

УДК 664.143

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.25>

## ОЦІНКА БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АНТОЦІАНІВ ВИНОГРАДНОЇ СИРОВИНИ СОРТУ ОДЕСЬКИЙ ЧОРНИЙ

**Сумська О. П.** – кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри харчових технологій

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0003-1606-6103

Scopus-Author ID: 57204470556

Researcher ID: 9121568126

**Поліщук Б. С.** – здобувач освіти

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0009-0007-4341-6224

**Іщенко О. В.** – доктор технічних наук, доцент,

професор кафедри промислової фармації

Київського національного університету технологій і дизайну

ORCID ID: 0000-0002-9510-6005

Scopus-Author ID: 57200013816

Researcher ID: GYV-0809-2022

Актуальною проблемою є забезпечення безпеки та функціональності харчової та косметичної продукції. Одним із перспективних шляхів її вирішення є розробка та використання безпечних натуральних харчових барвників. Ці сполуки, окрім надання продуктам забарвлення, є джерелами біологічно активних речовин, що зумовлює можливість формування функціональних властивостей кінцевих продуктів.

Метою даної роботи є оцінка біотехнологічного потенціалу антоціанів, екстрагованих з вичавок винограду сорту Одеський чорний.

Оцінка антоціанових барвників здійснювалася відповідно до вимог ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014.

Для ідентифікації антоціанів застосовано метод ІЧ-спектроскопії з використанням спектрофотометра IRTracer-100 (Shimadzu, Японія). Екстракт було піддано хроматографічному розділенню за допомогою системи Agilent 1200 Series HPLC-DAD. Ідентифікацію компонентів екстракту антоціанів проводили за допомогою Agilent 6500 Series Accurate-Mass Quadrupole Time-of-Flight (Q-TOF) LC/MS QLC/TOF MS. Дослідження антирадикальної активності антоціанів та комплексу антоціанів з аніонними полісахаридами проводили методом DPPH (2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозил). Досліджено залежність вмісту антоціанів у розчині від часу екстрагування при різних способах вилучення. Досліджено властивості антоціанового барвника, отриманого з вичавок винограду. Встановлено чітку математичну залежність вмісту антоціанів у розчині від часу екстрагування при різних способах його вилучення. Визначено, що екстракти антоціанів з вичавок винограду сорту Одеський чорний проявляють антирадикальну активність. Оцінка біотехнологічного потенціалу антоціанів, виділених із вичавок винограду сорту Одеський чорний, показала, що екстракти антоціанів можуть бути використані як барвники та джерела біологічно активних речовин у виробництві харчових продуктів і косметичних виробів.

**Ключові слова:** екстракти антоціанів, виноградні вичавки, Одеський чорний, натуральні барвники, біологічно активні сполуки.

**Sumska O. P., Polishchuk B. S., Ishchenko O. V. Evaluation of the biotechnological potential of anthocyanins of grape raw material of the odesskiy chorny variety**

One of the actual problems is ensuring the safety and functionality of food and cosmetic products. One of the promising ways to solve it is the development and use of safe natural food dyes. These compounds, in addition to giving products color, are sources of biologically active substances, which makes it possible to form functional properties of final products.

*The purpose of this work is to assess the biotechnological potential of anthocyanins extracted from the pomace of the Odesa Black grapes.*

*The assessment of anthocyanin dyes was carried out in accordance with the requirements of DSTU-N CODEX STAN 192:2014.*

*To identify anthocyanins, the IR spectroscopy method was used using an IRTracer-100 spectrophotometer (Shimadzu, Japan). The extract was subjected to chromatographic separation using the Agilent 1200 Series HPLC–DAD system. Identification of anthocyanin extract components was performed using Agilent 6500 Series Accurate-Mass Quadrupole Time-of-Flight (Q-TOF) LC/MS QLC/TOF MS. The antiradical activity of anthocyanins and anthocyanin complexes with anionic polysaccharides was studied using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method. The dependence of the anthocyanin content in the solution on the extraction time was studied using different extraction methods. The properties of anthocyanin dye obtained from grape pomace were studied. A clear mathematical dependence of the anthocyanin content in the solution on the extraction time was established using different extraction methods. It was determined that anthocyanin extracts from the pomace of the Odesa Black grapes exhibit antiradical activity. Assessment of the biotechnological potential of anthocyanins isolated from the pomace of the Odesa Black grapes showed that anthocyanin extracts can be used as dyes and sources of biologically active substances in the production of food products and cosmetics.*

**Key words:** anthocyanin extracts, grape pomace, Odesa Black, natural dyes, biologically active compounds.

**Постановка проблеми.** В умовах сучасного суспільства за рахунок традиційного харчування не вдається ліквідувати дефіцит нутрієнтів, необхідних для нормальної життєдіяльності людини. З метою корекції структури харчування населення в теперішній час харчова індустрія орієнтується на виробництво оздоровчих продуктів харчування та дієтичних добавок з вираженими фізіологічними ефектами.

