

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет харчових технологій
Кафедра технологій та безпеки харчових продуктів

До захисту допускається

Завідувач кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
Марина САМІЛИК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

на тему: **«РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ НА ОСНОВІ
ПОХІДНИХ ПЕРЕРОБКИ ШОВКОВИЦІ»**

Виконав: _____ **Сергій ПАВЛЕНКО**
(підпис) (прізвище, ініціали)

Група: ХТ 2023м
(номер)

(Науковий) керівник: _____ **Марина САМІЛИК**
(підпис) (прізвище, ініціали)

Суми 2024

Анотація

Сергій ПАВЛЕНКО тема «РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ НА ОСНОВІ ПОХІДНИХ ПЕРЕРОБКИ ШОВКОВИЦІ».

Розроблено технологію виготовлення натуральних барвників на основі плодів шовковиці чорної. Запропонована технологія передбачає миття, попереднє замороження плодів, дефростацію, осмотичну дегідrataцію та сушіння. В якості осмотичного розчину рекомендовано використовувати 70%-й розчин сахарози. Тривалість процесу – 1 година, температура $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Співвідношення ягід та розчину 1:1. Після попереднього зневоднення, від плодів відокремлюється осмотичний розчин, який можна використовувати в якості барвника та смако-ароматичної добавки без додаткової обробки. Представлено спосіб збагачення алкогольних напоїв осмотичним розчином.

Частково зневоднені плоди шовковиці висушуються в вакуум сушарці та подрібнюються у порошок. Порошок із шовковиці, також, пропонується використовувати в якості барвника та смако-ароматичної добавки. Проведено дослідження щодо можливості застосування його при виготовленні макаронних виробів.

Проаналізовано хімічний склад та антиоксидантні властивості порошку із шовковиці. Встановлено, що порошок із шовковиці містить 11% харчових волокон, 2 мг/100 г вітаміну С, 60 мг К/100 г флаваноїдів. Антиоксидантна активність порошоків із шовковиці становить 70 ммоль Trolox/100 г.

Рідкий барвник із шовковиці містить 1,5 мг/100 г вітаміну С, 20 мг К/100 г флаваноїдів. Антиоксидантна активність бузинових сиропів становить 30 ммоль Trolox/100 г.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє отримати одразу два види барвників – рідкий та порошковий.

Ключові слова: шовковиця, осмотична дегідrataція, натуральний барвник, флаваноїди, вітамін С, антиоксидантні властивості.

Abstract

Serhiy PAVLENKO topic "DEVELOPMENT OF FOOD DYES TECHNOLOGY BASED ON SILK PROCESSING DERIVATIVES".

A technology for the production of natural dyes based on black mulberry fruits has been developed. The proposed technology involves washing, pre-freezing of fruits, defrosting, osmotic dehydration and drying. It is recommended to use a 70% sucrose solution as an osmotic solution.

The duration of the process is 1 hour, the temperature is $50\pm 5^{\circ}\text{C}$. The ratio of berries and solution is 1:1. After preliminary dehydration, an osmotic solution is separated from the fruits, which can be used as a dye and flavor additive without additional processing. A method of enriching alcoholic beverages with an osmotic solution is presented.

Partially dehydrated mulberry fruits are dried in a vacuum dryer and ground into powder. Mulberry powder is also suggested to be used as a dye and flavor additive. A study was conducted on the possibility of using it in the production of pasta products.

The chemical composition and antioxidant properties of mulberry powder were analyzed. Mulberry powder has been found to contain 11% dietary fiber, 2 mg/100 g vitamin C, 60 mg K/100 g flavonoids. The antioxidant activity of mulberry powders is 70 mmol Trolox/100 g.

Liquid mulberry dye contains 1.5 mg/100 g of vitamin C, 20 mg K/100 g of flavonoids. The antioxidant activity of elderberry syrups is 30 mmol Trolox/100 g.

Thus, the proposed method makes it possible to obtain two types of dyes at once - liquid and powder.

Key words: mulberry, osmotic dehydration, natural dye, flavonoids, vitamin C, antioxidant properties.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ	10
1.1. Корисні властивості шовковиці чорної	10
1.2. Застосування шовковиці у виробництві харчових продуктів	18
Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ II. ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1. Організація проведення досліджень	23
2.2. Методика проведення досліджень	26
Висновки до розділу 2	27
РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ПРОДУКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ	28
3.1. Розробка технології виготовлення рідких та порошкових барвників із плодів шовковиці	28
3.2. Результати дослідження показників якості рідких барвників із плодів шовковиці	30
3.3. Результати дослідження показників якості порошкових барвників із плодів шовковиці	32
3.4. Рекомендації виробникам щодо застосування барвників із плодів шовковиці	35
Висновки до розділу 3	36
РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА БАРВНИКІВ ІЗ ШОВКОВИЦІ	38
Висновки до розділу 4	45

РОЗДІЛ V РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОВОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ БАРВНИКІВ ІЗ ШОВКОВИЦІ	46
Висновки до розділу 5	48
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

Актуальність теми. Натуральні барвники століттями використовувалися для фарбування текстилю, їжі та інших матеріалів. Синтетичні барвники користуються особливою популярністю завдяки простоті використання, широкому асортименту доступних кольорів і стійкості. Однак їх використання пов'язане зі значними проблемами для навколишнього середовища та здоров'я.

Останніми роками відновився інтерес до натуральних барвників через їхню екологічність, доступність, нетоксичність і довговічність. Тому натуральні барвники швидко набувають популярності як краща альтернатива синтетичним барвникам. Природа наділена багатим розмаїттям видів рослин із різними кольорами та властивостями, які можна використовувати в текстильній, поліграфічній, косметичній та харчовій промисловості. Хоча багато рослин вважаються потенційними джерелами природних барвників, недостатньо інформації про їх дослідження та застосування.

