний екстракт	Сухе листя	1	0,088
Водний екстракт	Сухе листя	2	0,0587
Водний екстракт	Плоди	1	0,366
Водний екстракт	Плоди	2	0,366
Водний екстракт / ультразвук	Свіже листя	1	0,3556
Водний екстракт / ультразвук	Свіже листя	2	0,319
Водний екстракт / ультразвук	Плоди	1	0,33
Водний екстракт / ультразвук	Плоди	2	0,33

Таблиця 2

Вміст суми органічних кислот у листі та плодах *Rhus typhina* L.

Екстрагент та умови екстракції	Сировина	Час, години	Сума органічних кислот, X, %
Водний екстракт	Свіже листя	1	2,78
Водний екстракт	Свіже листя	2	3,90
Водний екстракт	Сухе листя	1	4,45
Водний екстракт	Сухе листя	2	5,02
Водний екстракт	Плоди	1	14,16
Водний екстракт	Плоди	2	14,61
Водний екстракт / ультразвук	Свіже листя	1	3,04
Водний екстракт / ультразвук	Свіже листя	2	9,59
Водний екстракт / ультразвук	Плоди	1	12,33
Водний екстракт / ультразвук	Плоди	2	14,09

свіжого листя сприяє значному підвищенню ефективності процесу – вихід цільових сполук збільшується у 2,5 рази. Для плодів ефективність ультразвукової обробки, як і у випадку з аскорбіновою кислотою, виявилась низькою, що може бути пояснено більшою щільністю подрібнених частинок.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження встановлено, що плоди та листя сумаха оленерогого (*Rhus typhina* L.) є перспективною сировиною для отримання біологічно активних речовин, зокрема органічних кислот та аскорбінової кислоти. Адаптивність рослин до умов помірного клімату, гарна декоративність і стабільна врожайність роблять їх доступною та екологічно безпечною сировиною.

З'ясовано, що кількісний вміст суми органічних та аскорбінової кислот є вищим у плодах, ніж у листі сумаха оленерогого.

Досліджено залежність вмісту біологічно активних речовин від тривалості екстрагування.

Збільшення часу екстракції зі свіжого листя сприяє підвищенню виходу органічних кислот, але водночас не є ефективним для виділення аскорбінової кислоти, оскільки сприяє процесам її окиснення. Для плодів збільшення часу екстракції несуттєво впливає на результати, оскільки більшість активних сполук екстрагується протягом першої години.

Визначено, що проведення екстракції в умовах ультразвукової обробки є ефективним для виділення біологічно активних сполук із листя сумаха оленерогого і значно підвищує вихід органічних кислот та аскорбінової кислоти, проте не є ефективним для отримання екстрактів із плодів.

