

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ АНТОЦΙΑНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНИХ КОМПЛЕКСІВ

В роботі проведено дослідження екстрагування природних барвників – антоціанів з вичавок винограду. Для підвищення вмісту антоціанів у вихідному екстракті досліджено додаткову обробку вичавок винограду ферментними препаратами виробництва ДП «Ензим» м. Ладизжин: препарат Альфалад БН Л і препарат Целюлаза. Наведено опис досліджень щодо збільшення виходу барвних речовин з вичавок винограду під час процесу обробки ферментними препаратами та водно-етанольної екстракції. Показано, що використання ферментних препаратів для попередньої обробки сировини дозволяє збільшити вихід антоціанів за рахунок руйнування клітинних стінок і полегшити наступну стадію екстракції барвних речовин водно-етанольним розчином.

Ключові слова: антоціани, екстракція, ферменти, вичавки винограду.

L. SALEBA, D. SARIBYEKOVA
Kherson National Technical University

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF ANTOCYANES USING ENZYME COMPLEXES

Grape pomace is a valuable source of raw materials for industrial processing and extraction of anthocyanins. The paper improves the process of extraction of natural dyes – anthocyanins. The subject of the study is anthocyanins extracted from grape pomace Moldova, after obtaining wine by the white method. The object of the study is the process of extraction of anthocyanin dyes using pre-treatment of raw materials with solutions of enzymes or their complexes.

To increase the content of anthocyanins in the original extract, additional treatment of grape pomace with enzyme preparations manufactured by the State Enterprise "Enzyme" in Ladyzhyn was introduced: Alfalad BN L and Cellulase. The use of enzyme preparations allows to increase the yield of the extract due to the destruction of cell walls and increase the amount of dry matter. In the second stage, after treatment with enzymes, anthocyanins were extracted with 50% ethyl alcohol acidified with citric acid at 70 °C for 30 minutes. The results of the study of the effect of the concentration of the enzymes Alfalad BN L and Cellulase on the amount of extracted anthocyanin dyes from frozen grape pomace Moldova indicate the prospects for their use. The best results were obtained for the enzyme Alfalad BN L at a concentration of 1.5 g/l and for the enzyme Cellulase 3 g/l under conditions of treatment at 45 °C for 60 minutes, module 2, pH 4.5. Studies of the synergism of the enzymes have shown that a mixture of enzymes Alfalad BN L 1.5 g/l and Cellulase 3 g/l is effective in the processing of grape pomace for 30 minutes.

It is shown that pre-treatment with the enzyme complex significantly facilitates the stage of extraction of anthocyanins with aqueous-ethanol solution. Removal of dyes occurs completely in 30 minutes of processing.

Keywords: anthocyanins, extraction, enzymes, grape pomace.

Постановка проблеми. Для надання червоного кольору високоякісним харчовим продуктам використовують натуральні харчові барвники – антоціани, що дозволяє покращити якість і біологічну цінність продукту. Антоціанові пігменти володіють не тільки фарбувальною здатністю, але і високою біологічною активністю. При надходженні в організм з продуктами антоціани проявляють дію, схожу з дією вітаміну Р – підтримують оптимальний рівень кров'яного тиску, попереджаючи внутрішні крововиливи; володіють здатністю до швидкого виведення радіоактивних з'єднань з організму; здатні позитивно впливати на зір [1].

Відомо, що анатомічно антоціани локалізуються у вакуолях, перебуваючи переважно в епідермісі (85%) і периферичному мезофілі (15%). На даний момент визначено і відомо більше 500 антоціанів, які відрізняються один від одного бічними радикалами. При широкому розмаїтті та розповсюдженні, антоціани є похідними лише шести антоціанідинів (агліконів): пеларгонідину, ціанідину, пеонідину, дельфінідину, петунідину і мальвідину [2]. Всі з'єднання мають С₁₅–вуглецевий скелет – два бензольних кільця, що з'єднані С₃–фрагментом, який утворює піранове кільце з атомом кисню. Антоціани відрізняються від інших флавоноїдних сполук наявністю позитивного заряду і подвійного зв'язку біля кисню у кільці [2, 3].

