

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок
та косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
Оксана КОЧУБЕЙ-
ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**
зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології отримання
антоціанового барвника з малини

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13

КУЗІНСЬКА Владислава Андріївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник ПОДОБІЙ Олена Валеріївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(підпис)

Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

(підпис)

Ліонель ЗІНЬКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач (ка)

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кузінська Владислава Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання антоціанового барвника з малини

керівник роботи Подобій Олена Валеріївна, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “15”квітня 2024 року № 296-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи маса сировини – 1000 кг

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Креслення апарату (загальний вигляд), формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------------------|--|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Технологічна частина | Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ | 13. 05.2024 | 31.05.2024 |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____ 16 квітня 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--|-------------------------------|----------|
| 1 | ВСТУП | 13.05.2024 | |
| 2 | РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 14.05.2024-16. 05.2024 | |
| 3 | РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 17. 05.2024-20. 05.2024 | |
| 4 | РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ | 21. 05.2024-23. 05.2024 | |
| 5 | РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ | 24. 05.2024-25. 05.2024 | |
| 6 | РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 24.05.2024-27.05.2024 | |
| 7 | РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ | 25.05.2024-29.05.2024 | |
| 8 | ВИСНОВКИ | 30.05.2024-31. 05.2024 | |
| 9 | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 02. 05.2024-30. 05.2024 | |
| 10 | ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА | 13. 05.2024-19. 05.2024 | |
| 11 | ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА | 20. 05.2024-28. 05.2024 | |
| 12 | ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР | 03.06.2024-07.06.2024 | |
| | | | |

Здобувач _____
(підпис)

Владислава КУЗІНСЬКА _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олена ПОДОБІЙ _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 79 С., 24 РИС., 21 ТАБЛ., 79 ДЖЕРЕЛ.

Тема кваліфікаційної роботи присвячена удосконаленню технології отримання антоціанового барвника з малини.

На основі проведеного аналізу науково-технічної літератури обґрунтовано вибір оптимальної технології виробництва антоціанового барвника з малини, розглянуто хімічні властивості антоціанів, їх фізико-хімічні та біологічні властивості. Розроблено принципову технологічну схему технології виробництва антоціанів з малини методом прискореної рідинної екстракції.

Розраховано матеріальний баланс, відповідно до якого з 1000 кг малини можна отримати 17 кг антоціанового барвника. Здійснено підбір основного технологічного обладнання, розраховано параметри розпилювальної сушарки з урахуванням потрібних характеристик та розроблено апаратурно-технологічну схему технології виробництва антоціанового барвника з малини методом прискореної рідинної екстракції.

Розраховано економічну ефективність технології виробництва антоціанового барвника з малини, згідно з якою собівартість 1 пакету «саше» готового продукту вагою 10 г складає 231,5 грн.

Досліджено організацію контролю якості готової продукції та наведено її показники якості та безпечності відповідно до вимог чинної нормативної документації.

Наведено заходи з охорони праці та навколишнього середовища, враховуючи вірогідні джерела забруднень розробленої технології.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХАРЧОВИЙ БАРВНИК, АНТОЦІАНИ, МАЛИНА ЗВИЧАЙНА, ЕКСТРАКЦІЯ

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 79 pages, 24 figures, 21 tables, 79 sources.

The topic of the diploma project is devoted to the improvement of a technology for obtaining anthocyanin food colorant from raspberries.

Based on the analysis of the scientific and technical literature, the choice of the optimal technology for the production of anthocyanin food colorant from raspberries is substantiated, the chemical properties of anthocyanins, their physicochemical and biological properties are considered. A conceptual technological scheme of the technology for the production of anthocyanins from raspberries by the method of accelerated liquid extraction has been developed.

The material balance was calculated, according to which 1000 kg of raspberries can yield 17 kg of food colorant. The selection of the main technological equipment was carried out, the parameters of the spray dryer were calculated taking into account the required characteristics and the equipment and technological scheme of the production technology of anthocyanin food colorant from raspberries by the method of accelerated liquid extraction was developed.

The economic efficiency of the production technology of food colorant from raspberries was calculated, according to which the cost of 1 sachet of the product weighing 10 g is UAH 231.5.

The organization of quality control of the product was studied and its quality and safety indicators were given in accordance with the requirements of current regulatory documentation.

Labor and environmental protection measures are given, taking into account the likely sources of pollution of the developed technology.

KEY WORDS: FOOD COLORING, ANTHOCYANS, RED RASPBERRY, EXTRACTION

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 7 |
| РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 9 |
| 1.1 Характеристика антоціанів..... | 9 |
| 1.1.1 Загальні відомості про антоціани та їх основні представники... | 9 |
| 1.1.2 Фізико-хімічні властивості антоціанів..... | 12 |
| 1.1.3 Біологічна активність антоціанів..... | 14 |
| 1.1.4 Антоціани як харчова добавка E163..... | 16 |
| 1.2 Галузі використання антоціанових барвників | 17 |
| 1.3 Стан сировинної бази..... | 18 |
| 1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва антоціанових барвників та їх вплив на навколишнє середовище..... | 20 |
| РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... | 24 |
| 2.1 Характеристика вихідної сировини..... | 24 |
| 2.2 Опис технології отримання антоціанового барвника методом прискореної рідинної екстракції..... | 27 |
| 2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва харчового барвника з малини звичайної..... | 32 |
| 2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання..... | 38 |
| 2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми отримання антоціанового барвника..... | 51 |
| РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ..... | 53 |
| РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ..... | 59 |
| РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 63 |
| 5.1 Охорона праці на підприємстві..... | 63 |
| 5.2 Охорона навколишнього середовища на виробництві..... | 65 |
| ВИСНОВКИ..... | 69 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 70 |

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ЗМІСТ | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 6/79 |

ВСТУП

Харчові добавки стали невід’ємним елементом продуктів раціону сучасної людини. Вони використовуються з різноманітною метою: від забезпечення належної якості продукції протягом усього терміну придатності до зміни її сенсорних властивостей.

Важливою сенсорною характеристикою харчового продукту є колір, адже він безпосередньо впливає на сприйняття як смаку, так і якості продукту загалом. Саме тому особливу увагу приділяють харчовим барвникам. Їх додають до продуктів для відновлення забарвлення, втраченого під час технологічної обробки, або для підвищення інтенсивності природного забарвлення чи надання кольору безбарвним продуктам, щоб зробити їжу більш привабливою.

Хоча синтетичні барвники мають ряд переваг, сприйняття споживачів і попит все більше спонукають до їх заміни альтернативними барвниками природного походження.

Більшість натуральників барвників являють собою екстракти, отримані з рослин. Одними з представників таких харчових добавок є антоціани – барвні речовини, які відносяться до флавоноїдів. Серед цих поліфенольних сполук антоціани є важливим підкласом водорозчинних пігментів, які надають рослинам яскравий червоний, фіолетовий або синій колір. В промисловості вони відомі як харчовий барвник E163.

Враховуючи попит на використання натуральних харчових добавок у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловостях, пошук оптимального методу отримання харчового барвника E163 є актуальним питанням.

Сировиною для отримання антоціанів є переважно ягідні культури,

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ВСТУП | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.007.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 7/79 |

що робить виробництво харчового барвника E163 в Україні перспективним, зважаючи на сприятливий стан сировинної бази. Завдяки інноваційним технологіям відкриваються нові можливості вилучення антоціанів швидко, ефективно та з мінімальними шкодами для довкілля.

Мета даної роботи: провівши аналіз сучасної науково-технічної літератури запропонувати шляхи удосконалення технології отримання антоціанових барвників з малини.

Об’єкт дослідження: технологія отримання антоціанового барвника з малини.

Предмет дослідження: антоціановий барвник.

Завдання:

1. Розглянути технології отримання антоціанів із сировини рослинного походження та джерела в Україні.
2. Запропонувати та обґрунтувати шляхи удосконалення технології виробництва антоціанового барвника з малини.
3. Розрахувати матеріальний баланс виробництва антоціанового барвника з 1000 кг малини.
4. Запропонувати принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми отримання антоціанового барвника.
5. Розрахувати економічну ефективність виробництва антоціанового барвника з малини.

Апробація. За результатами роботи опубліковано тези доповіді на конференції. Vladyslava Kuzinska, Olena Podobii. Anthocyanins in raspberry and their potential health benefits \ 90th International scientific conference of young scientists and students “Youth and scientific achievements of the 21st century nutrition problem solution”/ тези доповідей, April 11-12. – У 3-х томах. – Р. II. – Kyiv: NUFT. – 2024. – 255 - 256 с.

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Характеристика антоціанів

1.1.1 Загальні відомості про антоціани та їх основні представники

Антоціани – це підгрупа флавоноїдів, які являють собою клас вторинних рослинних метаболітів із вуглецевим скелетом загальної структури C₆-C₃-C₆ [1, 2].

Антоціани – глікозиди антоціанідину – є похідними катіона флавілію (2-фенілбензопірилію), для них характерний позитивний заряд на атомі кисню C-кільця основної флавоноїдної структури. Як правило, вуглеводна частина зв'язується з агліконом у положенні 3, у деяких випадках – в положеннях 3 і 5. Загальна структура антоціанів показана на рисунку 1.1 [3 – 5].

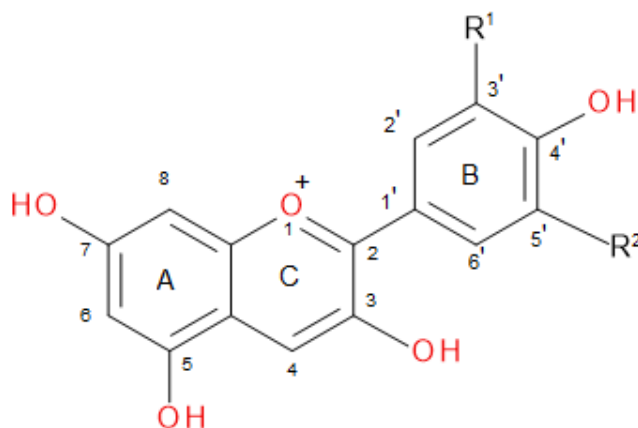


Рисунок 1. 1 Загальна структура антоціанів

Антоціани складають найбільшу групу водорозчинних природних пігментів – виявлено понад 700 унікальних структур. Вони присутні у клітинних вакуолях рослин. Антоціани зазвичай містяться в квітах і плодах багатьох рослин і надають їм червоне, фіолетове чи синє забарвлення [1, 2].

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------|----------------------------|------------|---------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД | | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.009.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 9/79 |

Наразі ідентифіковано 27 природних антоціанідинів, однак на шість агліконів – ціанідин, дельфінідин, пеларгонідин, пеонідин, мальвідін і петунідин – припадає приблизно 92% усіх зареєстрованих антоціанів. Розподіл цих антоціанідинів у фруктах і овочах становить 50%, 12%, 12%, 12%, 7% і 7% відповідно [2, 6, 7].

Ціанідин – основний червонувато-фіолетовий (пурпуровий) пігмент у ягодах (вишня, шовковиця, ожина, журавлина, чорна смородина) та інших овочах червоного кольору, таких як червона солодка картопля та фіолетова кукурудза. Структурна формула ціанідину наведена на рисунку 1.2 [8 – 10].

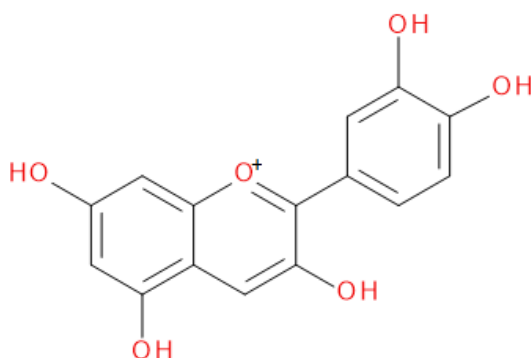


Рисунок 1.2 Структурна формула ціанідину

Дельфінідин обумовлює блакитний та фіолетовий відтінок квітів, а також винограду, різноманітних ягід (чорна смородина, чорниця) баклажанів та синьої капусти. Його структурна формула продемонстрована на рисунку 1.3 [11 – 14].

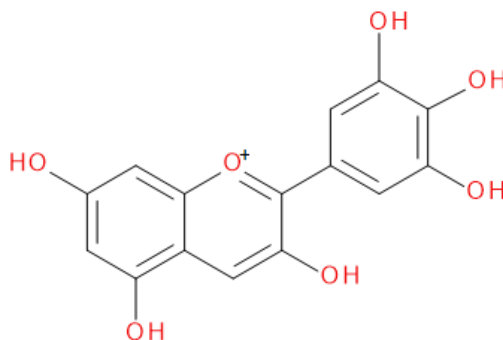


Рисунок 1.3 Структурна формула дельфінідину

Пеларгонідин у природі зустрічається у вигляді червоного пігменту, надає помаранчевий відтінок квітам і червоний — деяким фруктам і ягодам,

зокрема полуниці. Структурна формула пеларгонідину зображена на рисунку 1.4 [9, 15, 16].

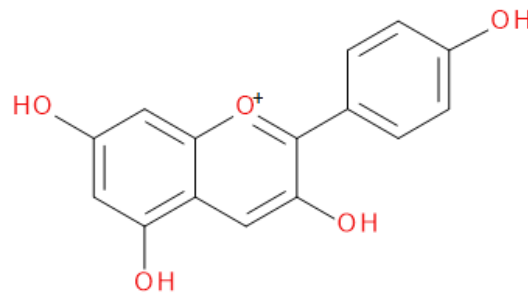


Рисунок 1.4 Структурна формула пеларгонідину

Пеонідин має характерний пурпуровий колір і міститься у великій кількості в ягодах, зокрема журавлині, винограді, червоних винах. Структурна формула пеонідину наведена на рисунку 1.5 [15].

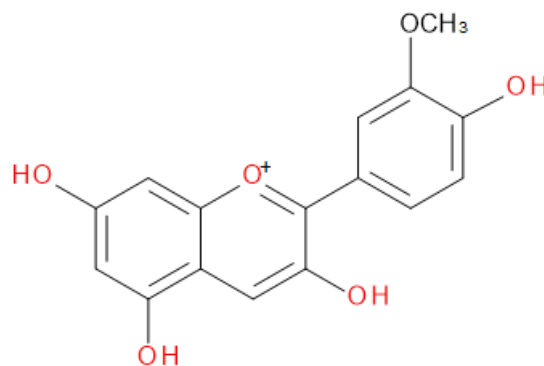


Рисунок 1.5 Структурна формула пеонідину

Мальвідин, структурна формула його показана на рисунку 1.6, є основним червоним пігментом у червоному вині, оскільки виноград *Vitis vinifera* є одним із природних джерел, у витриманих винах виглядає як темніший пилово-червоний [17, 18].