Проведені дослідження, з огляду на низьку токсичність і широке поширення виду, підтверджують доцільність подальшого вивчення хімічного складу сумаха оленерогого як культури з високим біоактивним потенціалом і як потенційного джерела цінної фітосировини для фармацевтичної та харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дашутіна А.А., Харченко Ю.В. Сировина сумаха оленерогого як джерело органічних кислот. *Актуальні проблеми дослідження доквілля* : матеріали XI Міжнародної наукової конференції, м. Суми, 22–23 травня 2025 р. Суми, 2025. С. 115–117.
2. Олексійченко Н. О., Китаєв О. І., Борщевський М. О. Сумах оленерогий (*rhus typhina* L.) в умовах м. Києва : монографія / Н.О. Олексійченко, О. І. Китаєв, М. О. Борщевський. Корсунь-Шевченківський, 2014. 151 с.
3. Смаглюк А., Кобернік А. Ідентифікація біологічно активних речовин в екстрактах плодів *citrullus colocynthis*. *Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія*. 2017. 4(50). С. 114–119.
4. Alsamri, H., Athamneh, K., Pintus, G., Eid, A. H., Iratni, R. Pharmacological and Antioxidant Activities of *Rhus coriaria* L. (Sumac). *Antioxidants*. 2021. 10(1). 73. <https://doi.org/10.3390/antiox10010073>
5. Fereidoonfar H., Salehi-Arjmand H., Khadivi A., Akramian M., Safdari L. Chemical variation and antioxidant capacity of sumac (*Rhus coriaria* L.). *Industrial Crops and Products*. 2019. 139. 111518. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111518>.
6. Haval A., Fikret K., Dursun Ö., Sinan S. Element and Water-Soluble Vitamins Profile of *Rhus coriaria* L. (Sumac) Grown in Different Regions. *Biological Trace Element Research*. 2023. 202. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03890-y>.
7. Jamous R. M., Abu-Zaitoun S. Y., Akkawi R. J., Ali-Shtayeh M. S. Antiobesity and Antioxidant Potentials of Selected Palestinian Medicinal Plants. *Evid. Based Complement. Altern. Med.: eCAM*. 2018. 8426752. <https://doi.org/10.1155/2018/8426752>.
8. Kossah R., Nsabimana C., Jianxin Z., Haiqin C., Fengwei T., Hao Z., Wei C. Comparative Study on the Chemical Composition of Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus Typhina* L.) Fruits. *Pak. J. Nutr.* 2009. 8. P. 1570–1574.
9. Kossah R., Zhang H., Chen W. Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruit extract. *Food Control*. 2011. 22(1). P. 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.06.002>
10. Liu T., Li Z., Li R., Cui Y., Zhao Y., Yu Z. Composition analysis and antioxidant activities of the *Rhus typhina* L. stem. *J. Pharm. Anal.* 2019. 9(5). С. 332–338. doi: 10.1016/j.jpha.2019.01.002
11. Mirian M., Behrooeian M., Ghanadian M., Dana N., Sadeghi-Aliabadi H. Cytotoxicity and antiangiogenic effects of *Rhus coriaria*, *Pistacia vera* and *Pistacia khinjuk* oleoresin methanol extracts. *Res. Pharm. Sci.* 2015. 10(3). P. 233–240.
12. Najjar F., Rizk F., Carnac G., Nassar R., Jabak S., Sobolev A.P., Bou Saada Y., El Sabban M., Hamade A. Protective Effect of *Rhus coriaria* Fruit Extracts against Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Stress in Muscle Progenitors and Zebrafish Embryos. *Peer J*. 2017. 5. e4144.

13. Nozza E., Melzi G., Marabini L., Marinovich M., Piazza S., Khalilpour S., Dell'Agli M., Sangiovanni E. Rhus coriaria L. Fruit Extract Prevents UV-A-Induced Genotoxicity and Oxidative Injury in Human Microvascular Endothelial Cells. *Antioxidants*. 2020. 9. P. 292.
14. Olchowik E., Sciepek A., Mavlyanov S., Abdullajanova N., Zamaraeva M. Antioxidant properties of Rhus coriaria L. extracts. *Biomed. Prev. Nutr.* 2012. 2(2). P. 99–105. DOI: 10.1016/j.bionut.2011.06.008
15. Opiyo S. A., Njoroge P. W., Ndirangu E. G., Kuria K. M. A Review of Biological Activities and Phytochemistry of Rhus Species. *Am. J. Chem.* 2021. 11(2). P. 28–36. DOI: 10.5923/j.chemistry.20211102.02
16. Ozcan M. Effect of Sumach (Rhus coriaria L.) Extracts on the Oxidative Stability of Peanut Oil. *J. Med. Food*. 2003. 6. P. 63–66.
17. Qiu D. R., Wang D. C., Yang S. X., Zhang Y. M., Zhang M. Z., Sun J. Z., Cong J., Guo J., He S. L., Qin J. C., Wei D. S. Phenolic profiling and antioxidant potential of Rhus species. *Biochem. Syst. Ecol.* 2016. P. 69. P. 261–265. DOI: 10.1016/j.bse.2016.10.011
18. Qiu K., He W., Zhang H., Wang J., Qi G., Guo N., Zhang X., Wu S. Bio-Fermented Malic Acid Facilitates the Production of High-Quality Chicken via Enhancing Muscle Antioxidant Capacity of Broilers. *Antioxidants*. 2022. 11(12). P. 2309. DOI: 10.3390/antiox11122309
19. Raut J. S., Karuppayil S. M. A Status Review on the Medicinal Properties of Essential Oils. *Ind. Crop. Prod.* 2014. 62. P. 250–264.
20. Rayne S., Mazza G. Biological Activities of Extracts from Sumac (Rhus spp.): A Review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2007. 62. P. 165–175.
21. Sekowski S., Naziris N., Chountoules M., Olchowik-Grabarek E., Czerkas K., Veiko A., Abdullajanova N., Demetzos C., Zamaraeva M. Interaction of Rhus typhina Tannin with Lipid Nanoparticles: Implication for the Formulation of a Tannin-Liposome Hybrid Biomaterial with Antibacterial Activity. *J. Funct. Biomater.* 2023. 14. P. 296. DOI: 10.3390/jfb14060296
22. Wang S., Zhu F. Chemical composition and health effects of sumac (Rhus coriaria L.). *Food Chem.* 2017. 237. P. 431–443. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.111
23. Wei Z. P., Liu J. J. Rhus typhina, a good tree species for protection forest. *Protection Forest Sci. Technol.* 2001. 3. P. 81.
24. Yuan Y., Guo W., Ding W., Luo Y., Wang R., Du N., Liu J., Xu F. Effect of environmental factors on Rhus typhina. *Plant Soil*. 2013. 372(1–2). P. 389–400. DOI: 10.1007/s11104-013-1748-3