Одним із шляхів вирішення проблеми виробництва безпечної та функціональної харчової продукції є створення та використання у технології виробництва продуктів харчування безпечних натуральних харчових барвників, які є флавоноїдами.

Крім сучасних продуктів харчування, і сучасна косметична продукція повинна надавати швидкий видимий ефект, мати привабливий зовнішній вигляд, а також містити у своєму складі біологічно активні речовини, бажано природного походження, які стимулюють обмінні процеси та репаративні функції шкіри.

Однією з найбільш численних груп рослинних метаболітів є флавоноїди. Окрім основної потужної антиоксидантної активності, ці сполуки демонструють широкий спектр біологічних функцій, зменшують захворювання, пов'язані з окислювальним стресом.

Збільшення інтересу виробників продуктів харчування і косметичних виробів до натуральних інгредієнтів пов'язано як з жорсткою регламентацією використання синтетичних сполук, так і з прагненням виробників надати продуктам статус натуральних, споживання яких постійно зростає.

У світі спостерігається тенденція збільшення попиту на червоні антоціанові пігменти, що мають біологічну активність, оскільки у своєму складі, крім барвників вони містять корисні біологічно активні речовини. Джерелами отримання натуральних червоних барвників антоціанової природи є рослини сировина. Однак склади кольорів на основі антоціанів мають деякі обмеження. Крім того, через їхню погану стабільність, не завжди легко їх застосовувати в промислових масштабах. Одним з найперспективніших джерел природних барвників є виноград, що містить кілька класів поліфенолів: антоціани, фенолокислоти, флавоноли, лейкоанідини, катехіни та їх олігомери проантоціанідини, звані танінами.

Агрофірма «Білозерський» сьогодні – один з найбільших в Україні виробників продукції виноградарства. Теруарність Станіславської кручі, вологе повітря

Лиману та тепло південного сонця створюють унікальний мікроклімат для вирощування винограду.

Підприємство працює з Одеським інститутом виноградарства і виноробства ім. Таїрова, Мелітопольським інститутом зрошувального садівництва. Переймає іноземний досвід завдяки співробітництву з провідними компаніями Грузії, Італії, Польщі.

Одеський чорний або аліберне – український технічний сорт червоного винограду. Сорт був створений шляхом схрещування сортів Алікант Буше та Каберне Совіньйон у національному науковому центрі «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є.Таїрова». Середня маса 100 ягід 140 г. Шкірочка міцна, м'якоть соковита. Сік інтенсивно забарвлений в рубіновий колір. Тому оцінка біотехнологічного потенціалу антоціанів виноградної сировини сорту одеський чорний, удосконалення технологій виділення антоціанів з рослинної сировини, їх стабілізація та можливість їх використання для створення екологічно безпечної функціональної харчової продукції є актуальним.

Антоціани – глікозиди, що належать до флавоноїдів. Невуглеводневі частини можуть бути представлені гідрокси- та метоксизаміщеними солями флавілію. У деяких антоціанів гідроксили ацетильовані. Інтенсивність та тип забарвлення, які дають антоціани, визначається будовою їх молекули, тобто кількістю гідроксильних та метоксильних груп. Чим більше в молекулі метоксильних груп, тим більше переважає червоне забарвлення, велика кількість гідроксильних груп у молекулі зумовлює темно-синє забарвлення.

Незважаючи на таку різноманітність структур, всі антоціани відбуваються приблизно від 30 різних антоціанідинів, більшість з яких є похідними 6 основних це пеларгонідин, ціанідин, дельфінідин, пеонідин, петунідин та малвідин. Дані антоціанідини переважають у різних органах рослин, особливо в квітках, плодах та бульбовій частині. Профілювання LC-MS виявило рутин, кемпферол, кверцетин та їх похідні як ключові флавоноїдні компоненти, поряд з ціанідином і дельфінідином як первинними антоціановими сполуками [1].

Від кількості гідроксильних груп у В-кільці антоціанідини виявляють різні кольорні відтінки. Вінілфенольні піраноантоціани зазвичай утворюються при конденсації вільних гідроксикоричних кислот і антоціанів під час ферментації та витримці червоного вина [2]. Їхня підвищена стабільність і стійкість до відбілювання SO<sub>2</sub> сприяли збільшенню попиту до цих другорядних продуктів, оскільки перетворення антоціанів на піраноантоціани призводить до поліпшення смакових якостей вин та підвищення їх антирадикальних властивостей [3].

У літературних джерелах є досить повний опис біосинтезу антоціанів [4]. Антоціани нестабільні та швидко руйнуються. Глікозилювання підвищує розчинність антоціанідинів у воді та їх структурну стабільність. Антоціани розчиняються у воді, у розведених кислотах, лугах та спиртах (метанол, етанол) і нерозчинні в неполярних розчинниках [4, 5].