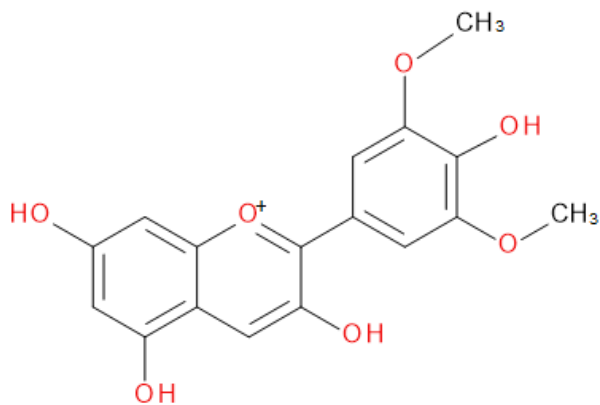


Рисунок 1.6 Структурна формула мальвідину

Петунідин являє собою темно-червоний або фіолетовий пігмент, що міститься у чорній смородині та чорниці. На рисунку 1.7 зображена структурна формула петунідину [9, 19].

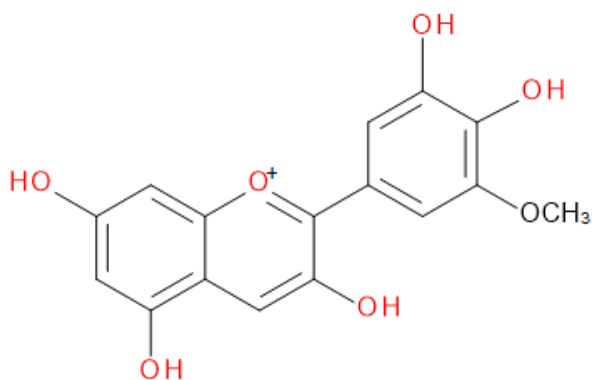


Рисунок 1.7 Структурна формула петунідину

1.1.2 Фізико-хімічні властивості антоціанів

Забарвлення антоціанів сильно залежить від рН середовища, що пояснюється їхньою молекулярною структурою іонної природи. У кислому середовищі антоціани переважно мають червоний колір, а при нейтральному рН – фіолетовий відтінок. При підвищенні рН в молекулі відбувається перегрупування, що призводить до утворення нового хромофора – забарвлення змінюється на синє (рис. 1.8) [4, 20].

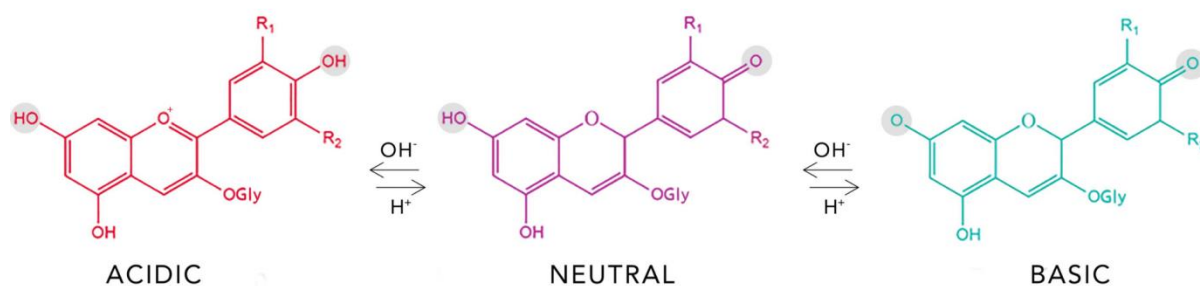


Рисунок 1.8 Зміна кольору розчинів антоціанів залежно від рН середовища

Антоціани менш стабільні при високих температурах розчинів. У одному із досліджень було помічено, що термічна обробка при 35°C зменшила загальний вміст антоціанів у винограді до менш, ніж половини кількості в контрольних зразках при 25°C. При підвищенні температури до 40°C колір антоціанів змінюється з червоного на оранжевий при незмінно низькому рН розчину. Також досліджено, що період напіврозпаду антоціанів у соках значно коротший при кімнатній температурі, ніж при зберіганні у холоді [21 – 23].

Негативно впливає на антоціани і світло, яке пришвидшує їх розпад. При зберіганні виноградного соку на світлі за температури 20°C помічено розпад майже половини антоціанів, на відміну від 30% при зберіганні у темряві з дотриманням решти параметрів [24].

Кисень є ще одним фактором, який впливає на стабільність антоціанів, прискорюючи процес деградації. Висока температура та присутність кисню є найшкідливішим поєднанням серед усіх факторів, які впливають на стабільність антоціанів [20, 25].

Найбільш поширеними ферментами, які розкладають антоціани, є глікозидази, пероксидази (фенолоксидази) і фенолази (поліфенолоксидази), які відомі під загальною назвою — антоціанази. Вони можуть вироблятися рослиною або виникнути в результаті мікробного забруднення. Під дією цих ферментів розчинність антоціанів знижується і відбувається втрата інтенсивності забарвлення [20, 26].

Через низьку стабільність, яка зумовлена чутливістю антоціанів до світла, температури, кисню, рН середовища, іонів металів та ферментів, їх використання в різних харчових продуктах обмежується. Тому харчова промисловість шукає методи підвищення стабільності антоціанів [2, 27].

Дослідження показали, що колір антоціанів можна стабілізувати за допомогою копігментаційної взаємодії антоціанідинів із іонами металів з утворенням комплексів або флавоноїдними ко-пігментами. Глікозилування та ацилювання також підвищують стабільність та інтенсивність кольору розчинів антоціанів [1, 4, 20].

Антоціани – водорозчинні барвні речовини. Поліфенольна природа обумовлює їх гідрофобні властивості і робить розчинними в більшості органічних розчинників, як-от етанол і метанол. Аглікони антоціанів мають більшу розчинність у спирті, ніж їх глікозидні форми, тоді як глікозилувані добре розчинні у воді. Не розчиняються антоціани в неполярних органічних розчинниках і нестабільні у лужних або нейтральних розчинах [4, 28].

1.1.3 Біологічна активність антоціанів

Антоціани є цінними сполуками з широким спектром біологічних активностей та демонструють багатообіцяючі терапевтичні ефекти.

Як і більшість підкласів флавоноїдів вони є потужними антиоксидантами, завдяки здатності поглинати вільні радикали використовуються в косметичних засобах спрямованих на боротьбу з віковими змінами. Антиоксидантна дія корелює з вмістом поліфенолів у рослинній сировині. Багато антоціанів демонструють антиоксидантну дію, подібну до α -токоферолу – найпотужнішому природному антиоксиданту, трилоксу, кверцетину та катехіну. Антиоксидантна ефективність антоціанів залежить від їхньої структури. Заміна гідроксильних груп на метоксигрупи в В-кільці знижує антиоксидантну здатність [1, 29, 30].

Антоціани виявляють протизапальну дію. Проведені дослідження, у яких 150 пацієнтів з гіперхолестеринемією щодня протягом 24 тижнів приймали капсули з вмістом антоціанів по 320 мг, серед яких переважали ціанідин 3-О-глюкозид і дельфінідин 3-О-глюкозид, продемонстрували, що у пацієнтів знизився рівень С-реактивного білка, молекули адгезії судинних клітин-1, і рівні ІЛ-1 β в плазмі (-20, -13 і -4% відповідно) у порівнянні з групою, що не отримувала терапії. Крім того, ці сполуки також сприяють відновленню м'язів після інтенсивних тренувань [29 – 31].

Антоціани мають здатність знижувати реплікацію та ріст деяких Грам-негативних та Грам-позитивних бактерій та паразитів, що обумовлює їхні антимікробні властивості. Вони продемонстрували здатність зупиняти реплікацію двох поширених патогенів харчового походження, як *Escherichia coli* та *Salmonell*, а також знижують ріст патогенних бактерій *Desulfovibrio spp.* та *Enterococcus*, збільшуючи кількість пробіотиків, як от *Akkermansia* та *Bifidobacteria* [32, 33].

Ці сполуки також продемонстрували здатність інгібувати ініціацію, промоцію та прогресію різних видів раку, як-от: товстої кишки, печінки, сечового міхура, молочних залоз, головного мозку, нирок та шкіри, кишківника та щитоподібної залози переважно завдяки їхнім антиоксидантним та протизапальним властивостям [29, 34 – 36].

Цукровий діабет пов'язаний з ожирінням, окисним стресом, запальними процесами та ризиком серцево-судинних захворювань. Володіючи широким спектром біологічних активностей антоціани продемонстрували механізм, здатний знижувати інсулінорезистентність, гіперклікемію, прозапальні цитокіни та радикали, і, як наслідок, відновити рівень глюкози та стимулювати секрецію інсуліну [37].

Декілька досліджень свідчать, що щоденний прийом багатих антоціанами фруктів, овочів та напоїв може знизити ризик або ж навіть запобігати виникненню серцево-судинних захворювань, оскільки вони

модулюють метаболізм ліпідів, відкладення жиру та функцію ендотелію, а також знижують кров'яний тиск. Така дія обумовлена їхніми антиоксидантними та протизапальними властивостями. Регулярне споживання їжі, багаті антоціанами, може призвести до зниження ризику появи кардіоміопатії, коронарних захворювань, та ішемії [38].

Докази, отримані в результаті проведених досліджень *in vivo* та *in vitro* показали, що антоціани можуть покращити зір, зважаючи на їхню здатність посилювати кровообіг у капілярах сітківки та вироблення пігментів сітківки, що у свою чергу покращує нічний зір та захищає очі від окисного пошкодження, діабетичної ретинопатії та молекулярної дегенерації [39].

Знаючи, що неврологічні патології тісно пов'язані з окислювальним стресом і стадіями запалення, не дивно, що споживання рослинних вторинних метаболітів, як-от антоціанів, може знизити ризик їхнього виникнення. Нейропротекторні властивості цих поліфенолів головним чином зумовлені їхньою здатністю проникати крізь гематоенцефалічний бар'єр та захищати нейрони та гліальні клітини від окисного пошкодження. Завдяки своїм нейропротекторним властивостям антоціани допомагають запобігти неврологічним патологіям, таким як хвороби Альцгеймера та Паркінсона, і демонструють покращення когнітивних функцій та плавності мовлення [29, 40, 41].

1.1.4 Антоціани як харчова добавка E163

Антоціани завдяки здатності надавати забарвлення об'єктам знайшли своє застосування як харчова добавка E163, характеристика якої наведена у таблиці 1.1 [33].

Таблиця 1.1 – Характеристика харчової добавки E163

| | |
|----------------------------|---|
| Назва | Антоціани |
| Категорія | Натуральний барвник |
| Органолептичні властивості | Червоні рідини або порошки; при рН<4 розчини мають червоне забарвлення, при рН=7 – фіолетове, при зростанні рН змінюється на синє. |
| Фізико-хімічні властивості | Розчинна у воді та етанолі, нерозчинна в неполярних органічних розчинниках |
| Джерела | Чорноплідна горобина, бузина, виноград, чорна смородина, чорниця, малина, полуниця, ожина, вишня, чорна морква, синя капуста, цикорій, гібіскус, шавлія |
| Одержання | Екстракція із рослинної сировини |
| Гігієнічні норми | ДДН – 2,5 мг/кг ваги тіла на день МДР – в необхідній кількості |

1.2 Галузі використання антоціанових барвників

Найбільшим попитом харчовий барвник E163 користується у харчовій галузі. Його додають з метою фарбування кондитерських виробів, варення, джемів, желе, мармеладів та жувальних гумок, соусів, начинок, різноманітних безалкогольних та алкогольних напоїв, зокрема вин. Все

більш популярним стає використання барвників на основі антоціанів в йогуртах, сирах і сирних продуктах та деяких змішаних фруктових соках [4, 42].

В фармацевтичній галузі також використовується харчовий барвник E163 з метою надання забарвлення лікарським препаратам у твердій, включаючи таблетки й капсули, та рідкій формах, біологічно активним добавкам та вітамінним комплексам. Завдяки широкому спектру біологічної активності антоціани є потужними нутрицевтичними та фармацевтичними інгредієнтами, які мають високий потенціал для використання при терапії різноманітних патологічних станів [4, 41 – 43].

Антоціани є предметом зацікавленості і в косметичній галузі не лише завдяки здатності надавати забарвлення засобам, а й можливості їх використання в космецевтиці, зокрема лікувального призначення, що обумовлено антиоксидантною, протизапальною та антимікробними діями сполук. Вони є ефективними компонентами антивікової та відбілюючої косметики [41, 44 – 46].

Проте використання антоціанів як барвника в косметичних продуктах достатньо обмежене через їх низьку ліпофільність та чутливість до високих температур і зміни рН. Це також впливає і на їхнє застосування в якості активних інгредієнтів. Вибір високо стабільних антоціанів із відомим позитивним впливом на шкіру людини та їх додавання у засоби місцевого застосування є одним із оптимальних рішень для отримання бажаних властивостей косметичного продукту [44, 45].

1.3 Стан сировинної бази

Антоціани широко поширені в фруктах, зокрема ягодах, і овочах червоного, синього та фіолетового кольорів, проте їх вміст у рослинах помітно різниться в різних видах, залежно від сорту, району вирощування, клімату, методів землеробства, часу збору врожаю, дозрівання, обробки та

зберігання, температури та освітлення. У таблиці 1.2 наведений вміст антоціанів у свіжих овочах та фруктах [3, 4, 42, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Максимальний вміст антоціанів у свіжих фруктах та овочах

| Природне джерело | Вміст антоціанів, мг/100 г |
|-------------------|----------------------------|
| Чорниця | 772,4 |
| Чорна смородина | 478,6 |
| Червона смородина | 66,7 |
| Бузина | 580,0 |
| Виноград | 116,4 |
| Вишня | 147,0 |
| Черешня | 244,0 |
| Суниця | 10,0 |
| Чорна морква | 126,4 |
| Баклажани | 8,7 |
| Червона капуста | 23,4 |
| Червоний цикорій | 39,3 |

Основними джерелами антоціанів є ягоди (39% у США та 43% у Європі), вино (18% у США та 22% у Європі) та фрукти (9% у США та 19% у Європі) [49].

Багато представників ягідних культур, вміст антоціанів у яких достатньо високий, поширені в Україні та мають гарну врожайність.