REFERENCES:

1. Dashutina, A. A., & Kharchenko, Y. V. (2025). *Syrovyna sumakha olenorohoho yak dzherelo orhanichnykh kyslot. [Staghorn sumac raw material as a source of organic acids]*. In *Current Issues in Environmental Research: Proceedings of the 11th International Scientific Conference* (Sumy, May 22–23, 2025, pp. 115–117). Sumy [in Ukrainian].
2. Oleksiichenko, N. O., Kytaiev, O. I., & Borshchevskyi, M. O. (2014). *Sumakh olenorohyi (Rhus typhina L.) v umovakh m. Kyieva: Monohrafiia*. [Deerhorn sumac (Rhus typhina L.) in the conditions of Kyiv : monograph]. Korsun-Shevchenkivskyi, 151 [in Ukrainian].
3. Smahliuk, A., & Kobernik, A. (2017). Identifikatsiia biologichno aktyvnykh rehovyn v ekstraktakh plodiv *Citrullus colocynthis*. [Identification of biologically active substances in Citrullus colocynthis fruit extracts]. *Aktualni problemy transportnoi medytsyny: navkolyshnie seredovyshe; profesiine zdorovia; patolohiia*, 4(50), 114–119 [in Ukrainian].
4. Alsamri, H., Athamneh, K., Pintus, G., Eid, A. H., & Iratni, R. (2021). Pharmacological and antioxidant activities of Rhus coriaria L. (Sumac). *Antioxidants*, 10(1), 73. <https://doi.org/10.3390/antiox10010073>
5. Fereidoonfar, H., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., Akramian, M., & Safdari, L. (2019). Chemical variation and antioxidant capacity of sumac (Rhus coriaria L.). *Industrial Crops and Products*, 139, 111518. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111518>
6. Haval, A., Fikret, K., Dursun, Ö., & Sinan, S. (2023). Element and water-soluble vitamins profile of Rhus coriaria L. (Sumac) grown in different regions. *Biological Trace Element Research*, 202, Article 03890-y. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03890-y>
7. Jamous, R. M., Abu-Zaitoun, S. Y., Akkawi, R. J., & Ali-Shtayeh, M. S. (2018). Antiobesity and antioxidant potentials of selected Palestinian medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018, 8426752.
8. Kossah, R., Nsabimana, C., Jianxin, Z., Haiqin, C., Fengwei, T., Hao, Z., & Wei, C. (2009). Comparative study on the chemical composition of Syrian sumac (Rhus coriaria L.) and Chinese sumac (Rhus typhina L.) fruits. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 1570–1574.
9. Kossah, R., Zhang, H., & Chen, W. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of Chinese sumac (Rhus typhina L.) fruit extract. *Food Control*, 22(1), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.06.002>