Під впливом кисню повітря, температури, прямих сонячних променів та ферментів антоціани окислюються з утворенням полімерних пігментів, проантоціанідинів та продуктів деградації [5]. При цьому відбувається поступове розкладання антоціанів на безбарвні та коричневі речовини [5, 6].

Стабільність антоціанів залежить від ряду факторів, таких як ферменти та супутні компоненти рослинного матриксу, концентрація антоціанідинів та їх структура, розчинник, рН, температура, кисень, світло, присутність металів [7].

Антоціани у водному середовищі піддаються оборотним структурним трансформаціям. У водному розчині при різних рН (від 1 до 8) антоціани можуть

утворювати п'ять форм, що взаємно перетворюються. Залежно від рН середовища антоціани, набуваючи різних кольорів, можуть виступати як рН-індикатори: червоні при низьких значеннях рН, синьо-фіолетові при нейтральних і слаболужних значеннях, і безбарвні при високих значеннях рН. Автори [8] виконали процес екстракції та очищення антоціану з виноградних вичавок за допомогою протонної іонної рідини. У цьому дослідженні твердо-рідка екстракція показала, що вибір найкращих умов процесу на основі селективності (співвідношення між концентрацією антоціанів і загальних фенольних сполук) дозволив збільшити коефіцієнт очищення до 2,21 раза ( $S/L = 55$  мг. Мл  $-1$ ;  $[PIL] = 12,5\%$ ) і 16,36 разів ( $S/L = 55$  мг.мл.  $-1$ ;  $35$  °C;  $[PIL] = 12,5\%$ ).

Мета роботи [9] полягала у дослідженні впливу рН і температури на біоактивність ціанідин-3-О- $\beta$ -глюкозиду (C3G) і ультраефективної рідинної хроматографії з матрицею фотодіодів, іонізації з електророзпиленням, квадрупольної часопротітної мас-спектрометрії (UPLC-PDA-ESI-Q-TOF-MS) і теорія функціоналу густини (DFT) були використані для пояснення механізму структурні перетворення C3G, що впливає на їх біоактивність на молекулярному рівні. При значеннях рН від 3 до 6 відбувається швидка та практично повна гідратація катіону флавілію за положенням C2 з утворенням безбарвного карбінолу. Зрештою карбінол перетворюється на відкриту форму – халкон (теж безбарвний) і досягається хімічне рівновагу [9].

Тривалість нагрівання та температура суттєво впливає на стабільність антоціанів. Нагрівання розчинів антоціанів протягом 3 годин призводить до 50% їх втрати. У разі підвищення температури швидкість деградації антоціанів зростає. Високі температури ( $95$  °C понад 3 хв) призводять до втрати антоціанового барвника на 43%. При нагріванні до  $50$  °C активізуються окисні ферменти, що викликають руйнування антоціанів. При подальшому підвищенні температури відбувається термічна деградація ферментів, що призводить до стабілізації антоціанових пігментів, термічна деградація антоціанів ще не відбувається [10].

Підвищення температури (вище  $70$  °C) при рН 2,0–4,0 призводить до часткового гідролізу глікозидного зв'язку та втрати глікозидного залишку. На першій стадії термічного руйнування антоціанів вільний аглікон швидко знебарвлюється, переходячи у форму халкону. На кінцевому етапі термічного руйнування антоціанів утворюються коричневі продукти деградації, особливо у присутності кисню.

Зниження температури позитивно впливає на вміст антоціанових пігментів. Так зберігання плодів при температурі  $0$ – $15$  °C призводить до невеликого збільшення їхньої кількості.

Доступ кисню сприяє руйнуванню антоціанів, особливо при значеннях рН більш  $5,0$ . Негативна дія кисню проявляється у прямому чи непрямому окисленні, при якому окислені проміжні форми реагують з антоціанами, що веде до збільшення утворення безбарвних та коричневих продуктів деградації [10].

Утворення комплексів з катіонами металів також впливає на забарвлення. Комплекси антоціанів з іонами алюмінію, заліза, магнію, молібдену, вольфраму називають металоантоціанами. Як правило, взаємодія з одновалентними катіонами призводить до посилення червоного забарвлення, а з двовалентними – синім. Одновалентний катіон  $K^+$  дає пурпурові комплекси з антоціанами, двовалентні  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$  – сині, викликаючи окислення антоціанів [11].

Погана термічна та кислотна стабільність антоціанів значно обмежує їх промислове застосування як функціональних харчових інгредієнтів. У роботі [12] досліджували здатність продуктів реакції Майяра (MRP) ізолятів сироваткового білка та

глюкози підвищувати термічну стабільність антоціанів у діапазоні рН 2,0–7,0. Поліпшення стабільності кольору та антиоксидантної здатності дисперсій антоціанів вказує на те, що MRP помітно пригнічує деградацію антоціанів. Результати флуоресцентної спектроскопії свідчать про те, що антоціани та MRP утворюють комплекси через гідрофобні взаємодії. Ці комплекси ефективно послаблювали деградацію антоціанів під час термообробки при рН 6,0. Розміри частинок MRP окремо або в комплексі з антоціанами залишалися незмінними після нагрівання. Нова система доставки білка, запропонована в цьому дослідженні, розширює застосування антоціанів як кислото- та термостабільних функціональних харчових інгредієнтів [12].