Спостерігається тенденція збільшення виробництва продуктів садівництва, зокрема згідно з даними Української Асоціації Аграрного Експорту у 2021 році було зібрано 139 тис.тонн ягід, серед яких малини та ожини 36 тис.тонн. Завдяки такому врожаю у 2021 році вдалось експортувати плодово-ягідної продукції на рекордні 368 млн доларів, що на 54% перевищило показник 2020 року [50].

Хоч у зв'язку з початком повномасштабного вторгнення показники врожайності та експорту відповідно знизились – у 2023 році виручка від експорту плодів, ягід та горіхів дорівнювала 257 млн доларів, вдалося не лише зберегти, а й навіть збільшити (+31%) обсяги експорту ягід. У 2023 році було експортовано з України ягідних культур на 18 млн доларів [51].

Зокрема на позитивні показники експорту малини звернули увагу аналітики EastFruit: з липня 2022 по березень 2023 року експорт замороженої малини склав рекордних 40,6 тис. тонн (що на 29% вище за показники того ж періоду сезону 2021/2022) [52].

Згідно з прогнозами президента Української плодоовочевої асоціації очікується перевиробництво малини у 2024 році, що пов'язано зі зниженням цін у 2023 році. Це дозволяє зробити висновок, що виробничий потенціал малини можна також реалізувати завдяки використанню її в якості сировини для отримання різноманітних харчових продуктів, зокрема й харчового барвника [53].

Зважаючи на вище наведені дані малина звичайна є перспективною сировиною для виробництва харчових продуктів, зокрема харчової добавки E163.

1.4 Аналіз існуючих технологій виробництва антоціанових барвників та їх вплив на навколишнє середовище

Виробництво харчового барвника E163 ґрунтується на методах екстракції. Збереження стабільності та терміну зберігання антоціанів, що

безпосередньо пов'язано з їхніми корисними властивостями, є основою для вибору методу екстракції цих сполук [42].

Традиційними методами вилучення антоціанів із рослинної сировини є: мацерація, коли подрібнений сирий зразок змішується з розчинником, та мацерація з помірним нагріванням (також відома як екстракція за допомогою тепла), екстракція з обробкою киплячою водою, перколяція та фільтрація, коли порошкоподібний зразок змішується з розчинником, який постійно оновлюється у перколяторі, з подальшою фільтрацією та метод Сокслета, який передбачає змішування порошкоподібної твердої речовини з розчинником всередині екстрактора Сокслета, що дозволяє безперервно циклічно повторювати екстракцію протягом контрольованого періоду часу [54].

Ці методи засновані на використанні різних типів розчинників та/або тепла. Як правило зважаючи на полярність антоціанів в якості розчинників обирають воду, метанол, етанол, ацетон та їх суміші, а також додають розчини кислот для стабілізації катіону флавілію [42, 54, 55].

Крім цього, розмір частинок твердої речовини, співвідношення розчинник-тверда речовина, а також час і температура екстракції є важливими параметрами, оптимізація яких дозволяє забезпечити максимальний вихід [54].

Вищенаведені традиційні методи екстракції є найбільш поширеними в промисловості, зокрема у виробництвах натуральних барвників. Їхньою перевагою є порівняно невисока вартість та простота устаткування. Проте вони мають і ряд недоліків: велике енергоспоживання, використання великих об'ємів екологічно шкідливих органічних розчинників, потреба в дороговартісних розчинниках високої чистоти, тривалість та низька селективність екстракції [54 – 57].

Хоча традиційні методи екстракції вже тривалий час використовуються у виробництві барвників природного походження, вони

не забезпечують високих виходів продукту. Підвищення температури екстракції покращує вихід антоціанів, але водночас може спровокувати зміну кольору або властивостей екстракту [54].

З метою подолання вищезазначених недоліків традиційних методів екстракції, розробляються нові перспективні методи. Вони є безпечнішими для навколишнього середовища та фокусуються на проблемах промисловості, оскільки їхня ціль – підвищення ефективності вилучення цільових сполук [54, 55].

Серед цих методів вилучення антоціанів виділяють: ультразвукову екстракцію, мікрохвильову екстракцію, екстракцію надкритичною рідиною, екстракцію рідиною під високим тиском (або ж прискорену рідинну екстракцію), екстракцію за допомогою імпульсного електричного поля і екстракцію за допомогою ферментів. Їхніми перевагами є швидкість екстракції, більший вихід цільових сполук, менші витрати розчинників та споживання енергії [58 – 64].

Дослідження показують, що ці методи можуть використовуватись не лише ізольовано, а й у комбінації, що забезпечує більш ефективну екстракцію, порівняно із застосуванням одного методу, наприклад, як у випадку ультразвукової екстракції в поєднанні з мікрохвильовою [55].

Незважаючи на прогресивність нових методів екстракції, вони мають і певні недоліки, що перешкоджають їхньому масштабуванню до промислового масштабу: це насамперед деградація екстрактивних речовин через надмірне нагрівання та тривалість екстракції, що в кінцевому результаті призводить до високого споживання енергії. Тому на даний момент такі методи екстракції масово ще не застосовуються [54].

Для вибору оптимального методу вилучення антоціанів з рослинної сировини необхідно враховувати ефективність екстракції, економічну доцільність та екологічні аспекти.

Враховуючи потужну сировинну базу в Україні було вирішено розробити технологію отримання антоціанових барвників з малини. Аналіз існуючих технологій виробництва цих барвників показав, що традиційні методи мають ряд недоліків, а нові методи мають потенціал, адже дозволяють забезпечити високий вихід продукту та є безпечнішими для довкілля. На основі проведеного аналітичного огляду науково-технічної літератури оптимальним способом виробництва антоціанового барвника з ягідної сировини є метод прискореної рідинної екстракції, перевагами якого є швидкість, відносно невелика витрата екстрагенту та екологічність за умови використання есо-friendly розчинників.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини

Малина – багаторічний напівчагарник, що належить до роду *Rubus*, який налічує близько 330 видів. Існує багато сортів малини: Heritage, Bristol, Yellow Label, Autumn Bliss, Reveille, Polka, Summit, Royalty, Canby тощо, проте в Європі більш поширеною є малина європейська, яка також відома як малина звичайна [65 – 67].

Малина європейська *Rubus idaeus* — напівчагарник роду *Rubus* родини *Rosaceae*, підродини *Rosoideae* середнього розміру (рисунок 2.1). Малина має відмінну морозостійкість, стійкість до хвороб, поживну цінність і смак [68].



Рисунок 2.1 Малина звичайна *Rubus idaeus*

Малина звичайна, яка також відома як червона малина, має унікальний поліфенольний профіль, який характеризується в першу чергу вмістом антоціанів, що зумовлюють колір ягід. Вони складають близько 25% антиоксидантних сполук її плодів. Основні антоціани, що містяться в малині – глікозиди ціанідину і пеларгонідину. Як і в інших плодах червоних ягід, середній вміст антоціанів у малині становить від 200 до 300 мг на 100 г сухої маси [69 – 74].

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.024.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 24/79 |

Ціанідин-3-софорозид, ціанідин-3,5-диглюкозид, ціанідин-3-(2G-глюкозилрутинозид), ціанідин-3-глюкозид, ціанідин-3-рутинозид, пеларгонідин-3-софорозид, пеларгонідин-3-(2-глюкозилрутинозид), пеларгонідин-3-глюкозид і пеларгонідин-3-рутинозид є основними антоціанами червоної малини. Формули найбільш поширених представників наведені на рисунках 2.2 – 2.3 [4, 73, 75].

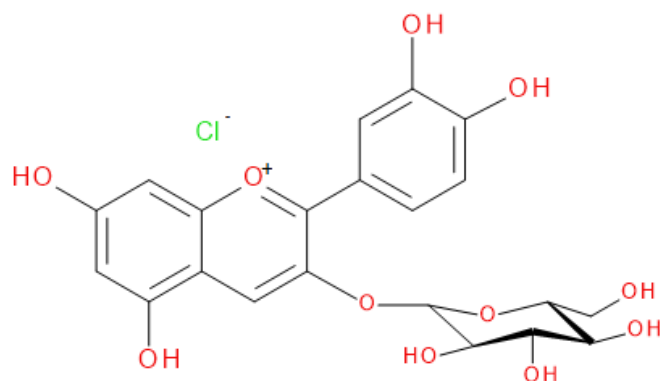


Рисунок 2.2 Структурна формула ціанідин-3-глюкозиду

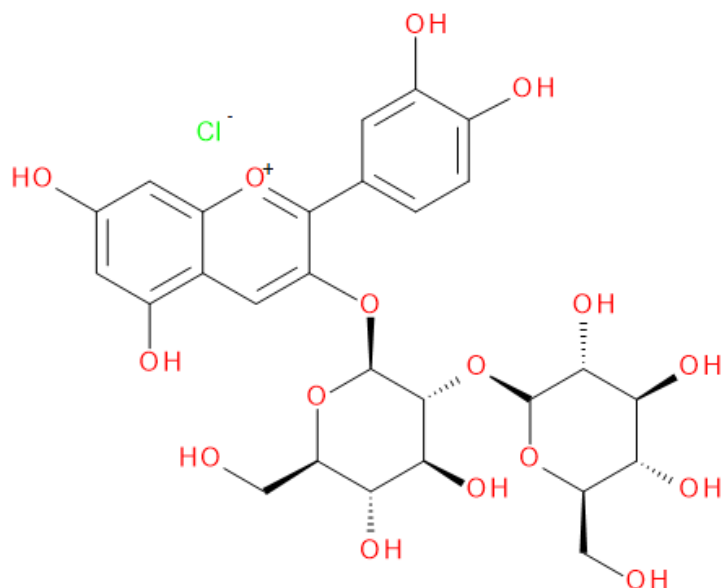


Рисунок 2.3 Структурна формула ціанідин-3-софорозиду

Кількість присутніх у малині поліфенольних сполук змінюється залежно від середовища вирощування та частини рослини, що досліджується (листя, стебла, плоди тощо) [76].

Із дозріванням малини вміст антоціанів, зокрема, ціанідин-3-О-софорозиду, ціанідин-3-О-глюкозиду, ціанідин-3-О-самбубіозиду та ціанідин-3-О-рутинозиду, збільшується.

Після дозрівання малини ціанідин-3-О-софорозид міститься у найбільшій кількості (див. рисунок 2.4) [77].

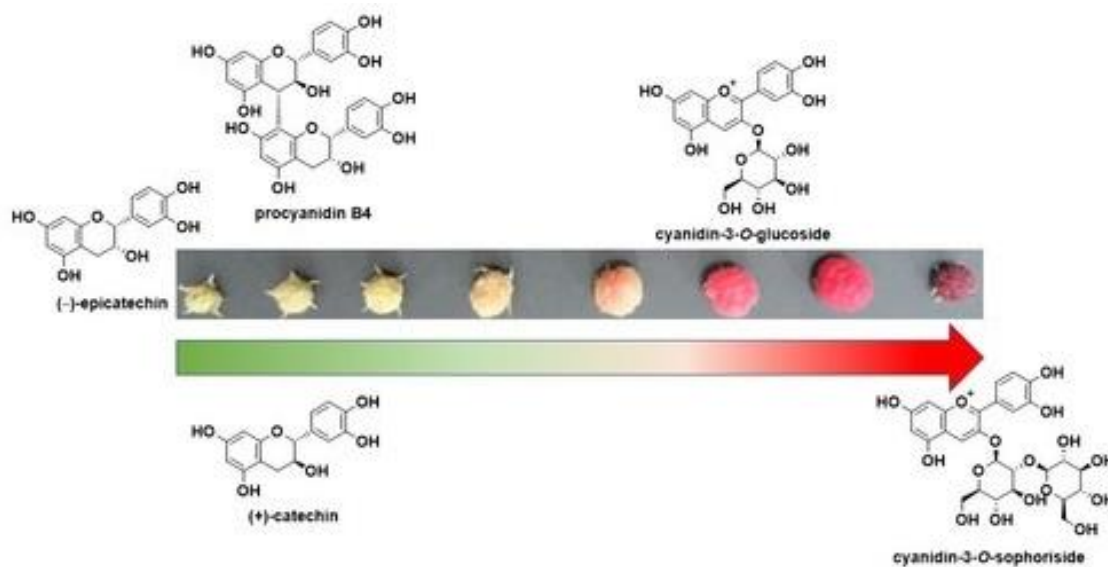


Рисунок 2.4 Вміст поліфенольних сполук протягом дозрівання малини

Червона малина багата не лише антоціанами, а й іншими біологічно активними речовинами, як-от флавоноли, таніни, органічні та фенольні кислоти, вуглеводи, вітаміни та мікроелементами К, Са та Fe, які обумовлюють її корисні властивості [68, 75].

Зважаючи на високий вміст антоціанів та тенденцію високої врожайності ягоди в Україні (дані зазначені у підрозділі 1.3) в даній роботі сировинною базою виробництва харчового барвника E163 було обрано малину звичайну.

Сировина для виробництва харчових барвників має відповідати вимогам ДСТУ 3845-99 “Барвники харчові натуральні. Технічні умови”. Можуть використовуватись свіжі, стиглі, здорові ягоди або ж заморожені чи консервовані сірчистим ангідридом вичавки згідно з нормативною документацією. Окрім рослинної сировини, зазначаються вимоги і до

розчинників: вода питна має відповідати вимогам ДСТУ 7525:2014, а оцтова харчова кислота – ДСТУ EN 13189:2019.

Сировина, яка надходить для виробництва натуральних харчових барвників, за вмістом токсичних елементів, пестицидів, нітратів повинна відповідати вимогам “Медично-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування”, №5061 [78].

2.2 Опис технології отримання антоціанового барвника методом прискореної рідинної екстракції

На основі проведеного аналітичного огляду науково-технічної літератури оптимальним способом отримання антоціанового барвника із малини звичайної було визначено метод прискореної рідинної екстракції.

Прискорена рідинна екстракція ґрунтується на використанні розчинників при температурі від кімнатної до 200°C і тиску від 35 до 200 бар. Такі умови дозволяють відносно легко вилучати біоактивні сполуки з природних джерел, оскільки при високому тиску розчинник залишається рідким за температурах вище його точки кипіння, сприяючи розчинності аналітів.

Технологічні параметри, які слід оптимізувати для максимального виходу екстракції: температура, тиск, тривалість і кількість циклів. Максимальна температура обмежена термічною нестабільністю антоціанів. Тривалість і кількість циклів мають бути достатніми, щоб гарантувати повний контакт між розчинником і біоактивними сполуками в рослинній сировині.