Екстрагування антоціанів проводять з рослинної сировини, плодів, ягід, а також відходів рослинної сировини, таких як жом, шрот та інше з використанням дозволених розчинників. Природні флавоноїдні глікозиди добре розчинні у воді і можуть екстрагуватися з тканин рослини водою або водними розчинами спиртів. Оскільки антоціани несуть позитивний заряд, їх екстракція потребує слабкокислих умов. При екстрагуванні слід враховувати, що антоціанідини та їх глікозиди швидко руйнуються під дією світла до безбарвних псевдооснов [4], в присутності кислот розчини мають яскраво-червоне забарвлення завдяки утворенню флавиліум-іона, а у лужному середовищі при рН більше 9, коли відбувається іонізація ОН-груп, забарвлення розчинів змінюється завдяки утворенню хіноїдальної структури молекули. Крім того, антоціани це феноли, і тому їх спектри поглинання змінюються при утворенні хелатів з металами.

Перспективним напрямком удосконалення технологічних процесів в переробних галузях харчової промисловості є використання високоактивних біологічних каталізаторів. Ферментні препарати сприяють істотному збільшенню виходу, підвищенню якості та подовженню термінів зберігання готової продукції [5]. Крім того, ферментативний каталіз дозволяє радикально змінювати функціонально-технологічні властивості сировини на різних етапах її переробки, відкриваючи тим самим широкі можливості створення принципово нових легкозасвоюваних продуктів, в тому числі спеціалізованої харчової продукції.

Для даного дослідження цікавим є факт, що використання ферментних препаратів дозволяє збільшити вихід екстракту за рахунок руйнування клітинних стінок і збільшення кількості сухих речовин. Таким чином, для кращого вилучення клітинної рідини, вакуолей, які містять антоціани, хромопластів необхідно зруйнувати оболонку клітин, яка складається із геміцелюлоз і пектинових речовин, а для цього можна застосовувати відповідні ферменти. До ферментів, що каталізують гідроліз некрохмальних полісахаридів рослинної сировини, відносяться ферменти целюлолітичної, геміцелюлазної і пектолітичної дії.

Аналіз досліджень та публікацій. Через постійне збільшення кількості сировини, яка переробляється, на підприємствах харчової промисловості прямо пропорційно збільшується кількість відходів. Їх раціональне використання при виготовленні продукції є актуальною проблемою, вирішення якої дозволить значно збільшити вихід готової продукції, підвищити ефективність виробництва та суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища.

Так, у виноробній промисловості вторинна сировина становить близько 20% від винограду, що переробляється, це відходи, що залишаються після пресування винограду свіжого (солідкі вичавки) або перебродженої мезги (зброджені вичавки). Відходи промислової переробки рідко піддаються вторинному використанню. У зв'язку з цим розширення способів переробки відходів винограду є актуальним.

Вичавки винограду є цінним джерелом сировини для промислової переробки і екстрагування антоціанів. Шкірочка ягід винограду містить такі цінні компоненти, як поліфеноли, лігнін, ароматичні, фарбувальні, мінеральні речовини, амінокислоти, вітаміни та ін. Барвники зосереджуються в третьому і четвертому рядах клітин шкірки, дубильні речовини накопичуються в більш глибоких шарах, ароматичні містяться в клітинах, що стикаються безпосередньо з м'якоттю, а також в клітинах м'якоти.

За даними Ф.В. Церевітінова склад шкірки винограду наступний (%): вода 70, загальна кислотність 0,41, дубильні речовини 0,61, клітковина 3,5, пентозани 1,33, мінеральні речовини 1,72. Дані залежать від сорту винограду, умов вирощування, кліматичних умов, агротехніки і ін. Насіння винограду містить 4 – 19 % жирів, 1,8 – 8,0 % дубильних речовин. Червоний пігмент вина залишається у шкірці винограду після виготовлення вина за так званним білим способом. Крім того у ягодах знаходиться пігмент кверцетин та конденсовані форми танінів – флобафени [3].