В даний час все більший інтерес споживачі проявляють до харчової продукції, що має у своєму складі натуральні інгредієнти, включаючи барвники, які надають готовим продуктам привабливий вигляд, природний аромат, смак, додаткову харчову цінність, і в цілому сприймаються як здорові та безпечні, оскільки багато хто з них є нутрицевтиками. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) з 2008 року переглянуло питання безпеки всіх синтетичних барвників і переглянуло значення ADI. Всі ці обставини вплинули на продовольчий сектор. Пошук альтернативних натуральних пігментів для заміни синтетичних барвників є актуальною тенденцією на ринку, особливо у преміальних продуктах харчування і в продукти, призначених для дітей [13]. Червоні та жовті барвники становлять приблизно близько 90% від загальної кількості барвників, що додаються до їжі.

Натуральні харчові барвники користуються попитом і стають все більш популярними серед споживачів у всьому світі; їхня безпека, функціональний та біологічний потенціал, вплив на здоров'я, а також загальний вплив у короткостроковій та довгостроковій перспективах все ще продовжують використовуватися, і було зазначено помітні переваги їх споживання. Порівняно з синтетичними барвниками, які сприймають небажані та шкідливі ефекти, натуральні барвники, як правило, сприймаються споживачами як безпечніші [14].

Тому існує великий інтерес до більшої доступності натуральних червоних барвників, які мають підвищену стабільність в харчових матрицях через обмеження їх синтетичних аналогів.

Аналіз наукових праць за напрямом досліджень дозволив сформулювати мету, задачі досліджень та методи їх реалізації.

**Формулювання цілей статті.** Метою даної роботи є оцінка біотехнологічного потенціалу антоціанів вичавок винограду сорту одеський чорний.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктами експериментальних досліджень була культивована виноградна сировина Білозерського району Херсонської області (рис. 1), а саме вичавки свіжих ягід винограду сорту Одеський чорний або аліберне (вторинні відходи переробки ягідної сировини).

Екстракти антоціанів, виділені з виноградних вичавок.

Оцінка антоціанових барвників проводилася за ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014 [16].

Висушені екстракти антоціанів та плівки на основі агар-агару з додаванням антоціанів аналізували методом ІЧ-спектроскопії з використанням спектрофотометра IRTracer-100 (Shimadzu, Японія).

Екстракт піддавали хроматографічному розділенню за допомогою системи Agilent 1200 Series HPLC–DAD, використовуючи колонку для хроматографії з оберненою фазою (Zorbax 300 Extended-C18, 4,6×150 мм, 5 мм). Для ідентифікації компонентів екстракту антоціанів використовували Agilent 6500 Series Accurate-Mass Quadrupole Time-of-Flight (Q-TOF) LC/MS QLC/TOF MS.





Рис. 1. Виноград – Одеський чорний або аліберне

Дослідження антирадикальної активності антоціанів та комплексу антоціанів та аніонних полісахаридів проводилися за методом DPPH (2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил) [17]. Метод заснований на взаємодії антиоксидантів із стабільним хромоген-радикалом. Стандартний розчин DPPH ( $5 \times 10^4$  М) в етанолі, підкисленому оцтовою кислотою, етанолом розводили у співвідношенні 1:10 для отримання робочого розчину. До 5 см<sup>3</sup> робочого розчину DPPH додавали 50 см<sup>3</sup> досліджуваного екстракту, перемішували і реєстрували кінетику зменшення оптичної щільності розчину на спектрофотометрі «SHIMADZU UV-1800» (Японія) протягом 30 хв при довжині хвилі 517 нм. Як контрольний зразок використовували розчини Trolox (6-гідрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбонова кислота) в різній концентрації.

**Виклад основного матеріалу.** За літературними даними [15] було вивчено біохімічний склад цільної ягоди винограду та її окремих частин. Результати цього дослідження представлені у табл. 1.