Також важливим фактором, що впливає на вихід екстракції є вибір екстрагента: для антоціанів, як правило, використовують полярні розчинники, наприклад, водно-спиртовий розчин. До екстрагенту часто додають розчини слабких кислот для стабілізації катіону флавілію, який є стабільним у сильно кислих умовах (pH~3). Рекомендується

використовувати розчини слабких кислот, як-от: мурашиної, лимонної або оцтової кислот, оскільки використання сильних концентрованих кислот може призвести до дестабілізації молекули антоціану. Хоч і в лабораторних умовах в якості екстрагенту часто використовується дистильована вода, її використання у масовому виробництві передбачає певні складнощі, оскільки вона є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів і, відповідно, продукт потребує додаткової стабілізації. В розробленій технології як екстрагент використовується підкислений 50% етиловий спирт.

Перевагою даного методу екстракції є її швидкість, відносно невелика витрата екстрагенту та висока ефективність. За умови використання есо-friendly розчинників технологія не несе шкоди довкіллю.

Недоліком такої технології є можливий негативний вплив температури на екстракт деякої рослинної сировини. Окрім цього, після екстракції все ще необхідне очищення продукту.

У попередньо розробленій технології передбачалось виготовлення концентрованого антоціанового барвника. Проте порошкоподібна форма барвника має ряд переваг над концентрованою, а саме:

- Зручність у застосуванні. Порошкоподібні барвники зазвичай додаються до продуктів у невеликих кількостях і можуть бути легко розподілені у масі, крім того, їх зручніше використовувати в різних типах продуктів, як-от сухі суміші або тверді кондитерські вироби.
- Вміст води. Порошкоподібні барвники на відміну від концентрованих мають менший вміст води, що позитивно впливає на стійкість та збереження продукту
- Стабільність. Порошкоподібні барвники стабільніші, зазвичай мають довший термін придатності та менше піддаються окисленню порівняно з концентрованими рідкими формами.

Зважаючи на вищезазначені переваги порошкоподібної форми порівняно з концентрованою, було вирішено удосконалити технологію та передбачити стадію сушіння з подальшим подрібненням, що забезпечує виробництво порошкоподібної форми антоціанового барвника.

Розроблена принципова технологічна схема виробництва антоціанового барвника з малини звичайної наведена на рисунку 2.5. Технологія отримання методом прискореної рідинної екстракції включає наступні стадії:

1. Миття

Вихідна сировина після прийому потрапляє на миття з метою очистки від бруду та сторонніх домішок, після чого надходить на стадію подрібнення. Відпрацьована вода відправляється на фільтрацію.

2. Подрібнення

З метою збільшення площі поверхні екстрагуючої сировини та прискорення екстракції вона потрапляє до дробарки для подрібнення до розміру частинок $d=0,5$ мм.

3. Екстракція

Подрібнена сировина завантажується до екстрактору з метою вилучення антоціанів. В екстракторі вона заливається розчином 50%-го етилового спирту та 0,5%-ї оцтової кислоти, співвідношення сировини і розчинника 1:10. Екстракція відбувається за температури 90°C при тиску 7 МПа протягом 15 хвилин. Утворений екстракт надходить на наступну стадію, а шрот видаляється для утилізації.

4. Охолодження

Екстракт, попередньо відкачаний у збірник для відстоювання, пропускають через теплообмінник за температури 20°C з метою охолодження та підготовки екстракту до наступної стадії – фільтрування. Відпрацьована вода використовується для технічних потреб.

5. Фільтрування

З метою очищення від сторонніх домішок, що негативно впливають на якість готового продукту, екстракт подається на фільтр-прес для фільтрування. Після чого отримують екстракт із вмістом СР=30-35%.

6. Концентрування

Фільтрат надходить на стадію концентрування з метою видалення вологи з напівпродукту. Температура процесу 70°C. Концентрація сухих речовин складає 60%.

7. Сушіння

З метою отримання продукту з високою концентрацією сухих речовин – 90% концентрат надходить у розпилювальну сушарку для видалення зайвої вологи. Температура процесу 80°C, тиск 1 бар.

8. Струшування

З метою запобігання злежуванню та уникнення утворення грудочок продукт струшують на віброситі.

9. Подрібнення

З метою отримання порошку з розміром частинок $d=0,2$ мм продукт надходить надходить у кульовий млин для подрібнення забарвленої.

10. Фасування

Порошкоподібний харчовий барвник фасують у пакети “саше” для герметизації і захисту готового продукту від потрапляння вологи.

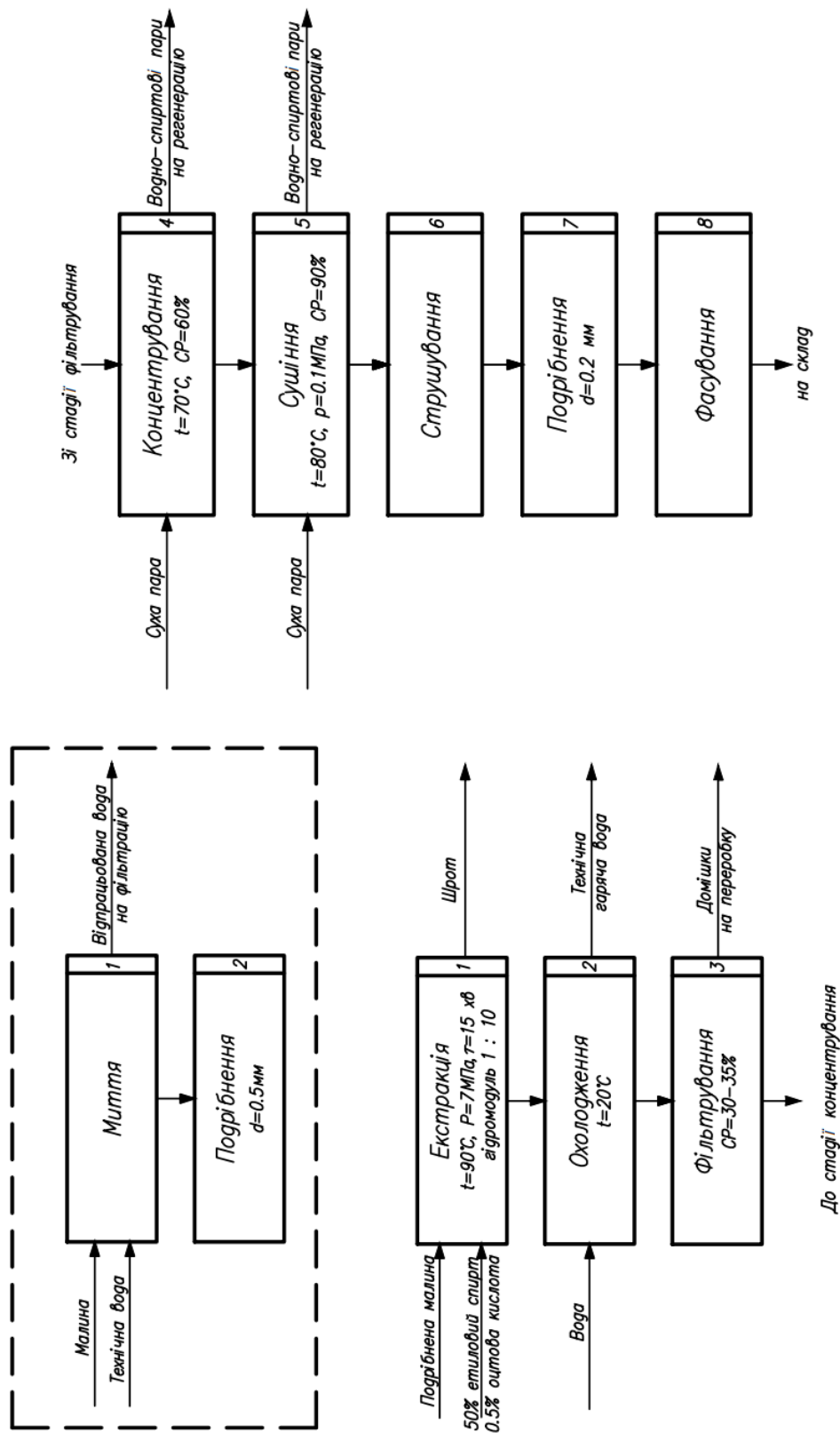


Рисунок 2.5 Принципова технологічна схема технології виробництва антоціанового барвника з малини

2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва харчового барвника із малини звичайної

Матеріальний баланс ґрунтується на законі: маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів (формула 2.1).

$$\sum G_{\text{вих}} = \sum G_{\text{кін}} \quad (2.1)$$

де $\sum G_{\text{вих}}$ – сума мас вихідних продуктів процесу,

$\sum G_{\text{кін}}$ – сума мас кінцевих продуктів процесу.

1. Матеріальний баланс стадії миття

На першій стадії – миття сировини втрати складають 5%. Дані наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс стадії миття

| Прихід | | Витрати | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Малина | 1000 | Чиста малина | 800 |
| | | Відходи | 150 |
| | | Втрати | 50 |
| Всього | 1000 | Всього | 1000 |

2. Матеріальний баланс стадії подрібнення

Приймається, що у процесі подрібнення втрачається до 0,5% сировини. Дані цієї стадії наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс стадії подрібнення

| Прихід | | Витрати | |
|---------------|------------|-------------------|------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Чиста малина | 800 | Подрібнена малина | 772 |
| | | Відходи | 24 |
| | | Втрати | 4 |
| Всього | 800 | Всього | 800 |

3. Матеріальний баланс стадії екстракції

Третьою стадією є екстракція подрібненої малини підкисленим 50% етиловим спиртом, співвідношення сировина : розчинник = 1 : 10. Відходи складають 15%, витрати – 0,2%. В таблиці 2.3 наведені дані.

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс стадії екстракції

| Прихід | | Витрати | |
|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Подрібнена малина | 772 | Екстракт | 7201,2 |
| Екстрагент | 7720 | Відходи | 1273,8 |
| | | Втрати | 17 |
| Всього | 8492 | Всього | 8492 |

4. Матеріальний баланс стадії фільтрування

На стадії фільтрування втрати сировини дорівнюють 0,1%. Дані наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс стадії фільтрування

| Прихід | | Витрати | |
|---------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Екстракт | 7201,2 | Профільтрований екстракт | 720,1 |
| | | Залишки розчинника | 2729,3 |
| | | Відходи | 3744,6 |
| | | Втрати | 7,2 |
| Всього | 7201,2 | Всього | 7201,2 |

5. Матеріальний баланс стадії концентрування

На п'ятій стадії отримують концентрований екстракт. Втрати складають 2%. Дані наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс стадії концентрування

| Прихід | | Витрати | |
|--------------------------|----------|-------------------------|----------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Профільтрований екстракт | 720,1 | Концентрований екстракт | 36 |
| | | Пари розчинника | 561,7 |

| Прихід | | Витрати | |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| | | Відходи | 108 |
| | | Втрати | 14,4 |
| Всього | 720,1 | Всього | 720,1 |

6. Матеріальний баланс стадії сушіння

На стадію сушіння надходить концентрат із вмістом вологості 30%, залишкова вологість складатиме 10%. Втрати сировини дорівнюють 5%. У таблиці 2.6 наведені дані.

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс стадії сушіння

| Прихід | | Витрати | |
|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Концентрований екстракт | 36 | Порошкоподібний барвник | 18 |
| | | Пари розчинника | 13,7 |
| | | Відходи | 2,5 |
| | | Втрати | 1,8 |
| Всього | 36 | Всього | 36 |

7. Матеріальний баланс стадії подрібнення

На даній стадії відбувається подрібнення порошку на більш дрібну фракцію. Втрати сировини – 0,5%. Дані наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс стадії подрібнення

| Прихід | | Витрати | |
|-------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Порошкоподібний барвник | 18 | Подрібнений порошок | 17,5 |
| | | Відходи | 0,41 |
| | | Втрати | 0,09 |
| Всього | 18 | Всього | 18 |

8. Матеріальний баланс стадії фасування

При фасуванні барвника втрати складають 0,5%. Дані цієї стадії наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс стадії фасування

| Прихід | | Витрати | |
|---------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Подрібнений порошок | 17,5 | Готовий продукт | 17 |
| | | Відходи | 0,41 |
| | | Втрати | 0,09 |
| Всього | 17,5 | Всього | 17,5 |

Загальний матеріальний баланс виробництва харчового барвника E163 з 1000 кг малини наведений у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Зведена таблиця матеріального балансу виробництва харчового барвника E163

| Прихід | | Витрати | |
|------------|----------|---------------------------------|----------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| Малина | 1000 | Готовий продукт | 17 |
| Екстрагент | 7720 | Втрати на стадії миття | 50 |
| | | Втрати на стадії подрібнення | 4 |
| | | Втрати на стадії екстракції | 17 |
| | | Втрати на стадії фільтрування | 7,2 |
| | | Втрати на стадії концентрування | 14,4 |
| | | Втрати на стадії сушіння | 1,8 |
| | | Втрати на стадії подрібнення | 0,09 |
| | | Втрати на стадії фасування | 0,09 |
| | | Залишки розчинника | 2729,3 |

| Прихід | | Витрати | |
|---------------|-------------|-----------------|-------------|
| Речовина | Маса, кг | Речовина | Маса, кг |
| | | Пари розчинника | 575,4 |
| | | Відходи | 5303,72 |
| Всього | 8720 | Всього | 8720 |

2.4 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

На основі матеріального балансу та розробленої принципової технологічної схеми для реалізації виробництва харчового барвника E163 з малини звичайної було підібрано основне технологічне обладнання.

Барботажна мийна машина призначена для промислового миття та очищення від забруднень різних овочів, фруктів та зелені. Принцип дії: сировина подається безперервно у заповнену водою ванну, первинно промивається за рахунок нагнітання повітря насосом. Остаточне промивання відбувається на стрічці транспортера, де сировина омивається водою під тиском, після чого звідси очищена сировина потрапляє далі на лінію. Зовнішній вигляд барботажної мийної машини для нетонучого продукту українського виробника KONSORT наведено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 Барботажна мийна машина KONSORT

Валкова дробарка є установкою для дроблення матеріалів, принцип дії якої полягає у тому, що матеріали подаються між валками, які обертаються у протилежних напрямках і за рахунок руху валків та тиску між ними продукт подрібнюється на менші частинки. Зовнішній вигляд валкової дробарки ДВГ 200х125 продемонстровано на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 Валкова дробарка ДВГ 200х125

Екстрактор – обладнання призначене для вилучення певних речовин з рідини, газу або твердої речовини шляхом екстрагування. Цей процес полягає в тому, що розчинник (екстрагент) взаємодіє з субстратом, розчиняючи певні цінні компоненти, які далі можна вилучити з розчинника. Принцип дії: сировину завантажують до екстрактору, де заливають екстрагентом за певної температури і тиску та протягом певного часу, що відповідає технологічному режиму конкретної технології.