Вичавки винограду після одержання вина за білим способом можна зберігати у замороженому стані перед екстрагуванням антоціанів. З літературних джерел відомо склад фенольних речовин винограду [6], а саме сорту Молдова, який наведено у табл. 1. Даний спосіб зберігання сировини дозволяє видалити деяку кількість вологи, дозволяє загальмувати зростання і розмноження різних бактерій і грибів. Крім того, вплив низьких температур істотно не впливає на якість і кількість антоціанів.

Таблиця 1

Динаміка фенольних речовин у винограді при тривалому зберіганні в замороженому стані, мг/100г

Фенольні речовини	Тривалість зберігання, дні				
	0	1	84	178	238
Антоціани	106,00±2,65	117,00±1,13	115,00±1,50	114,00±1,97	99,20±3,37
Лейкоантоціани	83,90±2,38	86,00±1,48	89,00±2,65	92,50±1,32	80,60±1,47
Катехіни	99,20±2,01	90,40±3,33	87,00±1,73	64,80±1,87	93,60±1,40
Флаванолі	80,80±1,56	80,40±1,40	82,50±3,28	84,80±1,05	82,40±1,06
Усього	369,90±2,15	373,80±1,83	373,50±2,29	356,10±1,55	355,80±1,82

У якості харчових барвників антоціани використовують у вигляді концентрованих екстрактів, які є сумішшю різних водорозчинних речовин, що містяться у вичавках винограду. Для успішного перебігу екстракції антоціанів водою необхідно підтримувати температуру не менше 70°C, для інактивації поліфенолоксидазних ферментів, оскільки при проведенні екстракції водними розчинами можливі процеси гідролізу і окислення органічних речовин в присутності кисню повітря. При вилученні антоціанів слід враховувати, що при високих температурах 80 – 98°C спостерігається явище деградації пігментів [7], крім того видалення води після екстрагування вимагає додаткових енергетичних витрат і призведе до втрат пігменту. Тому існують способи екстрагування із використанням надкритичного двоокису вуглецю, органічних розчинників, спиртів та їх водних розчинів [8, 9].

Формулювання мети дослідження. Мета роботи полягала в удосконаленні процесу екстрагування барвних речовин (антоціанів) з вичавок винограду шляхом використання попередньої обробки сировини розчинами ферментів або їх комплексів, що покращують руйнування клітини рослин і звільнюють речовини, які містяться всередині.

Виклад основного матеріалу. У якості об'єкта дослідження використовували заморожені вичавки винограду Молдова після одержання вина за білим способом. Крім ефекту консервування та інактивації ферментів, які досягаються під час заморожування вичавок винограду, кристали льоду руйнують стінки клітин, що суттєво покращує подальший процес екстракції. Вичавки винограду Молдова являють собою ущільнену масу, яка складається зі шкірочки інтенсивного забарвлення і невеликої кількості кісточок та м'якоти. Незважаючи на зменшення вмісту корисних речовин у вичавках, їх можна використовувати для подальшої переробки, тому що вони мають достатню кількість флавоноїдів, у тому числі антоціанів. Антоціани, що входять до складу винограду, являють собою глікозиди наступних агліконів: ціанідин, мальвідин, дельфінідин, петунідин, пеонідин.

В роботі за основу проведення процесу екстракції було взято оптимальні параметри поверхні відгуку математичної моделі залежності вмісту антоціанів від тривалості процесу, температури та гідромодуля, створеної при оптимізації процесу екстрагування антоціанів та одержаної у попередніх дослідженнях [10].

Для підвищення вмісту антоціанів у вихідному екстракті в даному дослідженні введено додаткову обробку вичавок винограду перед екстракцією ферментними препаратами виробництва ДП «Ензим» м. Ладижин: препарат Альфалад БН Л і препарат Целюлаза (ТУУ 24.1-32813696-016:2008 Препарати ферментні для харчової промисловості. Специфікація №18 Альфалад БН Л (номер партії 05-20ж). Специфікація №7 Целюлад (номер партії 06-20)).