Таблиця 1

**Біохімічний склад ягоди винограду [15]**

Показники	М'якуш	Шкірка	Кісточки	Цілісні ягоди
Сухі речовини, %	12,0±0,18	17,0±0,94	64,2±0,98	24,44±0,17
Білок, мг/см'	2,50±0,05	6,44±0,03	26,8±0,04	11,73±0,03
Загальний азот, мг/см'	0,40±0,03	1,03±0,04	4,28±0,08	1,88±0,03
Титрована кислотність, %	9,90±0,12	14,35±0,16	5,2±0,01	9,50±0,12
Геміцелюлоза, %	85,0±1,52	6,00±0,09	11,3±0,10	19,23±0,15
Вітамін С, мг/100 г	15,0±0,15	5,00±0,15	2,39±0,18	1,76±0,14
Лігнін, %	Не виявлено	0,10±0,03	23,21±0,15	11,73±0,12
Редукуючі сахара, %	21,8±0,12	11,0±0,09	Сліди	15,35±0,09
Пектін, %	0,22±0,04	0,30±0,15	0,51±0,09	0,27±0,03
Флавоноїди, %	0,69±0,07	1,50±0,07	2,93±0,09	1,24±0,11
Антоціани, %	Сліди	1,10±0,08	0,83±0,05	0,76±0,04
Фенольні речовини в перерахунку на галову кислоту, мг/см <sup>3</sup>	0,52±0,51	1,85±0,09	3,17±0,11	1,71±0,08

Звертаючи увагу на дані, наведені в табл. 1 і літературні дані з способів одержання антоціанів шляхом екстрагування їх із рослинної сировини екстрагентами різної хімічної природи було розроблено технологічну схему отримання концентрованого антоціанового барвника.

Залежність виходу антоціанів з вичавків винограду від температури екстрагування представлена на рис. 2.

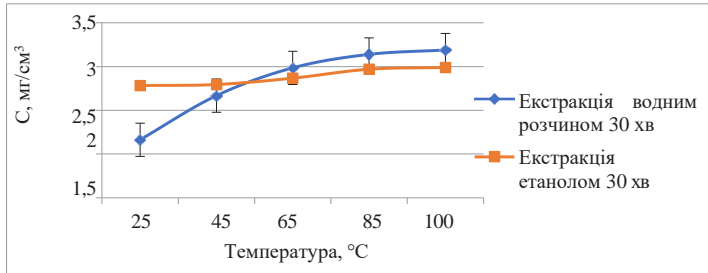


Рис. 2. Залежність виходу антоціанів з виноградних вичавок від температури екстрагування та методу виділення

З результатів, представлених на рис. 2 видно, що температура і метод екстрагування визначають вихід антоціанів з виноградної сировини. Вплив етанолу при температурі 25°C сприяє збільшенню виходу антоціанів. Їх вміст у екстракті зростає на 22%. Ймовірно, це пояснюється тим, що відбувається легший доступ розчинника до рослинної клітини.

Подальше підвищення температури екстрагування до 65–70 °C призводить до значного збільшення виходу антоціанів. При даній температурі кількість антоціанів, екстрагованих водним розчином, становить 2,99 мг/см³. Вихід пігменту, екстрагованого водним розчином при температурі 85–100°C, становить 3,14–3,19 мг/см³.

З метою визначення оптимальних умов виділення було вивчено залежність виходу антоціанів від часу екстрагування, оскільки тривалість екстракції може суттєво впливати на їх виділення.

Для наочного опису залежності виходу антоціанів були представлені результати у вигляді рівнянь, які ілюструють вплив способу вилучення, часу (x) та температури (y) екстрагування виділення антоціанів з виноградних вичавок. Рівняння регресії мають наступний вигляд:

$$а) V_1 = 1,6549 + 0,0159x - 0,0086y + 0,0001x^2 - 0,0013xy + 0,0019y^2$$

$V_1$  – вміст антоціанів в розчині при їх екстрагування водою, мг/см³.

$$б) V_2 = 0,4541 - 0,0586x + 0,1949y - 0,0004x^2 + 0,0025xy - 0,0041y^2,$$

$V_2$  – вміст антоціанів в розчині при екстрагуванні етанолом, мг/см³.

Оптимальними режимами для вилучення антоціанів є їх екстрагування етанолом при температурі 25°C протягом 30 хв, і вилучення водним розчином при температурі 70°C протягом 30 хв.

Регресійна статистика моделі наведена в табл. 2.

Таблиця 2

#### Регресійна статистика

<b>R-квадрат</b>	<b>0,957767781</b>
Стандартна помилка	2,663454318
Спостереження	15

R-квадрат або коефіцієнт детермінації (показник якості моделі) означає, що розрахункові параметри моделі на 95,8% пояснюють залежність між параметрами, що вивчаються. В даному випадку коефіцієнт детермінації дорівнює 0,96, що може говорити про прийнятність моделі для конкретного завдання. Перевірка коефіцієнта регресії за критеріями Стьюдента та Фішера представлені у табл. 3. Виведення коефіцієнтів регресії представлено у табл. 4.

Таблиця 3

**Перевірка коефіцієнта регресії по критеріям Стьюдента (SS) і Фішера (F)**

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	3	1769,699455	589,8998185	83,15488314	7,65078·10 <sup>-8</sup>
Залишок	11	78,03387796	7,093988906		
Разом	14	1847,733333			

Таким чином, отримано чітку математичну залежність вмісту антоціанів у розчині при різних способах його вилучення від часу екстрагування. Отримані статистичні дані (табл. 3). вказують на те, що експериментальні значення близькі до прогнозованих.