На рисунку 2.8 зображений екстрактор компанії Wenzhou Jinbang Light Ind Machinery Co., Ltd.



Рисунок 2.8 Екстрактор Wenzhou Jinbang Light Ind Machinery Co.,
Ltd.

Дане обладнання оснащено не СІР-системою, термометром та манометром, оглядовим вікном. Внутрішній циліндр обладнання виготовлений з нержавіючої сталі марок SS304 і SS316L.

Пластинчастий теплообмінник – пристрій призначений для передачі тепла від одного середовища до іншого за допомогою тонких пластин. Принцип дії такого теплообмінника наступний: теплоносії надходять у канали, які являють собою герметичний простір, утворений двома пластинами. Розподілення кожного теплоносія по відповідних каналах забезпечується гумовими прокладками. Теплопередача відбувається через стінки гофрованих пластин від гарячого теплоносія до холодного.

На рисунку 2.9 зображено пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA GX(7) виробника ОПЕКС.



Рисунок 2.9 Пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA GX(7)

Рамний фільтр-прес є різновидом фільтр-преса, який використовується для відділення твердих речовин від рідини у процесі фільтрації. Фільтрування суспензії відбувається під дією тиску, вона подається у камеру всередині рам, рідка фаза проходить через фільтрувальну перегородку, в той час як осад залишається у камері і після заповнення промивається при зупинці подачі суспензії. Далі осад продувається стисненим повітрям і вивантажується після відкриття рам.

На рисунку 2.10 показано зовнішній вигляд рамного фільтр-преса Colombo 36 виробника ROVER POMPE.



Рисунок 2.10 Рамний фільтр-прес Colombo 36 ROVER POMPE

Вакуум-випарна установка призначена для концентрування рідких розчинів нелетких речовин, упарювання екстракційних розчинів, включаючи спиртовмісні. Принцип роботи вакуум-випарної установки

ґрунтується на частковому видаленні розчинника при кипінні рідини в умовах вакууму.

Вакуум-випарна установка ВВУ-500 вітчизняного виробника ТМ “ПРОМВІТ” наведена на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 Вакуум-випарна установка ВВУ-500

Розпилювальна сушарка призначена для отримання сухих порошкоподібних або гранульованих матеріалів з рідких розчинів або суспензій. Принцип дії розпилювальної сушарки базується на процесі розпилення рідини або розчину на дрібні краплі, які потім піддаються випаровуванню, щоб утворити сухий порошок або гранули.

Розпилювальна сушарка LPG-25 Changzhou General Equipment Technology Co, Ltd. (GETC) (наведена на рисунку 2.12) має максимальну продуктивність по випареній волозі 25 кг/год, може працювати в автоматичному режимі і забезпечує високу якість отриманого продукту.



Рисунок 2.12 Розпилювальна сушарка LPG-25 GETC

Кульовий млин (зображений на рисунку 2.13) призначений для розмелювання твердих матеріалів за допомогою використання твердих куль. Основним компонентом цього обладнання є барабан, який, як правило, має циліндричну форму, усередині якого частково розміщують тверді кулі. Процес розмелювання твердих матеріалів відбувається завдяки руху куль всередині барабана. Кульовий млин має спеціальний отвір для завантаження і вивантаження матеріалу в процесі роботи.



Рисунок 2.13 Кульовий млин

Фасування порошкоподібного продукту відбувається у пакети “саше” розміром 15x20 см автоматом фасування в готові пакети ADM-ZP виробника NHM Limited (наведений на рисунку 2.14).



Рисунок 2.14 Автомат фасування в готові пакети ADM-ZP NHM Limited

Принцип роботи такого автомату: оператор розміщує готові пакети у накопичувачі, після чого машина автоматично витягує порожній пакет із накопичувача, розкриває його, наповнює продуктом, при необхідності наносить дату на горизонтальний шов пакету, та здійснює запайку пакета.

Основні параметри основного технологічного обладнання наведені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Основне технологічне обладнання

| Обладнання | Основні параметри |
|------------------------------------|---|
| Мийна барботажна машина Konsort | Продуктивність: 1 т/год; обсяг води: 1м ³ |
| Валкова дробарка ДВГ 200х125 | Продуктивність: до 600 кг/год; розміри вхідного матеріалу: до 12 мм, вихідного – 0,5 мм і більше; габаритні розміри: 680×400×950 мм |

| Обладнання | Основні параметри |
|---|---|
| Екстрактор Wenzhou Jinbang Light Ind Machinery Co., Ltd | Об'єм: 5 000 л; температура: 90°C; тиск: 7 МПа |
| Пластинчастий теплообмінник THERMAKS PTA (GX)-7 ОПЕКС | Робоча температура: -10 – 180°C; тиск: 0,6 МПа – 2,5 МПа |
| Насос Н-2 | Продуктивність: 1-2 м ³ /год |
| Рамний фільтр-прес Colombo 36 Rover Pompe | Продуктивність: 1,55 м ³ /год; потужність: 0,6 кВт; габаритні розміри: 1000×270×800 мм |
| Вакуум-випарна установка ВВУ-500 ПРОМВІТ | Робочий об'єм: 500 л; температура: 20– 100°C; робочий тиск: - 0,09 МПа до +0,07 МПа; габаритні розміри: 2052×1360×2400 мм |
| Розпилювальна сушарка LPG-25 GETC | Продуктивність: 25 кг/год; габаритні розміри: 3000 × 2700 × 4260 мм |
| Кульовий млин | Продуктивність 0,4-1,9 т/год; потужність електродвигуна: 30 кВт; внутрішній діаметр барабана: 1200 мм; довжина барабана: 1300 мм; |
| Автомат фасування ADM-ZP NHM Limited | Продуктивність 20 пакетів за хвилину; споживана потужність: 2 кВт |

Розрахунок основних параметрів розпилювальної сушарки

Вихідні дані:

- Продуктивність W , кг/ год випарної вологи – 12;
- Початкова вологість продукту w_1 , % – 40.
- Кінцева вологість продукту w_2 , % – 4.

Згідно з рівнянням матеріального балансу сухих речовин визначають продуктивність сушарки та кількість видаленої вологи. Продуктивність сушарки, позначена як G_2 кг/год, для висушеного матеріалу розраховується, базуючись на відомій початковій масі матеріалу G_1 кг/год за формулою 2.2:

$$G_2 = G_1 \frac{100-w_1}{100-w_2} \quad (2.2)$$

Розрахунок продуктивності:

$$G_2 = G_1 \frac{100 - w_1}{100 - w_2} = 36 \frac{100 - 40}{100 - 10} = 24 \text{ кг/год}$$

$$G_1 = G_2 \frac{100 - w_2}{100 - w_1} = 24 \frac{100 - 10}{100 - 40} = 36 \text{ кг/год}$$

Кількість випареної вологи розраховують за рівняннями 2.3, 2.4, 2.5:

$$W = G_1 - G_2 \quad (2.3)$$

$$W = G_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} \quad (2.4)$$

$$W = G_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \quad (2.5)$$

$W = G_1 - G_2 = 36 - 24 = 12$ кг/год – продуктивність сушарки

$$W = G_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = 36 \frac{40 - 10}{100 - 10} = 12 \text{ кг/год}$$

$$W = G_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} = 24 \frac{40 - 10}{100 - 40} = 12 \text{ кг/год}$$

Розрахунок основних параметрів вологого повітря

Потрібно володіти інформацією про основні параметри вологого повітря, як-от: температура t , відносна вологість φ , питомий вологовміст x і ентальпія I для забезпечення необхідного режиму сушіння.

Стан вологого повітря в області із відносною вологістю φ менше 100%, може визначатись будь-якими двома наступними параметрами: ентальпією, питомим вологовмістом, температурою або відносною вологістю.

Питомий вологовміст повітря розраховують за формулою 2.6:

$$x = 0,622 \times \frac{\varphi \times P_H}{B - \varphi \times P_H} \quad (2.6)$$

де 0,622 – відношення мольних мас водяної пари і повітря;

P_H – тиск водяної пари за певної температури повітря, Па;

B – барометричний тиск повітря, Па (99,1 кПа).

$$x = 0,622 \frac{\varphi P_H}{B - P_H} = 0,622 \frac{0,7 \times 2,1}{99,1 - 0,7 \times 2,1} = 0,009 \text{ кДж/кг}$$

$$x_2 = 0,622 \frac{0,4 \times 40}{99,1 - 0,4 \times 40} = 0,119 \text{ кДж/кг}$$

Питома ентальпія перегрітої пари i_n , кДж/кг знаходять за наступною формулою 2.7:

$$i_n = r_0 + C_n t, \quad (2.7)$$

де r_0 – питома теплота пароутворення води, кДж/кг,

C_n – середня питома теплоємність водяної пари, кДж / (кг×К).

$$i_{n1} = r_0 + C_n t = 2452 + 4,181 \times 18 = 2527,3 \text{ кДж/ кг};$$

$$i_{n2} = r_0 + C_n t = 2333 + 4,188 \times 65 = 2605,22 \text{ кДж/ кг};$$

Ентальпію вологого повітря I , кДж/кг визначають за формулю 2.8:

$$I = C_{c.n} t + x i_n, \quad (2.8)$$

де $C_{c.n}$ – середня питома теплоємність сухого повітря кДж / (кг×К) (при температурі $< 200^\circ$ $C_{c.n} = 1,004$ кДж/ (кг×К);

t – температура вологого повітря,

x – питомий вологовміст повітря, кг/кг;

$i_{\text{п}}$ – питома ентальпія перегрітої пари, кДж/кг.

$$I_1 = C_{\text{с.п.}} \cdot t + x_{\text{ип}} = 1,004 \times 18 + 0,009 \times 2527,2 = 40,82 \text{ кДж/кг}$$

$$I_2 = C_{\text{с.п.}} \cdot t + x_{\text{ип}} = 1,004 \times 65 + 0,119 \times 2605,22 = 375,3 \text{ кДж/кг}$$

Розрахунок витрат повітря в сушарці

Витрати абсолютно сухого повітря L у сушарці розраховують з використанням рівняння матеріального балансу:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (2.9)$$

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} = \frac{12}{0,119 - 0,009} = 109 \text{ кг/год}$$

Питому витрату абсолютно сухого повітря l – кількість повітря, витраченого на випаровування 1 кг води знаходять за формулою 2.10:

$$l = \frac{L}{W} \quad (2.10)$$

$$l = \frac{L}{W} = \frac{109}{12} = 9,08 \text{ кг/год}$$

Розрахунок об'ємної витрати вологого повітря здійснюють за формулою 2.11:

$$V = L v_{\text{п}}, \quad (2.11)$$

де $v_{\text{п}}$ – питомий об'єм вологого повітря, який припадає на 1 кг абсолютно сухого повітря, м³/кг (формула 2.12);

$$v_{\text{п}} = \frac{R_{\text{п}} \times T}{B - \varphi P_{\text{н}}} \quad (2.12)$$

де $R_{\text{п}}$ - газова стала, Дж/ (кг×К), ($R_{\text{п}} = 287$ Дж/ (кг×К) для повітря),

T – абсолютна температура повітря, К.

$$v_{\text{п}} = \frac{R_{\text{п}} \times T}{B - \varphi P_{\text{н}}} = \frac{0,287 \times 291}{99,1 - 0,7 \times 2,1} = 0,855 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V = L \times v_{\text{п}} = 109 \times 0,855 = 93 \text{ м}^3/\text{год}$$

Геометричний розрахунок сушильної камери

Визначають внутрішній об'єм сушильної камери при напруженні її $A = 4 \text{ кг/м}^3$:

$$V = \frac{W}{A} = \frac{12}{4} = 3 \text{ м}^3$$

Приймаючи відношення висоти камери до її діаметра $K = 1,15$, розраховують діаметр камери:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{\frac{\pi}{4}K}} = \sqrt[3]{\frac{3}{\frac{\pi}{4} \times 1,15}} = 1,5 \text{ м}$$

Необхідний діаметр сушильної камери визначають з питомої й об'ємної витрат повітря, що розраховують за формулами, за відомих параметрів повітря на вході в сушильну камеру і виході з неї.

Переріз сушильної камери:

$$F_k = \frac{V}{3600v} = \frac{93}{3600 \times 0,04} = 0,6 \text{ м}^2$$

де v - задана швидкість повітря в сушильній камері, м/с (зазвичай $v = 0,2 \dots 0,5 \text{ м/с}$)

Розрахуємо швидкість повітря за емпіричною формулою:

$$v = 0,0127 \sqrt{W} = 0,0127 \sqrt{12} = 0,04 \text{ м/с,}$$

де W – кількість випарованої вологи, кг/год.

Тоді діаметр камери:

$$D_k = \sqrt{\frac{4F_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,6}{3,14}} = 0,9 \text{ м}$$

Висота сушильної камери при геометричному коефіцієнті $K=2$:

$$H_k = 1,5 \times 2 = 3$$

Висота конічної частини сушильної камери:

$$H_{\text{кон}} = 0,4 \times H_k = 0,4 \times 3 = 1,2$$

Висота циліндричної частини сушильної камери:

$$H_{\text{ц}} = H_k - H_{\text{кон}} = 3 - 1,2 = 1,8$$

На рисунку 2.15 представлено накреслений загальний вид розпилювальної сушарки, що відповідає наведеним вище розрахункам.