Схема проведення вилучення антоціанів у роботі:

1 стадія – обробка вичавок винограду розчином ферменту обраної концентрації при температурі 45°C, протягом досліджуваного часу, рН 4,5 (лимонна кислота), модуль 2.

2 стадія – інактивація ферменту нагріванням до 100°C протягом 1 хвилини і охолодження.

3 стадія – віджимання і фільтрування одержаного розчину від шкірок і кісточок.

4 стадія – екстракція відфільтрованих вичавок винограду водно-етанольним розчином, рН 4,5 (лимонна кислота), модуль 2, протягом визначеного часу при температурі 70°C. Охолодження, віджимання і фільтрування.

Масову частку антоціанів розраховували за спектрофотометричним диференційним методом з визначенням величини поглинання екстрактів при 510 нм і 700 нм в умовах рН 1,0 і рН 4,5. Різниця в величині поглинання відображає рівень антоціанів. Концентрацію антоціанів (АЦ) розраховували в мг/кг ціанідин-3-глюкозиду. Використання різних довжин хвиль дозволяє виключити вплив сторонніх домішок на результат визначення, оскільки тільки ціанідин не поглинає при 510 нм при рН 4,5. Оптичну густину вимірювали на спектрофотометрі ULAB 102 з кюветою 10 мм, у якості розчину порівняння використовувати екстрагент [9, 11].

На першому етапі проводили визначення оптимальної концентрації ферментних препаратів для попередньої обробки вичавок винограду. Було обрано наступні умови обробки: концентрація ферментів 0,5 – 9 г/л, час обробки 60 хвилин, модуль 2, температура 45°C. До складу розчину, яким обробляли шкірки винограду, входили ферменти Альфалад БН Л або Целюлаза і лимонна кислота 1,5 г/л (до рН 4,5). У якості контрольного зразка використовували обробку дистильованою водою з лимонною кислотою до рН 4,5.

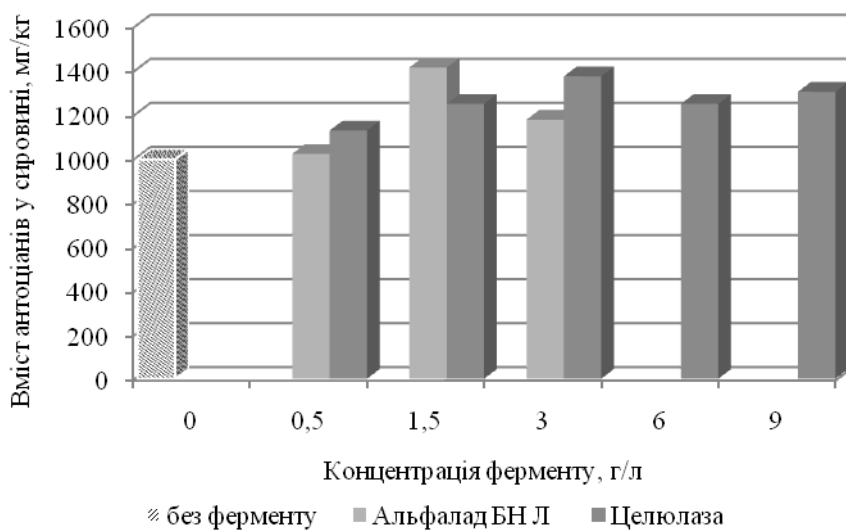


Рис. 1. Вплив концентрації ферменту на кількість вилучених антоціанів

Результати, наведені на діаграмі (рис.1), свідчать, що при збільшенні концентрації ферменту Альфалад БН Л до 3 г/л кількість вилучених антоціанів зростає на 15% у порівнянні з концентрацією 0,5 г/л, але є нижчою ніж при концентрації 1,5 г/л, що може свідчити про переважну реакцію деградації антоціанів у екстрактах. Кращі результати одержані для концентрації Альфалад БН Л 1,5 г/л – 1413 мг/кг сировини, ефективність дії ферменту складає 42%.