Показано, що природна сировина півдня України може бути потужним джерелом для одержання антоціанів, які дедалі знаходять більше застосування у харчовій промисловості, фармакології та косметології. У шкірці винограду сорту – Одеський чорний або аліберне, який було вирощено на площах Агрофірми «Білозерський» в 2023 р., виявлено високий вміст антоціанів.

Виявлено, що етанол був ефективнішим, ніж вода, у відновленні антоціанів із виноградних вичавок.

Оскільки спосіб виділення визначає вихід біологічно активних речовин із рослинної сировини в розчин, у роботі був визначений вміст антоціанів, виділених з вичавки винограду при екстракції водою і етанолом. Результати представлено в табл.4 в процесі екстракції, при температурах 25 і 65°C протягом 5–30 хв.

З даних табл. 4 видно, що екстракція етанолом сприяє вилученню антоціанів з вичавків винограду. Вміст антоціанів, які перейшли в розчин за даних умов екстрагування, становить 1,32 і 1,48 мг/см<sup>3</sup> відповідно. Отримані дані узгоджуються з роботою авторів [7], де також показано скорочення часу виділення антоціанів під час використання екстракції етанолом.

Отриманий методом концентрування антоціановий барвник має темно-червоний колір та запах винограду. Концентрований антоціановий барвник має густу сироподібну консистенцію.

Таблиця 4

**Вміст антоціанів, виділених з вичавків винограду сорту Одеський чорний**

Час екстрагування, Хв	Вміст антоціанів в вичавках винограду, мг/см <sup>3</sup>	
	Екстракція водою	Екстракція етанолом
5	0,68±0,12	0,78±0,22
10	0,88±0,18	0,89±0,15
15	1,11±0,17	1,34±0,13
20	1,24±0,21	1,48±0,19
25	1,32±0,16	1,13±0,16
30	1,31±0,13	1,08±0,12



Концентрований антоціановий барвник рекомендується зберігати за температури 20 °С не більше 6 міс, або 0–5 °С не більше 12 міс в невідкритих ємностях.

УФ-спектри розчинів антоціанів, виділених із виноградних вичавок при температурах 25 і 65 °С протягом 30 хв представлені на рис. 3.

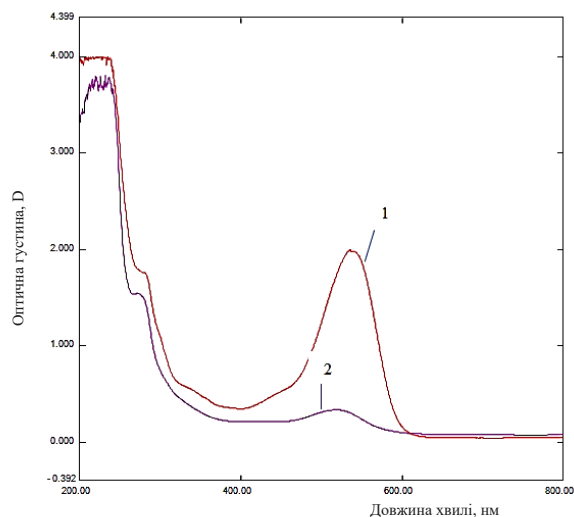


Рис. 3. УФ-спектри розчинів антоціанів, виділених з виноградних вичавок при температурах : 1–25°C та 2–65°C

З отриманих результатів видно, що спектри розчинів антоціанів виноградних вичавок мають максимум поглинання при довжині хвилі 515 нм. З довідкових даних відомо, що максимум поглинання антоціанів спостерігається при довжині хвилі 515 нм.

З рис. 3 видно, що найбільше повне екстрагування антоціанів відбувається при температурі 25°C протягом 30 хв. Збільшення температури екстрагування до 65°C призводить до зниження вилучення пігменту з виноградних вичавок, мабуть, це пояснюється його частковим руйнуванням при високих температурах і тривалим часом екстрагування. Тому, в подальших дослідженнях для оцінки біотехнологічного потенціалу антоціанів виноградної сировини сорту одеський чорний як контрольний зразок використовували розчин антоціанів, виділений при температурі 25 °С протягом 30 хв.

Встановлено, що вміст антоціанів в екстракті з винограду Одеський чорний такий: ціанідін-3-диглюкозид – 89,30±0.3 мкмоль/г екстракту, ціанідін-3-глюкозид – 118,26±0.94 мкмоль/г екстракту, загалом 6,81 мг/см<sup>3</sup> антоціанів.

Виявлення більшості видів біологічної активності – антимікробної, протигрибкової, протипухлинної – потребує проведення експерименту на біологічних об'єктах: культурах бактерій, грибів, рослинних та тваринних клітин тощо і можливе лише у спеціалізованих лабораторіях, що вимагає кооперації хіміків – синтетиків з науковими закладами біологічного чи медичного профілю.