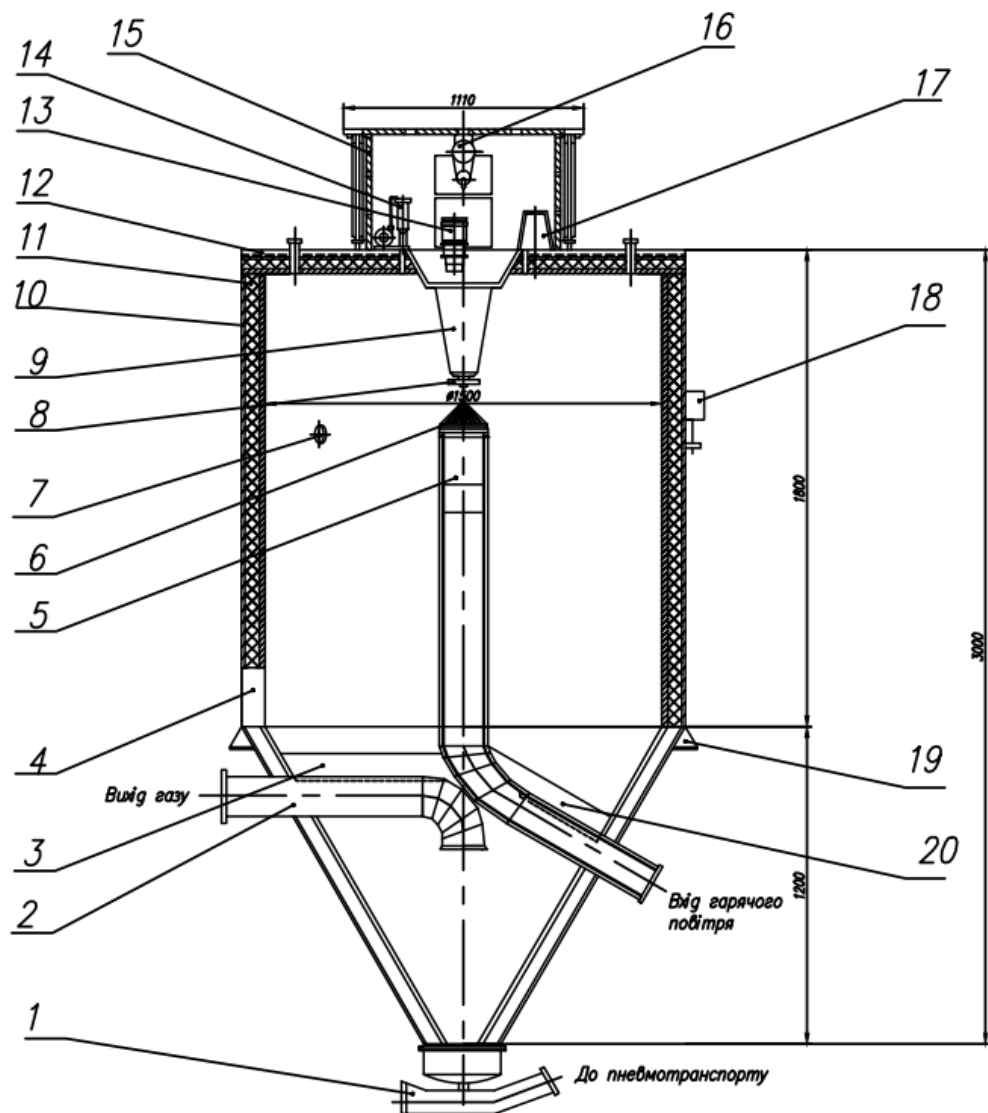


Рисунок 2.15 Загальний вид розпилювальної сушарки

1 – вивантажувач до пневмотранспорту, 2 – трубопровід відпрацьованого агента, 3 – захисний козирок, 4 – лаз, 5 – трубопровід сушильного агента, 6 – завихрююча головка, 7 – оглядове вікно, 8 – розпилюючий диск, 9 – відцентровий розпилюючий механізм, 10 – корпус, 11 – ізоляція, 12 – перекриття камери, 13 – електродвигун, 14 – масляний фільтр, 15 – шатер, 16 – електроталь, 17 – підставка, 18 – вібратор, 19 – опора сушильної камери, 20 – захисний козирок

2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми отримання антоціанового барвника

Відповідно до розробленої апаратурно-технологічної схеми, наведеної на рисунку 2.16, рослинну сировину миють в барботажній мийній машині 1, після чого кулачковим насосом 2 вона надходить до валкової дробарки 3, у якій ягоди подрібнюються до розміру частинок $d=0,5$ мм. Після подрібнення ягоди подаються насосом 4 до екстрактора 7.

У реакторі-змішувачі 5 відбувається змішування дистильованої води та етилового спирту з метою отримання 50%-го розчину етилового спирту, який далі подається відцентровим насосом 6 у екстрактор 7.

В екстракторах попередньо подрібнені ягоди заливають підкисленим 50%-им розчином етилового спирту згідно зі співвідношенням сировини до розчинника 1:10. Екстракцію проводять за температури 90°C та тиску 7 МПа протягом 15 хвилин. У результаті процесу непотрібний надалі шрот відділяють та направляють на утилізацію.

Екстракт відцентровим насосом 8 перекачують у збірник 9 для накопичення, після чого охолоджують, пропускаючи через пластинчастий теплообмінник 11, та подають насосом 12 на рамний фільтр-прес 13. Домішки в результаті фільтрації видаляються, а отриманий фільтрат відцентровим насосом 14 направляється у вакуум-випарний апарат 15 з метою концентрування. Далі концентрат надходить у розпилювальну сушарку 17 з метою видалення зайвої вологи за температури 80°C та тиску 0,1 МПа. Отриманий продукт з концентрацією сухих речовин 90% надходить на вібросита 18 для струшування, а далі подається шнековим транспортером 19 на кульовий млин 20, де подрібнюється до розміру частинок $d=0,2$ мм.

Шнековим транспортером 21 порошок направляється на автомат фасування 22, де його фасують у пакети “саше”. Після цього готовий продукт направляється на склад.

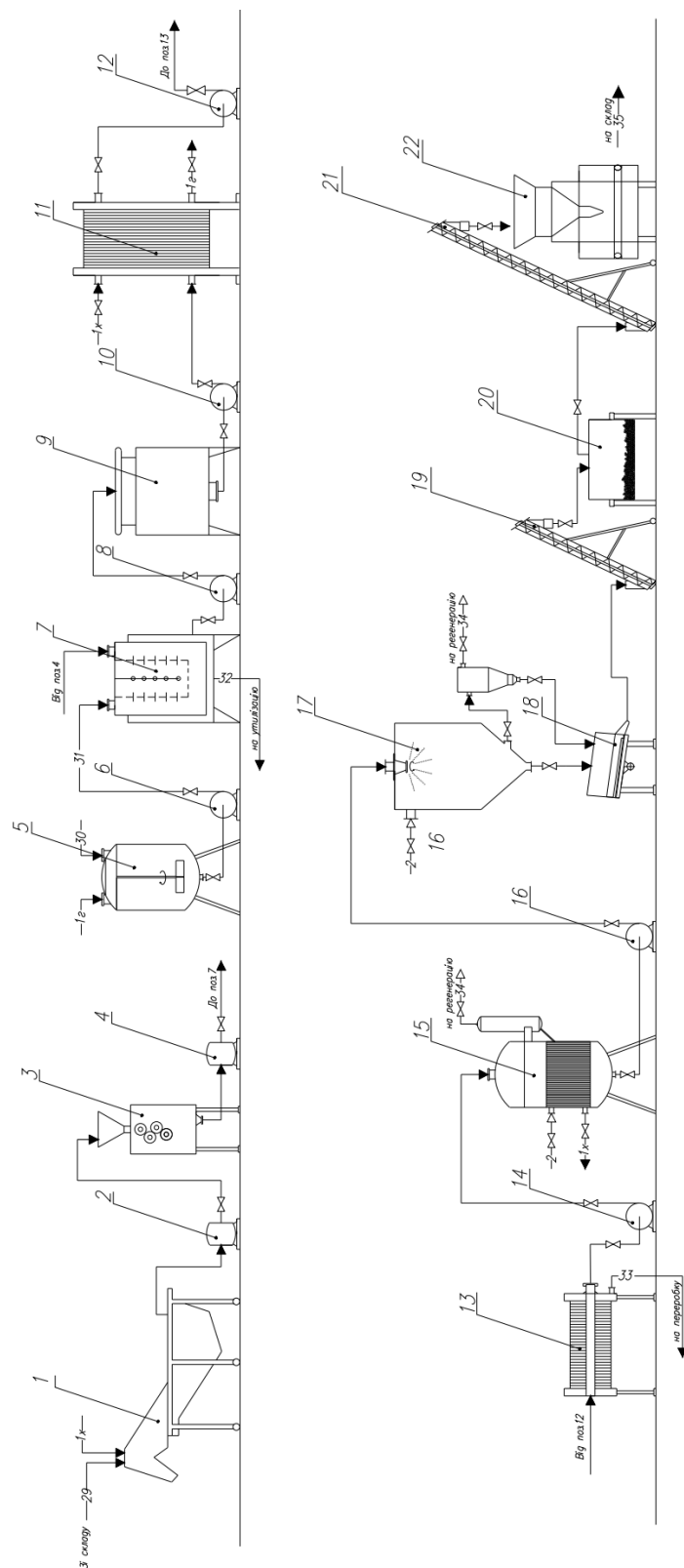


Рисунок 2.16 Апаратурно-технологічна схема виробництва антоціанового барвника з малини методом прискореної екстракції

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Доцільність виробництва харчового барвника Е163 з малини визначають розраховуючи його собівартість.

Потреба в сировині та основних матеріалах на 100 кг виробництва харчового барвника Е163 наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Потреба в сировині та основних матеріалах

| Сировина та матеріали | Одиниця виміру | Норми витрат на 100 кг | Ціна, грн | Сума, грн/100 кг |
|-----------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------|
| Малина | кг | 8278 | 50 | 413 900 |
| Етиловий спирт | л | 33 983 | 45 | 1 529 236 |
| Дистильована вода | л | 29 924 | 1,2 | 35 909 |
| Оцтова кислота | л | 320 | 56 | 17 920 |
| Всього | | 72 505 | | 1 996 965 |

Транспортно-заготівельні витрати на сировину й основні матеріали приймаються в розмірі 5% і складають 99 848 грн/кг. Отже, всього витрати становлять 2 096 813 грн/ 100 кг.

Барвник випускається у пакетах “саше” по 10 г, таким чином на 100 кг продукції припадає 10 000 шт. Витрати на допоміжні та пакувальні матеріали показані у таблиці 3.2.

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.053.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 53/79 |

Таблиця 3.2 – Допоміжні і пакувальні матеріали

| Сировина та матеріали | Одиниця виміру | Норми витрат на 100 кг | Ціна, грн | Сума, грн/100 кг |
|-----------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------|
| Пакет “саше” | шт | 10 000 | 1,00 | 10 000 |
| Етикетка | шт | 10 000 | 2,70 | 27 000 |
| Всього | | | | 37 000 |

Транспортно-заготівельні витрати на допоміжні та пакувальні матеріали приймаються у розмірі 5%, що складають 1850 грн/100 кг. Отже, всього витрати становлять 38 850 грн/ 100 кг.

В таблиці 3.3 наведені витрати енергоресурсів на одиницю продукції, які були розраховані, виходячи з норм витрати на одиницю продукції і вартості 1 кВт/год електроенергії та 1 м³ води.

Таблиця 3.3 – Енерговитрати

| Енергоресурс | Одиниця виміру | Норми витрат на 100 кг | Ціна, грн | Вартість, грн |
|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------|
| Електроенергія | кВт | 15 | 6,08 | 91 |
| Вода гаряча | м ³ | 2 | 141,22 | 283 |
| Вода холодна | м ³ | 8 | 14,22 | 114 |
| Всього | | | | 488 |

Планується, що за добу підприємство буде переробляти 60 кг.

Основна заробітна плата робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці наведена у таблиці 3.4. Тривалість зміни 8 год, кількість робочих днів 365. Ставка працівника 1-го тарифного розряду складає $8000/160=50$ грн/год грн, тарифний коефіцієнт працівника 2-го розряду складає 1,09, 4-го – 1,27.

Таблиця 3.4 – Основна заробітна плата робітників

| Професія | Кількість робітників на зміну | Тарифний розряд | Годинна тарифна ставка, грн | Тривалість зміни, год | Тарифний фонд заробітної плати, грн |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Інженер-технолог | 1 | IV | 63,5 | 8 | 185 420 |
| Апаратник | 1 | IV | 63,5 | 8 | 185 420 |
| Укладальник-пакувальник | 3 | II | 54,5 | 8 | 159 140 |
| Підсобний робітник | 1 | II | 54,5 | 8 | 159 140 |
| Всього | | | | | 1 025 920 |
| За 100 кг продукції | | | | | 4 685 |

У таблиці 3.5 наведені додаткова заробітна плата працівників та відрахування до ЄСВ. Додаткова заробітна плата приймається як 30% від основної заробітної плати, а відрахування ЄСВ приймається як 22% від основної заробітної плати.

Таблиця 3.5 – Додаткова заробітна плата робітників та відрахування до ЄСВ

| Показник | Відсоток, % | Сума, грн/100 кг |
|---|--------------------------|------------------|
| Додаткова заробітна плата | 30% від ОЗП | 1 406 |
| Загальний фонд заробітної плати (ОЗП+ДЗП) | | 6 091 |
| Відрахування до ЄСВ | 22% від загального фонду | 1 340 |

Витрати на утримання та обслуговування обладнання приймаються у розмірі 200 % від основної заробітної плати – 9 370 грн.

Витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції» приймаються у розмірі 10 % від основної заробітної плати – 469 грн.

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 300 % від основної заробітної плати працівників – 14 055 грн.

Отже, виробнича собівартість виробництва харчового барвника – 2 173 567 грн / 100 кг

Сума адміністративних витрат приймається як 2,5 % від виробничої собівартості – 54 339 грн.

Витрати на збут приймаються як 3% від виробничої собівартості – 65 207 грн.

Інші операційні витрати приймаються як 1% від виробничої собівартості – 21 736 грн.

Отже, повні витрати на виробництво харчового барвника становлять 2 314 849 грн.

Планова калькуляція харчового барвника наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Планова калькуляція харчового барвника

| Статті калькуляції | Витрати на 100 кг, грн |
|---|------------------------|
| Сировина та основні матеріали | 2 096 813 |
| Допоміжні та пакувальні матеріали | 38 850 |
| Енергетичні витрати | 488 |
| Основна заробітна плата робітників | 4 685 |
| Додаткова заробітна плата | 1 406 |
| Відрахування до ЄСВ | 1 340 |
| Витрати на утримання та експлуатацію устаткування | 9 370 |
| Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції | 469 |
| Загальновиробничі витрати | 14 055 |
| Виробнича собівартість | 2 173 567 |
| Адміністративні витрати | 54 339 |
| Витрати на збут | 65 207 |
| Інші операційні витрати | 21 736 |
| Повні витрати | 2 314 849 |

Враховуючи, що з 100 кг барвника виходить 10 000 пакетів «саше» готового продукту, то собівартість 1 шт складе 231,5 грн.

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

В Україні натуральні харчові барвники повинні відповідати вимогам ДСТУ 3845-99 “Барвники харчові натуральні. Технічні умови”, виготовляться за технологічними інструкціями та рецептурами, затвердженими за встановленим порядком, із додержанням санітарних правил, затверджених Міністерством охорони здоров’я [78].