Результати дослідження впливу концентрації ферменту Целюлаза на кількість вилучених АЦ свідчать, що оптимальною є концентрація ферменту 3 г/л, кількість вилучених АЦ складає 1373 мг/кг, при цьому ефективність дії ферменту складає 38%. При збільшенні концентрації ферменту Целюлаза до 9 г/л відбувається незначне зниження кількості вилучених антоціанів на 1 – 5%, що свідчить про переважання процесу руйнування пігменту у розчині під дією ферменту над вилученням.

Таким чином, в процесі проведених досліджень обрано оптимальні концентрації ферментів для попередньої обробки вичавок винограду протягом 60 хвилин при температурі 45°C: для ферменту Альфалад БН Л – 1,5 г/л і для ферменту Целюлаза – 3 г/л.

Подальші дослідження направлені на пошук синергізму дії ферментів при їх спільній присутності у просочувальній ванні на першій стадії обробки для вибору оптимального часу. Для цього варіювали концентрацію препаратів і час обробки від 30 до 60 хвилин. Контрольний зразок (варіант 1) – обробка дистильованою водою з лимонною кислотою протягом 60 хвилин. Данні представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Залежність кількості вилучених АЦ від концентрації ферментів і часу обробки

Показник	Варіант				
	1	2	3	4	5
Концентрація Альфалад БН Л, г/л	0	0,5	1,5	0,5	1,5
Концентрація Целюлаза, г/л	0	1,5	3	1,5	3
Час обробки, хвилин	60	60	60	30	30
Концентрація АЦ у розчині $C_{розч}$, мг/л	515,99	576,11	624,21	435,51	644,91
Вміст АЦ у сировині $AЦ_{сир}$, мг/кг	1052,62	1147,63	1248,41	861,54	1275,03
Вміст АЦ (перерахунок на абсолютно суху сировину) $AЦ_{сух}$, мг/кг	3395,56	3702,04	4027,12	2779,15	4113,01

Результати, наведені в табл. 2, свідчать про приріст кількості антоціанів на 9 – 21% в залежності від варіанта обробки. Кращий результат показав варіант 5 (суміш ферментів Альфалад БН Л 1,5 г/л і Целюлаза 3 г/л протягом 30 хвилин). Ефективність дії ферментів становить 21%. При зниженні співвідношення компонентів у суміші у два рази спостерігається зменшення кількості вилучених антоціанових барвників на 10% при часі обробки 60 хвилин (варіант 2) і на 20% за 30 хвилин (варіант 4) у порівнянні з кращим варіантом 5.

Процес екстракції складається з кількох стадій, які повинні бути оптимізовані у залежності від сировини, об'ємів екстракції, очікуваного кінцевого продукту.

Найбільш ефективну екстракційну систему було обрано, після серії попередніх експериментів, де було проаналізовано концентрацію розчинника етилового спирту, модуля екстракції, температури і часу. Методом ПФЕ (повного факторного експерименту) обрано оптимальні умови екстракції [10]: 50% водно-етанольний розчин, температура екстракції 70°C, гідромодуль 2. Оптимальний час екстракції, який відповідає настанню стану рівноваги між концентрацією антоціанів в рідкій та твердій фазах, встановлено як 60 хвилин, який залежить від ряду факторів (розмірів частинок сировини, температури і ін.).

Таким чином за результатами виконаних досліджень нами запропоновано наступні умови обробки:

1 стадія – обробка вичавок винограду ферментним комплексом Альфалад БН Л 1,5 г/л і Целюлаза 3 г/л при температурі 45°C, протягом 30 хвилин, рН 4,5 (лимонна кислота), модуль 2 (зразок Д1 табл. 3).

2 стадія – інактивація ферменту нагріванням до 100°C протягом 1 хвилини і охолодження.

3 стадія – віджимання і фільтрування одержаного розчину від шкірок і кісточок.

4 стадія – екстракція відфільтрованих вичавок винограду 50% етиловим спиртом, рН 4,5 (лимонна кислота), модуль 2, протягом 30 хвилин при температурі 70°C. Охолодження, віджимання і фільтрування.