Однак деякі види потенційного впливу на живий організм можуть бути виявлені із застосуванням традиційних для хімії методів. До таких належить, зокрема, антиоксидантна активність – тематика, що активно вивчається протягом останніх

десятиріч. У сучасній літературі антиоксидантна активність пов'язується, передусім, зі здатністю речовини поглинати вільні радикали. Антирадикальну дію зручно вивчати, застосовуючи стабільні вільні радикали, до яких належить, зокрема, DPPH – 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразил радикал.

При виконанні роботи досліджували взаємодію екстракту з виноградних вичавок з DPPH.

Встановлено, що екстракт з виноградних вичавок має антирадикальну активність – 1,76 мМ Trolox еквівалент.

**Висновки і пропозиції.** Одним із шляхів вирішення проблеми виробництва безпечної та функціональної харчової продукції є створення та використання у технології виробництва продуктів харчування безпечних натуральних харчових барвників, оскільки в доповнення до кольору вони є джерелами біологічно активних сполук і можуть надавати продуктам функціональні властивості.

Отримано антоціановий барвник, що містить комплекс біологічно активних сполук і являє собою в'язку рідину темно-червоного кольору із запахом і смаком винограду. Наведено чітку математичну залежність вмісту антоціанів у розчині при різних способах його вилучення від часу екстрагування.

Визначено, що екстракти антоціанів з вичавок винограду сорту Одеський чорний мають антирадикальну активність.

Показано, що вичавки з винограду сорту Одеський чорний або аліберне є продуктивним джерелом антоціанів. Оцінка біотехнологічного потенціалу антоціанів, виділених із вичавок винограду сорту Одеський чорний або аліберне, показала, що екстракти антоціанів можуть бути використані як барвники та джерела біологічно активних речовин при виробництві харчових барвників і косметичних виробів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Jariani, P., Shahnejat-Bushehri, A.-A., Naderi, R., Zargar, M., Naghavi, M. R. (2024). Molecular and Phytochemical Characteristics of Flower Color and Scent Compounds in Dog Rose (*Rosa canina* L.). *Molecules*, 29 (13), 3145. <https://doi.org/10.3390/molecules29133145>
2. Morata, A., Escott, C., Loira, I., Del Fresno, J. M., González, C., Suárez-Lepe, J. A. (2019). Influence of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* Yeasts in the Formation of Pyranoanthocyanins and Polymeric Pigments during Red Wine Making. *Molecules*, 24 (24), 4490. <https://doi.org/10.3390/molecules24244490>
3. Quina, F. H., Bastos, E. L. (2018). Chemistry Inspired by the Colors of Fruits, Flowers and Wine. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 90 (1 Suppl 1), 681-695. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170492>
4. Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains-characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40 (3), 173-289. <https://doi.org/10.1080/10408690091189257>
5. Dai, J., Mumper, R. J. (2010). Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, 15 (10), 7313-7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
6. Tobolka, A., Škorpilová, T., Beňo, F., Podskalská, T., Rajchl, A. (2024). Effect of Various Carbohydrates in Aqueous Solutions on Color Stability and Degradation Kinetics of Selected Anthocyanins During Storage. *Foods*, 13(22), 3628. <https://doi.org/10.3390/foods13223628>
7. Pinela, J., Prieto MA, Barros L, Carvalho AM, Oliveira MBPP, Saraiva JA, Ferreira ICFR (2018). Cold extraction phenolic compounds of watercress by high hydrostatic pressure: Process modelling and optimization. *Separation and Purification Technology*, 192, 501-512. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.10.007>

8. Silva Lima, Á., Sales de Oliveira, B., Shabudin, M. A., Almeida, M. G., & Freire, K. B. (2021). Purification of anthocyanins from grape pomace by centrifugal partition chromatography. *Journal of Molecular Liquids*, 326, 115324. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115324>
9. Xie, Y., Ma, M., Zhang, C., Yang, Y., Shumin, S., Ma, W., Li, Q. (2022). Experimental and theoretical research on the effect of coupling heat and pH on the structure and antioxidant activity of cyanidin-3-O-glucoside from black soybean coat. *Journal of the science of food and agriculture*, 102(5), 1842-1850. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11519>
10. Xiaonan, Sui Xin, Dong Weibiao, Zhou. (2014). Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.075>
11. Patras, Ankit Brunton, Nigel O'Donnell, Colm & Brijesh kumar, Tiwari. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods: Mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*. 21. 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>
12. Qin, X., Yuan, D., Wang, Q., Hu, Z., Wu, Y., Cai, J., Huang, Q., Li, S., & Liu, G. (2018). Maillard-Reacted Whey Protein Isolates Enhance Thermal Stability of Anthocyanins over a Wide pH Range. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(36), 9556-9564. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03125>
13. Amchova, P., Kotolova, H., & Ruda-Kucerova, J. (2015). Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 73(3), 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>
14. Martins, N., Roriz, C.L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I.C. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science and Technology*, 52, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>
15. Paun, N., Botoran, O. R., & Niculescu, V. -C. (2022). Total Phenolic, Anthocyanins HPLC-DAD-MS Determination and Antioxidant Capacity in Black Grape Skins and Blackberries: A Comparative Study. *Applied Sciences*, 12(2), 936. <https://doi.org/10.3390/app12020936>
16. ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014 Харчові добавки. Номенклатура та загальні вимоги (CODEX STAN 192-1995, REV.9-2008, IDT) [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=91495](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91495)
17. Pandey, Pragya Grover, Kiran. (2020). Characterization of black carrot (*Daucus carota* L.) polyphenols; role in health promotion and disease prevention: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9. 2784-2792. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5am.12764>