За органолептичними показниками порошкоподібний барвник повинен відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Органолептичні показники порошкоподібного барвника

| Назва показника | Характеристика | Метод контролю |
|------------------|---|----------------|
| Зовнішній вигляд | Сухий, сипкий порошок. Допускається незначна кількість грудочок, які розсипаються в разі легкого натискання чи іншого легкого механічного впливу | ДСТУ 7662:2014 |
| Колір | Червоний або темно-червоний | ДСТУ 7662:2014 |
| Смак | Кислий або слабокислий, терпкуватий, солодкуватий, без стороннього присмаку | ДСТУ 7662:2014 |

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.059.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 59/79 |

| Назва показника | Характеристика | Метод контролю |
|-----------------|--|----------------|
| Запах | Притаманний аромату застосованої сировини, без стороннього запаху. | ДСТУ 7662:2014 |

За фізико-хімічними показниками порошкоподібні барвники повинні відповідати нормам, наведеним в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Фізико-хімічні показники порошкоподібних барвників

| Назва показника | Норма | Метод контролю |
|---|-----------------|------------------------|
| Масова концентрація фарбувальних речовин, г/кг, не менше: | 30,0 | Пункт 9.4 ДСТУ 3845-99 |
| Масова частка вологи, %, не більше: | 8,0 | ДСТУ 8004:2015 |
| pH, не більше: | 4,5 | ДСТУ 4941:2008 |
| Розчинність у воді: | Повна | ДСТУ 4941:2008 |
| Мінеральні домішки | Не допускаються | ДСТУ 4913:2008 |
| Домішки рослинного походження | Не допускаються | ДСТУ 4912:2008 |
| Сторонні домішки | Не допускаються | ДСТУ 5020:2008 |

За мікробіологічними показниками порошкоподібний барвник повинен відповідати вимогам, що зазначені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Мікробіологічні показники порошкоподібних барвників

| Назва показника | Допустима кількість мікробних клітин | Метод контролю |
|---|--------------------------------------|----------------------------|
| Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, не більше | 5×10^5 | ДСТУ 8446:2015 |
| Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,01 г | Не допускаються | ДСТУ 7661:2014 |
| Патогенні мікроорганізми, в т.ч. бактерії роду Сальмонела, в 25 г | Не допускаються | Пункт 9.5.3.2 ДСТУ 3845-99 |
| Плісневі гриби, КУО в 1 г | Не допускаються | ДСТУ 8446:2015 |
| <i>Vacillus cereus</i> , КУО в 1 г, не більше | 1×10^3 | ДСТУ 8040:2015 |

Зовнішній вигляд порошкоподібного барвника має відповідати вигляду сухого дрібно-розсипчастого порошку. Допускається наявність незначної кількості грудочок, які розсипаються при легкому натисканні чи іншому м'якому механічному впливі. У готовому продукті масова частка вологи повинна становити не більше 5%.

Порошкоподібні барвники пакують в пакети згідно з ДСТУ 7275:2012, ДСТУ 4269 чи мішки згідно з ДСТУ 7796:2015 масою від 1 до 5 кг, проте допускається пакування барвників згідно з чинною нормативною документацією у тару інших видів, виготовлену з матеріалів, що забезпечують збереження якості продукції і дозволені Міністерством

охорони здоров'я України для контакту з харчовими продуктами. Допустимі відхилення маси окремих пакувальних одиниць порошкоподібного барвника не повинні перевищувати $\pm 0,3 \%$.

Маркування порошкоподібних барвників здійснюється відповідно до вимог ГОСТ 24508. На етикетках додатково повинно бути зазначено сировину (свіжу чи сульфітовану), з якої виготовлено барвник та знак відповідності – згідно з ДСТУ 2296 (для сертифікованої продукції) українською мовою.

Відповідно до розробленої технології, порошкоподібна форма антоціанів, виготовлена з малини, має задовольняти всім зазначеним вимогам та відповідати чинному 3845-99 “Барвники харчові натуральні. Технічні умови”, що підтвердить належну якість готового продукту.

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці на підприємстві

Охорона праці на виробництвах харчових добавок грає важливу роль у забезпеченні безпеки і здоров'я працівників, а також якості виготовлених продуктів.

Попередньо варто ідентифікувати всі можливі ризики, пов'язані з виробництвом харчових добавок. Це може включати в себе контакт з хімічними речовинами, роботу з обладнанням, а також різноманітні фактори, як-от температура та вентиляція. Інструктажі з охорони праці мають пройти усі працівники виробництва [78].

Умови щодо безпеки праці на виробництві повинні відповідати вимогам ДСТУ 3845-99. Барвники натуральні харчові. Технічні умови.

Технологічне устаткування щодо безпеки повинне відповідати вимогам ДСТУ 3235-95. Устаткування овоче- та фруктопереробної промисловості. Вимоги безпеки [79].

Конструкція устаткування повинна відповідати:

- вимогам пожежної безпеки згідно з ДСТУ 8828:2019, ДСТУ 2272-93;
- вимогам вибухобезпеки згідно з ДСТУ EN 60079-0:2017;
- ергономічним вимогам згідно з ДСТУ 7234:2011;
- загальним вимогам до конструкції згідно з ДСТУ prEN 1672-1-2001.

Санітарний режим виробництва барвників повинен відповідати чинним галузевим санітарним правилам, вимогам безпеки, встановленим “Санітарними правилами для підприємств, які виробляють овоче-фруктові консерви, сушені овочі, фрукти і картоплю, квашену капусту і солоні овочі”, “Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії у виноробній промисловості”, “Санітарним правилам для підприємств

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.063.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 63/79 |

харчоконцентратної промисловості”, №1408 [78].

В процесі виробництва харчового барвника Е163 з малини, як екстрагент використовується водний розчин етилового спирту, який є легкозаймистою рідиною, відповідно, на виробництві мають дотримуватись вимог безпеки при роботі з горючими та легкозаймистими рідинами, що відноситься до роботи з підвищеною небезпекою (відповідно до п.п. 10, 28, 31,32, 36 Переліку робіт з підвищеною небезпекою, затв. Наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.05 №15).

- З метою запобігання вибухів та пожеж на виробництвах, де використовуються легкозаймісті рідини як сировина, необхідно дотримуватися встановлених норм технологічного режиму, не перевищувати гранично допустимі значення температури та тиску, постійно контролювати герметичність обладнання, уникати витоків газів та розливання рідин, а також забезпечувати належний стан та ефективність протиаварійного устаткування та контрольно-вимірювальних приладів.
- Для транспортування легкозаймистих рідин рекомендується використовувати безшовні насоси, а також насоси з торцевим ущільненням або іншими типами ущільнювальних пристроїв, які мають підвищену надійність.
- Під час експлуатації насосів, призначених для транспортування легкозаймистих рідин, необхідно забезпечувати безперебійну функціонування системи припливно-витяжної вентиляції. Під час роботи насосу обов'язково треба уникати витоків рідини через ущільнюючі сальники. Якщо виявлено протікання через сальник, насос слід зупинити, знизити тиск рідини до атмосферного рівня, а потім виконати заміну або підтягнення набивки сальникового ущільнення. При працюючому насосі підтягувати сальники заборонено.

- Необхідно забезпечувати постійний контроль якості повітря в приміщенні, де проводяться операції з перекачування легкозаймистих рідин.

Повітря робочої зони повинно відповідати вимогам ДСТУ EN 689:2019. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони підлягає системному контролю для попередження можливості перевищення гранично допустимих концентрацій.

Пожежна безпека досягається за допомогою технічних і організаційних заходів. Технічні заходи включають дотримання пожежних вимог і норм при влаштуванні споруд, реалізація автоматичної пожежної сигналізації, систем пожежного водопостачання й автоматичного гасіння пожежі; забезпечення функціональності систем вентиляції, обладнання, опалення в справному стані; належна організація праці на робочому місці з використанням приладів, інструментів та технологічних установок, що можуть створювати пожежну небезпеку.

Організаційні заходи полягають у розробленні інструктажів протипожежної безпеки, організації навчання робітників та контролі за дотриманням протипожежного режиму.

Згідно зі статтею 164 Кодексу законів про працю, за небезпечних або шкідливих умов праці, а також при роботі за несприятливої температури або в умовах забруднення, роботодавець повинен надавати спеціальне взуття, одяг й інші засоби індивідуального захисту та нейтралізуючі засоби безкоштовно.

5.2 Охорона навколишнього середовища на виробництві

Охорона навколишнього середовища на підприємстві визначається комплексом заходів, спрямованих на запобігання негативному впливу діяльності підприємства на природне середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці.

На підприємстві мають вживатись заходи для охорони довкілля, які включають виявлення, оцінку, постійний контроль та обмеження викидів шкідливих речовин у атмосферу, а також розробку нормативно-правових актів та комплексу заходів з охорони природи.

Стічні води. Стічні води, утворені під час виробництва барвників, повинні очищатися і відповідати вимогам СанПіН 4630.

Стічні води можуть містити забруднюючі речовини, зокрема хімічного походження, які надходять у воду при контакті з водою, засобами для миття обладнання тощо. Згідно з Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, до систем централізованого водовідведення приймаються лише стічні води, які не спричиняють порушень у роботі каналізаційних мереж та очисних споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації та можуть бути піддані очищенню на каналізаційних очисних спорудах виробників.

Так стічні води не повинні містити горючі домішки і розчинені гази, які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, відходи, сміття, ґрунт, пісок, вапно та інші матеріали, що можуть призводити до засмічення трубопроводів або колодязів чи відкладатися на їх внутрішніх поверхнях, неорганічні речовини або такі, що не піддаються біологічній деструкції. Крім того, у стічних водах, які надходять у систему централізованого водовідведення, мають бути відсутні небезпечні забруднення, як-от бактеріальні, вірусні, токсичні та радіоактивні.

На підприємстві стічні води попередньо очищаються та піддаються регенерації у випарних апаратах, відходи після якої є не шкідливими для довкілля. Встановлення ефективних систем очищення стічних вод від хімічних забруднень перед їх виливанням в каналізаційну систему або водойму допомагає запобігти забрудненню ґрунту через стічні води. Охорона ґрунту від забруднення промисловими відходами здійснюється відповідно до вимог СанПіН 42 – 128 – 4690.

Атмосферне повітря. Охорона атмосферного повітря населених місць здійснюється відповідно до ДСП 201 та ДСТУ 4277:2004.

Газоподібні викиди перед викидом у атмосферу мають пройти очистку. Такі викиди не повинні перевищувати гранично допустимі, що встановлюються для кожного джерела забруднення атмосфери, враховуючи перспективу розвитку промислових підприємств і відсутність ймовірності утворення високих концентрацій шкідливих речовин, що перевищать гранично допустимі для населення, за умови розсіювання цих речовин у атмосфері.

Для попередження та ефективного зниження викидів шкідливих речовин, які мають організований чи неорганізований характер, рекомендується використовувати передові технології, методи очищення та інші технічні засоби згідно із встановленими санітарними нормами для проектування промислових підприємств.

Лише за наявності відповідного дозволу згідно з положеннями статті 11 Закону України "Про охорону атмосферного повітря" допускаються викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря. Цей дозвіл може бути отриманий підприємством за дотримання вимог до технологічних процесів, що стосуються обмежень викидів забруднюючих речовин та встановлених нормативів щодо допустимих викидів забруднюючих речовин.

Після проведення екстракції в рамках виробництва харчового барвника E163 з малини в якості відходів є розчинник з певним вмістом антоціанів, що може бути використаний у подальших процесах, та непотрібний в даному випадку шрот, який утилізують, відправляючи на інші виробництва, де він може бути використаний для виробництва корму для тварин, добрив, біопалива та біологічно активних добавок (флавоноїди, вітамін С).

Крім того, завдяки використанню есо-friendly розчинника – водного розчину етилового спирту – технологія не несе шкоди довкіллю.

Розроблена технологія має потенціал, адже дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та досягти більш раціонального підходу до виробництва харчових барвників.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу науково літератури було досліджено антоціани, розглянуто особливості їх будови, фізико-хімічні властивості та широкий спектр біологічних властивостей, галузі застосування антоціанів і стан сировинної бази. Проаналізовано основні технології виробництва антоціанового барвника з рослинної сировини.
2. Запропоновано шляхи удосконалення технології отримання антоціанового барвника з малини звичайної методом прискореної рідинної екстракції. В результаті розрахунку матеріального балансу показано, що з 1000 кг малини можна отримати 17 кг порошкоподібного антоціанового барвника. На основі отриманих даних було здійснено підбір основного обладнання, розраховано параметри розпилювальної сушарки з урахуванням потрібних характеристик, розроблено принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми отримання антоціанового барвника.
3. Розраховано економічну ефективність виробництва, в результаті якої собівартість 1-го пакету вагою 10 г антоціанового барвника складає 231,5 грн.
4. Запропоновано організацію контролю якості готової продукції та наведено її показники якості та безпечності відповідно до вимог чинної нормативної документації.
5. Наведено заходи з охорони праці та навколишнього середовища, враховуючи вірогідні джерела забруднень розробленої технології.