10. Liu, T., Li, Z., Li, R., Cui, Y., Zhao, Y., & Yu, Z. (2019). Composition analysis and antioxidant activities of the *Rhus typhina* L. stem. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 9(5), 332–338. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2019.01.002>
11. Mirian, M., Behrooeian, M., Ghanadian, M., Dana, N., & Sadeghi-Aliabadi, H. (2015). Cytotoxicity and antiangiogenic effects of *Rhus coriaria*, *Pistacia vera*, and *Pistacia khinjuk* oleoresin methanol extracts. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 10(3), 233–240.
12. Najjar, F., Rizk, F., Carnac, G., Nassar, R., Jabak, S., Sobolev, A. P., Bou Saada, Y., El Sabban, M., & Hamade, A. (2017). Protective effect of *Rhus coriaria* fruit extracts against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in muscle progenitors and zebrafish embryos. *PeerJ*, 5, e4144.
13. Nozza, E., Melzi, G., Marabini, L., Marinovich, M., Piazza, S., Khalilpour, S., Dell'Agli, M., & Sangiovanni, E. (2020). *Rhus coriaria* L. fruit extract prevents UV-A-induced genotoxicity and oxidative injury in human microvascular endothelial cells. *Antioxidants*, 9(4), 292.
14. Olchowik, E., Sciepek, A., Mavlyanov, S., Abdullajanova, N., & Zamaraeva, M. (2012). Antioxidant properties of *Rhus coriaria* L. extracts. *Biomedicine and Preventive Nutrition*, 2(2), 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.bionut.2011.06.008>
15. Opiyo, S. A., Njoroge, P. W., Ndirangu, E. G., & Kuria, K. M. (2021). A review of biological activities and phytochemistry of *Rhus* species. *American Journal of Chemistry*, 11(2), 28–36. <https://doi.org/10.5923/j.chemistry.20211102.02>
16. Ozcan, M. (2003). Effect of sumach (*Rhus coriaria* L.) extracts on the oxidative stability of peanut oil. *Journal of Medicinal Food*, 6(1), 63–66.
17. Qiu, D. R., Wang, D. C., Yang, S. X., Zhang, Y. M., Zhang, M. Z., Sun, J. Z., Cong, J., Guo, J., He, S. L., Qin, J. C., & Wei, D. S. (2016). Phenolic profiling and antioxidant potential of *Rhus* species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 69, 261–265. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.10.011>
18. Qiu, K., He, W., Zhang, H., Wang, J., Qi, G., Guo, N., Zhang, X., & Wu, S. (2022). Bio-fermented malic acid facilitates the production of high-quality chicken via enhancing muscle antioxidant capacity of broilers. *Antioxidants*, 11(12), 2309. <https://doi.org/10.3390/antiox11122309>
19. Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 62, 250–264.
20. Rayne, S., & Mazza, G. (2007). Biological activities of extracts from sumac (*Rhus* spp.): A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(4), 165–175.
21. Sekowski, S., Naziris, N., Chountoules, M., Olchowik-Grabarek, E., Czerkas, K., Veiko, A., Abdulladjanova, N., Demetzos, C., & Zamaraeva, M. (2023). Interaction of *Rhus typhina* tannin with lipid nanoparticles: Implication for the formulation of a tannin-liposome hybrid biomaterial with antibacterial activity. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(6), 296. <https://doi.org/10.3390/jfb14060296>
22. Yuan, Y., Guo, W., Ding, W., Luo, Y., Wang, R., Du, N., Liu, J., & Xu, F. (2013). Effect of environmental factors on *Rhus typhina*. *Plant and Soil*, 372(1–2), 389–400. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1748-3>
23. Wang, S., & Zhu, F. (2017). Chemical composition and health effects of sumac (*Rhus coriaria* L.). *Food Chemistry*, 237, 431–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.111>
24. Wei, Z. P., & Liu, J. J. (2001). *Rhus typhina*, a good tree species for protection forest. *Protection Forest Science and Technology*, 3, 81.