Таблиця 3

Кількість вилучених антоціанів в залежності від виду обробки

Варіант	К1	Д1	К2	Д2
$C_{розч}$, мг/л	664,6	731,4	254,8	331,6
$AЦ_{сир}$, мг/кг	1312,7	1439,8	503,3	652,8
$AЦ_{сух}$, мг/кг ($w=69\%$)	4234,5	4644,5	1623,6	2105,9

Примітка: К1 – зразок після 1-ої стадії обробки без ферментного комплексу; Д1 – зразок після 1-ої стадії обробки з ферментним комплексом; К2, Д2 – зразки К1 і Д1 після 4-ої стадії обробки.

Результати свідчать, що контрольний зразок показав сумарно кількість антоціанів, вилучених за дві стадії К1 і К2, $AЦ_{сух}$ 5858 мг/кг. Сумарна кількість вилучених антоціанів у дослідному зразку з використанням попередньої обробки ферментним комплексом складає 6750 мг/кг, що більше на 15%. Якщо порівнювати ефективність процесів за стадіями, то перша стадія (Д1) – обробка ферментом ефективніша на 10%, а друга стадія (Д2) – обробка водно-етанольним розчином ефективніша на 30%.

Таким чином попередня обробка ферментним комплексом значно полегшує наступну стадію екстракції антоціанів водно-етанольним розчином і дозволяє скоротити час екстракції у два рази. Вилучення барвних речовин відбувається повністю за 30 хвилин обробки.

Висновки. 1. Результати дослідження впливу концентрації ферментів Альфалад БН Л і Целюлаза на кількість екстрагованих антоціанових барвників з заморожених вичавок винограду Молдова свідчать про перспективи використання ферментів для попередньої обробки сировини. Кращі результати одержані для ферменту Альфалад БН Л при концентрації 1,5 г/л і для ферменту Целюлаза 3 г/л за умов обробки при 45 °C протягом 60 хвилин.

2. Дослідження синергізму дії ферментів показали, що суміш ферментів Альфалад БН Л 1,5 г/л і

Целюлаза 3 г/л ефективна при обробці вичавки винограду протягом 30 хвилин. Кількість барвних речовин складає в перерахунку на абсолютно суху сировину 4113 мг/кг.

3. Показано, що попередня обробка ферментним комплексом значно полегшує стадію екстракції антоціанів водно-етанольним розчином. Вилучення барвних речовин відбувається повністю за 30 хвилин обробки. Сумарна кількість вилучених антоціанів складає 6750 мг/кг.

Література

1. Активация растительных биологически активных веществ физическими методами : монография / Р.Ю. Павлюк, Н.В. Дібрівська, В.А. Павлюк [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2010. – 152 с.
2. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості / Ю.О. Ластухін – Львів : Центр Європи, 2009. – 836 с.
3. Харламова О.А. Натуральные пищевые красители / О.А. Харламова, Б.В. Кафка. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 192 с.
4. Дубініна А.А. Вплив технологічних чинників на колір рослинної сировини / А.А. Дубініна, Т.В. Щербакова, Ю.М. Хацкевич [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2017. – Вип. 2. – С. 374–390.
5. Дишкантук О.В. Вдосконалення процесу екстракції натуральних харчових барвників / О.В. Дишкантук, О.М. Кондрацька // Харчова наука і технологія, ОНАХТ, Одеса. – № 1 (22). – 2013. – С. 38–40.
6. Виноградов В.А. Технологии получения натурального пищевого красителя из виноградной выжимки / В.А. Виноградов, В.И. Иванченко, К.А. Ковалевский [и др.] // Магарач. Виноградарство и виноделие – 2012. – № 3. – С. 35–38.
7. Салеба Л.В. Дослідження стабільності антоціанів / Л.В. Салеба, О.С. Кондя, О.О. Буркот // Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials : book of abstracts, 7–9 October 2020, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2020. – P. 42.
8. Папченко В.Ю. Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників / В.Ю. Папченко, Л.М. Кузнецова // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Темат. вип. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – С. 65–68.
9. Кондя О.С. Екстрагування антоціанів з горобини чорноплідної / Кондя О.С., Салеба Л.В. // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2019. – № 1(68). – С. 99–104.
10. Кондя О.С. Оптимізація процесу екстрагування антоціанів / О.С. Кондя, Л.В. Салеба, А.О. Кирюшин // Хімія, біо- і нанотехнології, екологія та економіка в харчовій та косметичній промисловості : матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції, 1-2 листопада 2018 р., м. Харків. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – С.102–104.
11. Wrolstad R.E., Giusti M.M. 2001. Unit F1.2: anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, RE, editor. Current protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons. p. F1.2.1– 1.2.13.