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|---------------------------------|----------------------------|------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | | Статус документа | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ | | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.069.КР.ПЗ | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alappat B., Alappat J. Anthocyanin Pigments: Beyond Aesthetics. *Molecules*. 2020. Vol. 25. № 23. 5500.
2. Sigurdson G.T., Tang P., Giusti M.M. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. *Annual review of food science and technology*. 2017. Vol. 8. Pp. 261-280.
3. Vega E.N., Ciudad-Mulero M., Fernández-Ruiz V., Barros L., Morales P. Natural Sources of Food Colorants as Potential Substitutes for Artificial Additives. *Foods*. 2023. Vol. 12. № 22. 4102
4. Khoo H. E., Azlan A., Tang S. T., Lim S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*. 2017. Vol. 61. №1. 1361779.
5. Watson R.R. (2017) *Nutrition and Functional Foods for Healthy Aging*, Elsevier, 367 p.
6. Wallace T.C., Giusti M.M. (2010). *Anthocyanins in Health and Disease*. CRC Press, 368 p.
7. Castañeda-Ovando A., de Lourdes Pacheco-Hernández M., Páez-Hernández E. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 13. № 4. Pp. 859–871.
8. Seeram N.P., Momin R.A., Nair M.G., Bourquin L.D. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. *Phytomedicine*. 2001. Vol. 8. № 5. Pp. 362-369.
9. Brooks M. S. L. and Celli G. B. (2019). *Anthocyanins from natural sources: exploiting targeted delivery for improved health*. Royal Society of Chemistry, 315 p.

| | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|---------------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ | Технічне узгодження Подобій О.В. | Вид документа Пояснювальна записка | Статус документа | | | |
| Власник документа НУХТ | Розробник документа Кузінська В.А. | Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.070.КР.ПЗ | | | |
| | Документ затверджено Носенко Т.Т. | | Інд. змін. | Дата видання 15.05.2024 | Мова ua | Аркуш 70/79 |

10. Cevallos-Casals B. A., Cisneros-Zevallos L. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003. Vol. 51. №11. Pp. 3313–3319.
11. Katsumoto Y., Fukuchi-Mizutani M., Fukui Y., Brugliera F. Engineering of the rose flavonoid biosynthetic pathway successfully generated blue-hued flowers accumulating delphinidin. *Plant & Cell Physiology*. 2007. Vol. 48. №11. Pp. 1589-1600.
12. Sasaki N., Nakayama T. Achievements and Perspectives in Biochemistry Concerning Anthocyanin Modification for Blue Flower Coloration. *Plant & Cell Physiology*. 2015. Vol. 56. Pp. 28–40.
13. Sharma A., Choi H.-K., Kim Y.-K., Lee H.-J. Delphinidin and Its Glycosides' War on Cancer: Preclinical Perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. №21. 11500.
14. Husain A., Chanana H., Khan S. A., Dhanalekshmi U. M., Chemistry and Pharmacological Actions of Delphinidin, a Dietary Purple Pigment in Anthocyanidin and Anthocyanin Forms. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. 746881.
15. Bąkowska-Barczak A. Acylated anthocyanins as stable, natural food colorants – A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. 2005. Vol. 55. №2. Pp.107–116.
16. Jaakola L. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. *Trends in Plant Science*. 2013. Vol. 18. №9. Pp. 477–483.
17. Merez-Sadowska A., Sitarek P., Kowalczyk T., Zajdel K. Food Anthocyanins: Malvidin and Its Glycosides as Promising Antioxidant and Anti-Inflammatory Agents with Potential Health Benefits. *Nutrients*. 2023. Vol. 15. №13. 3016.

18. Barnard H., Dooley A.N., Areshian G. Chemical evidence for wine production around 4000 BCE in the Late Chalcolithic Near Eastern highlands. *Journal of Archaeological Science*. 2011. Vol. 38. №5. Pp. 977–984.
19. Slimestad R., Solheim H. Anthocyanins from black currants (*Ribes nigrum L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. №11. Pp. 3228–3231.
20. Enaru B., Dreţcanu G., Pop T.D., Stănilă A., Diaconeasa Z. Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. №12. 1967.
21. Laleh G.H., Frydoonfar H., Heidary R., Jameei R., Zare S. The Effect of Light, Temperature, pH and Species on Stability of Anthocyanin Pigments in Four Berberis Species. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2005. Vol. 5. Pp. 90–92.
22. Mori K., Goto-Yamamoto N., Kitayama M. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany*. 2007. Vol. 58. №8. Pp. 1935–1945.
23. Hellström J., Mattila P., Karjalainen R. Stability of anthocyanins in berry juices stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013. Vol. 31. Pp. 12–19.
24. Amogne N.Y., Ayele D.W., Tsigie Y.A. Recent advances in anthocyanin dyes extracted from plants for dye sensitized solar cell. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. 2020. Vol. 9. 23.
25. Cavalcanti R.N., Santos D.T., Meireles M.A.A. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems—An overview. *Food Research International*. 2011. Vol. 44. Pp. 499–509.

26. Damodaran, S., & Parkin, K.L. (2017). Fennema's Food Chemistry (5th ed.). CRC Press, 1123 p.
27. Eiro M.J. and Heinonen M. Anthocyanin Color Behavior and Stability during Storage: Effect of Intermolecular Copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. №25. Pp. 7461-7466.
28. Pérez-Gregorio R.M., García-Falcón M.S., Simal-Gándara J.I. Identification and quantification of flavonoids in traditional cultivars of red and white onions at harvest. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010. Vol. 23. №6. Pp. 592–598.
29. Gonçalves A.C., Nunes A.R., Falcão A., Alves G., Silva L.R. Dietary Effects of Anthocyanins in Human Health: A Comprehensive Review. *Pharmaceuticals*. 2021. Vol. 14. №7. 690.
30. Zhu Y., Ling W., Guo H., Song F. et al. Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanin in adults with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2013. Vol. 23. Pp. 843–849.
31. Hurst R.D., Lyall K.A., Wells R.W., Sawyer G.M. et al. Daily consumption of an anthocyanin-rich extract made from New Zealand blackcurrants for 5 weeks supports exercise recovery through the management of oxidative stress and inflammation: A randomized placebo controlled pilot study. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. Pp. 1–15.
32. Ma Y., Ding S., Fei Y., Liu G. et al. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*. 2019. Vol. 106. 106712.
33. Sun X., Zhou T., Wei C., Lan W., Zhao Y. et al. Antibacterial effect and mechanism of anthocyanin rich Chinese wild blueberry extract on various foodborne pathogens. *Food Control*. 2018. Vol. 94. Pp. 155–161.
34. Lage N.N., Anne M., Layosa A., Arbizu S. et al. Dark sweet cherry (*Prunus avium*) phenolics enriched in anthocyanins exhibit enhanced activity

- against the most aggressive breast cancer subtypes without toxicity to normal breast cells. *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 64. 103710.
- 35.Vilkickyte G., Raudone L., Petrikaite V. Phenolic fractions from *Vaccinium vitis-idaea* L. and their antioxidant and anticancer activities assessment. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. 1261.
- 36.Lee J.Y., Jo Y., Shin H., Lee J., Chae S.U. et al. Anthocyanin-fucoidan nanocomplex for preventing carcinogen induced cancer: Enhanced absorption and stability. *International Journal of Pharmaceutics*. 2020. Vol. 586. 119597.
- 37.Noordin L., Wan Mohamad Noor W.N.I., Safuan S., Wan Ahmad W.A.N. Therapeutic effects of anthocyanin-rich *Hibiscus sabdariffa* L. extract on body mass index, lipid profile and fatty liver in obese-hypercholesterolaemic rat model. *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology*. 2019. Vol. 9. 1.
- 38.Liu Y., Tan D., Shi L., Liu X., Zhang Y. et al. Blueberry anthocyanins-enriched extracts attenuate cyclophosphamide-induced cardiac injury. *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10. Pp. 1–18.
- 39.Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T., Lim S.M. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*. 2017. Vol. 61. 1361779.
- 40.Lin S., Wang Z., Lam K.L., Zeng S. et al. Role of intestinal microecology in the regulation of energy metabolism by dietary polyphenols and their metabolites. *Food & Nutrition Research*. 2019. Vol. 63. Pp. 1–12.
- 41.Salehi B., Sharifi-Rad J., Cappellini F. The Therapeutic Potential of Anthocyanins: Current Approaches Based on Their Molecular Mechanism of Action. *Frontiers in pharmacology*. 2020. Vol. 11. 1300.

- 42.EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS); Scientific Opinion on the re-evaluation of anthocyanins (E 163) as a food additive. *EFSA Journal* 2013. Vol. 11. №4. 3145.
- 43.Liu J., Zhou H., Song L., Yang Z., Qiu M. Anthocyanins: Promising Natural Products with Diverse Pharmacological Activities. *Molecules*. 2021. Vol. 26. №13. 3807.
- 44.Li X., Liu C., Li Y. Bioactivity and application of anthocyanins in skin protection and cosmetics: an extension as a functional pigment. *Phytochemistry Reviews*. 2023. Vol. 22. pp. 1441–1467.
- 45.Diaconeasa Z., Știrbu I., Xiao J., Leopold N., Ayvaz Z. Anthocyanins, Vibrant Color Pigments, and Their Role in Skin Cancer Prevention. *Biomedicines*. 2020. Vol.8. №9. 336.
- 46.Lai J., Xin C., Zhao Y., Feng B., He C., Dong Y., Fang Y., Wei S. Study of active ingredients in black soybean sprouts and their safety in cosmetic use. *Molecules*. 2012. Vol.17. Pp. 11669–11679.
- 47.Bendokas V., Stanys V., Mažeikienė I., Trumbeckaite S., Baniene R. Anthocyanins: From the Field to the Antioxidants in the Body. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. №9. 819.
- 48.Mazur S. P., Nes A., Wold A.-B., Remberg S. F., Aaby K. Quality and chemical composition of ten red raspberry (*Rubus idaeus L.*) genotypes during three harvest seasons. *Food Chemistry*. 2014. Vol.160. Pp. 233-240.
- 49.Kim K., Vance T. M., Chun O.K. Estimated intake and major food sources of flavonoids among US adults: Changes between 1999–2002 and 2007–2010 in NHANES. *European Journal of Nutrition*. 2016. Vol. 55. Pp. 833–843.
- 50.Урожай плодово-ягідних культур в Україні 2021 року став одним із найвищих. – Режим доступу: <https://uaexport.org/2022/05/16/urozhaj-plodovo-yagidnih-kultur-v-ukrayini-2021-roku-stav-odnim-z-najvishhih/>

51. Агропродовольчий експорт України в 2023 році. – Режим доступу: <https://uaexport.org/2024/01/23/agroprodovolchij-eksport-ukrayini-v-2023-rotsi/>
52. Україна стала єдиною країною в світі, якій вдалось добряче заробити на малині у 2022-2023 роках. – Режим доступу: <https://fruit-ukraine.org/2023/05/30/ukraine-stala-iedynoiu-krainoiu-v-sviti-ia-ki-j-v-dalos-dobriache-zarobyty-na-malyni-u-2022-2023-rokakh/>
53. Малина у 2023 році була вдвічі дешевшою, ніж роком раніше. – Режим доступу: <https://www.seeds.org.ua/malina-u-2023-roci-bula-vdvichi-deshevshoyu-nizh-rokom-ranishe/>
54. Tena N., Asuero A. G. Up-To-Date Analysis of the Extraction Methods for Anthocyanins: Principles of the Techniques, Optimization, Technical Progress, and Industrial Application. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11. №2. 286.
55. Tan J., Han Y., Han B., Qi X., Cai X. Extraction and purification of anthocyanins: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2022. Vol. 8. 100306.\
56. Selvamuthukumaran M., Shi J. Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries. *Food Quality and Safety*. 2017. Vol.1. Pp. 61–81.
57. Belwal T., Ezzat S.M., Rastrelli L.I., Bhatt D., Daglia M. A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2018. Vol. 100. Pp. 82–102.
58. Morata A., Escott C., Loira I., López C., Palomero F. Emerging Non-Thermal Technologies for the Extraction of Grape Anthocyanins. *Antioxidants*. 2021. Vol.10. 1863.
59. Xu D.P., Li Y., Meng X., Zhou T., Zhou Y. Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18. 96.

60. Jiao G., Kermanshahi A. Extraction of anthocyanins from haskap berry pulp using supercritical carbon dioxide: Influence of co-solvent composition and pretreatment. *LWT*. 2018. Vol. 98. 237–244.
61. Martín J., Asuero A.G. High hydrostatic pressure for recovery of anthocyanins: Effects, performance, and applications. *Separation & Purification Reviews*. 2021. Vol. 50. Pp. 159–176.
62. Teixeira R.F., Benvenuti L., Burin V.M., Gomes T.M., Ferreira S.R.S. An eco-friendly pressure liquid extraction method to recover anthocyanins from broken black bean hulls. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2021. Vol. 67. 102587.
63. Zderic A., Zondervan E. Polyphenol extraction from fresh tea leaves by pulsed electric field: A study of mechanisms. *Chemical Engineering Research and Design*. 2016. Vol. 109. Pp. 586–592.
64. Meini M.-R., Cabezudo I., Boschetti C.E., Romanini D. Recovery of phenolic antioxidants from Syrah grape pomace through the optimization of an enzymatic extraction process. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 283. Pp. 257–264.
65. Список видів роду малина. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%96%D0%B2_%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83_%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0
66. De Ancos B., Gonzalez E., Cano M. P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. *Z Lebensm Unters Forsch*. 1999. Vol. 208. Pp. 33–38.
67. Chen L., Xin X., Zhang H., Yuan Q. Phytochemical properties and antioxidant capacities of commercial raspberry varieties. *Journal of Functional Foods*. 2013. Vol. 5. №1. Pp. 508-515.

68. Yu Y., Yang G., Sun L., Song X., Bao Y. et al. Comprehensive Evaluation of 24 Red Raspberry Varieties in Northeast China Based on Nutrition and Taste. *Foods*. 2022. Vol. 11. №20. 3232.
69. Beekwilder J., Hall R.D., De Vos R. Identification and dietary relevance of antioxidants in raspberry. *BioFactors*. 2005. Vol. 23. №4. Pp. 197-205.
70. Teng H., Fang T., Lim Q., Song H., Liu B. et al. Red raspberry and its anthocyanins: bioactivity beyond antioxidant capacity. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol 66. Pp. 153-165.
71. Chen F., Sun Y., Zhao G., Liao X., Hu X. et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2007. Vol.14.№6. Pp. 767-778.
72. Beekwilder J., H. Jonker, Meesters P., Hall R.D., van der Meer I.M., de Vos C.H.R. Antioxidants in raspberry: On-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol.53. Pp. 3313–3320.
73. Yuan Y., Tian Y., Gao S., Zhang X., Gao X., He J. Effects of environmental factors and fermentation on red raspberry anthocyanins stability. *LWT*. 2023. Vol. 173.114252.
74. Kahkonen M.P., Hopia A.I. and Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49. Pp. 4076–4082.
75. Burton-Freeman B. M., Sandhu A. K., & Edirisinghe I. Red Raspberries and Their Bioactive Polyphenols: Cardiometabolic and Neuronal Health Links. *Advances in nutrition*. 2016. Vol. 7. №1. Pp. 44–65.
76. Ponder A., Hallmann E. The effects of organic and conventional farm management and harvest time on the polyphenol content in different raspberry cultivars. *Food Chemistry*. 2019. Vol. 301. 125295.

77. Kobori R. , Yakami S., Kawasaki T., Saito A. Changes in the Polyphenol Content of Red Raspberry Fruits during Ripening. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7. №12. 569.
78. ДСТУ 3845-99 “Барвники харчові натуральні. Технічні умови”. Київ. 1999. 13 с.
79. ДСТУ 3235-95. Устаткування овочевфруктопереробної промисловості. Вимоги безпеки. Київ. 1995. 51 с.