#### REFERENCES:

1. Jariani, P., Shahnejat-Bushehri, A. -A., Naderi, R., Zargar, M., Naghavi, M. R. (2024). Molecular and Phytochemical Characteristics of Flower Color and Scent Compounds in Dog Rose (*Rosa canina* L.). *Molecules*, 29 (13), 3145. <https://doi.org/10.3390/molecules29133145>
2. Morata, A., Escott, C., Loira, I., Del Fresno, J. M., González, C., Suárez-Lepe, J. A. (2019). Influence of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* Yeasts in the Formation of Pyranoanthocyanins and Polymeric Pigments during Red Wine Making. *Molecules*, 24 (24), 4490. <https://doi.org/10.3390/molecules24244490>
3. Quina, F. H., Bastos, E. L. (2018). Chemistry Inspired by the Colors of Fruits, Flowers and Wine. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 90 (1 Suppl 1), 681-695. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170492>
4. Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R., Paredes-López, O. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains-characteristics, biosynthesis, processing,

and stability. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40 (3), 173–289. <https://doi.org/10.1080/10408690091189257>

5. Dai, J., Mumper, R. J. (2010). Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, 15 (10), 7313-7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>

6. Tobolka, A., Škorpilová, T., Beňo, F., Podskalská, T., Rajchl, A. (2024). Effect of Various Carbohydrates in Aqueous Solutions on Color Stability and Degradation Kinetics of Selected Anthocyanins During Storage. *Foods*, 13(22), 3628. <https://doi.org/10.3390/foods13223628>

7. Pinela, J., Prieto MA, Barros L, Carvalho AM, Oliveira MBPP, Saraiva JA, Ferreira ICFR (2018). Cold extraction phenolic compounds of watercress by high hydrostatic pressure: Process modelling and optimization. *Separation and Purification Technology*, 192, 501-512. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.10.007>

8. Silva Lima, A., Sales de Oliveira, B., Shabudin, M. A., Almeida, M. G., & Freire, K. B. (2021). Purification of anthocyanins from grape pomace by centrifugal partition chromatography. *Journal of Molecular Liquids*, 326, 115324. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115324>

9. Xie, Y., Ma, M., Zhang, C., Yang, Y., Shumin, S., Ma, W., Li, Q. (2022). Experimental and theoretical research on the effect of coupling heat and pH on the structure and antioxidant activity of cyanidin-3-O-glucoside from black soybean coat. *Journal of the science of food and agriculture*, 102(5), 1842-1850. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11519>

10. Xiaonan, Sui Xin, Dong Weibiao, Zhou. (2014). Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant capacity of two anthocyanins in aqueous solution. *Food chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.075>

11. Patras, Ankit Brunton, Nigel O'Donnell, Colm & Brijesh kumar, Tiwari. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods: Mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*. 21. 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.004>

12. Qin, X., Yuan, D., Wang, Q., Hu, Z., Wu, Y., Cai, J., Huang, Q., Li, S., & Liu, G. (2018). Maillard-Reacted Whey Protein Isolates Enhance Thermal Stability of Anthocyanins over a Wide pH Range. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(36), 9556-9564. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03125>

13. Amchova, P., Kotolova, H., & Ruda-Kucerova, J. (2015). Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 73(3), 914-922. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>

14. Martins, N., Roriz, C.L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I.C. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science and Technology*, 52, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>

15. Paun, N., Botoran, O. R., & Niculescu, V. -C. (2022). Total Phenolic, Anthocyanins HPLC-DAD-MS Determination and Antioxidant Capacity in Black Grape Skins and Blackberries: A Comparative Study. *Applied Sciences*, 12(2), 936. <https://doi.org/10.3390/app12020936>

16. DSTU-N CODEX STAN 192:2014 Food additives. Nomenclature and general requirements (CODEX STAN 192-1995, REV.9-2008, IDT) [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=91495](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91495)

17. Pandey, Pragya Grover, Kiran. (2020). Characterization of black carrot (*Daucus carota* L.) polyphenols; role in health promotion and disease prevention: An overview. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9. 2784-2792. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5am.12764>