References

1. Aktivacija roslynnykh biologichno aktyvnykh rečovyn fizychnymy metodamy : monografija / R.Ju. Pavljuk, N.V. Dibrivsjka, V.A. Pavljuk [ta in.]. – Kh. : KhDUKHT, 2010. – 152 s.
2. Lastukhin Ju.O. Kharchovi dobavky. E-kody. Budova. Oderzhannja. Vlastyvoli / Ju.O. Lastukhin – Ljviv : Centr Jevropy, 2009. – 836 s.
3. Harlamova O.A. Naturalnye pishevyie krasiteli / O.A. Harlamova, B.V. Kafka. – M. : Pischevaya promyshlennost, 1979. – 192 s.
4. Dubinina A.A. Vplyv tekhnologichnykh chynnykiv na kolir roslynnoji syrovyny / A.A. Dubinina, T.V. Shherbakova, Ju.M. Khackevych [ta in.] // Proghresyvni tekhnika ta tekhnologhiji kharchovykh vyrobnyctv restorannogho ghospodarstva i torghivli. – 2017. – Vyp. 2. – S. 374–390.
5. Dyshkantjuk O.V. Vdoskonalennja procesu ekstrakciji naturalnykh kharchovykh barvnykiv / O.V. Dyshkantjuk, O.M. Kondracjka // Kharchova nauka i tekhnologhija, ONAKHT, Odessa. – № 1 (22). – 2013. – S. 38–40.
6. Vinogradov V.A. Tehnologii polucheniya naturalnogo pishevogo krasitelya iz vinogradnoy vyzhimki / V.A. Vinogradov, V.I. Ivanchenko, K.A. Kovalevskiy [i dr.] // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie – 2012. – № 3. – S. 35–38.
7. Saljeba L.V. Doslidzhennja stabilnosti antocianiv / L. V. Saljeba, O. S. Kondja, O. O. Burkot // Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials : book of abstracts, 7–9 October 2020, Lviv. – Lviv : Lviv Polytechnic National University, 2020. – P. 42.
8. Papchenko V. Ju. Uzagaljnennja naukovykh osnov oderzhannja kharchovykh barvnykiv / V. Ju. Papchenko, L. M. Kuznecova // Visnyk Nac. tekhn. un-tu «KhPI» : zb. nauk. pr. Temat. vyp. : Innovacijni doslidzhennja u naukovykh robotakh studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI». – 2015. – № 44 (1153). – S. 65–68.
9. Kondja O.S. Ekstraghuвання antocianiv z ghorobyny chornoplidnoji / Kondja O.S., Saljeba L.V. // Visnyk Khersonskogho nacionaljnogho tekhnichnogho universytetu. – 2019. – № 1(68). – S. 99–104.
10. Kondja O.S. Optymizacija procesu ekstraghuвання antocianiv / O.S. Kondja, L.V. Saljeba, A.O. Kyryshyn // Khimija, bio- i nanotekhnologhiji, ekolohija ta ekonomika v kharchovij ta kosmetychnij promyslovosti : materialy VI mizhnarodnoji naukovykh-praktychnoji konferenciji, 1-2 lystopada 2018 r., m. Kharkiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2018. – S.102–104.
11. Wrolstad R.E., Giusti M.M. 2001. Unit F1.2: anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad, RE, editor. Current protocols in food analytical chemistry. New York: John Wiley & Sons. p. F1.2.1– 1.2.13.

Рецензія/Peer review : 05.01.2021 р.

Надрукована/Printed : 10.03.2021 р.