Крім того, хімічний аналіз цих барвників широко не проводився. Загалом результати досліджень, проведених на даний момент, визначили низку перспективних таксонів для подальшого дослідження як барвників рослинного походження з багатьма місцевими рослинами як потенційними джерелами природних барвників.

Барвники є основними сполуками, які використовуються в різних галузях промисловості, включаючи текстильну, поліграфічну, косметичну та харчову, для додання кольору підкладкам. Барвники можна визначити як хромофорні речовини зі здатністю хімічно або фізично взаємодіяти з субстратами, що призводить до вибіркового поглинання певних довжин хвиль світла та в результаті до відображення кольору. Ці сполуки зазвичай мають спряжені системи π -електронів, які сприяють їхнім властивостям поглинання

світла та визначають діапазон видимих кольорів, які вони створюють. Поглинання світла відбувається через електронні переходи в спряженій системі, коли барвник піддається впливу енергії, як правило, у формі світла або тепла [1].

Використання барвників давно стало невід'ємною частиною людської цивілізації. Ця заплутана галузь, на якій поєднуються наука, мистецтво, культура та промисловість, формувала суспільства, економіку та мистецькі прояви в анналах історії. Від раннього використання природних джерел до сучасного синтезу складних органічних сполук вивчення барвників охоплює широкий спектр дисциплін, кожна з яких сприяє розумінню кольору, матеріалознавства та людської творчості.

Еволюція барвників є свідченням винахідливості людства у використанні природних ресурсів. Найдавніші цивілізації використовували ботанічні, мінеральні та навіть тваринні джерела для насичення тканин кольором, одночасно задовольняючи утилітарні потреби та втілюючи культурний символізм [2].

У міру того, як суспільства росли та об'єднувалися через торгівлю та дослідження, попит на ширший спектр кольорів спонукав до відкриття нових джерел барвників і методів вилучення. Ці досягнення заклали основу для процвітання текстильної промисловості Середньовіччя та подальшої появи глобального ринку барвників. Поява синтетичних барвників у середині 19 століття, втіленням якої стало випадкове відкриття Перкіном лілового кольору, ознаменувала поворотний момент в історії барвників [3].

Цей науковий прорив не лише революціонізував текстильну промисловість, але й змінив ландшафт хімії, каталізуючи розвиток інноваційних методологій синтезу та стимулюючи прогрес у теорії кольору. Наступні роки стали свідками швидкого поширення синтетичних барвників, які забезпечили промисловість і художників безпрецедентним діапазоном кольорів і консистенції.

Натуральні барвники отримують із рослинних екстрактів, мінералів або тваринного походження, що робить їх біологічно розкладаними, відновлюваними та екологічно чистими. Крім того, їх виробництво зазвичай передбачає мінімальні хімічні процеси, що зменшує забруднення [4], тоді як синтетичні барвники виготовляються з нафтохімікатів, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Що стосується здоров'я, натуральні барвники, як правило, нетоксичні та гіпоалергенні, що робить їх безпечнішими для використання, особливо на текстильних виробках, які контактують зі шкірою. Особи з чутливістю або алергією часто віддають перевагу продуктам з натуральними барвниками [4].

З іншого боку, деякі синтетичні барвники містять шкідливі хімічні речовини, такі як важкі метали та канцерогени, які можуть становити ризик для здоров'я, особливо при тривалому впливі або прийомі всередину [1]. У багатьох країнах існують правила щодо контролю за використанням небезпечних хімічних речовин у синтетичних барвниках, щоб пом'якшити проблеми зі здоров'ям.

Крім того, природні барвники часто створюють унікальну, більш м'яку та земну естетику, але зазвичай не мають інтенсивної яскравості, отриманої від синтетичних барвників. Крім того, натуральні барвники швидше вицвітають під впливом сонячного світла або прання порівняно з синтетичними барвниками, які забезпечують чудову послідовність і стійкість кольору, зберігаючи свою яскравість навіть після багаторазового прання або тривалого впливу світла.

Ця характеристика робить синтетичні барвники кращими для застосувань, де важлива стійкість кольору, наприклад, для тканин для зовнішнього використання. Що стосується вартості, то виробництво натуральних барвників є трудомістким і тривалим, що вимагає більшого втручання людини. З іншого боку, виробництво синтетичних барвників, як правило, є економічно ефективним, оскільки сировина є легкодоступною, а виробничі процеси є високоефективними. Ця доступність робить синтетичні

барвники широко використовуваними в різних галузях промисловості, включаючи текстиль, поліграфію та косметику.

Крім своїх функціональних атрибутів, барвники мають глибоке культурне значення, виходячи за рамки простого хроматичного декору. Протягом історії відтінки барвників передавали статус, релігійне значення та регіональну ідентичність. Суспільства надають значення кольорам, тим самим формуючи семіотичну мову своїх тканин і одягу. Ці культурні конотації зберігаються в різних традиціях, від багатих гобеленів із західноафриканських тканин, пофарбованих рослинними барвниками, до церемоніальних одягів стародавніх суспільств, просочених символічними відтінками. Багатогранність барвників свідчить про те, що їх вивчення виходить за рамки дисципліни.

Наукове дослідження хімії барвників і матеріалознавства, культурний аналіз колірної символіки та представлення, а також промислове застосування в моді, мистецтві та дизайні сходяться, щоб сформувати всебічне розуміння цієї захоплюючої галузі.

Рослинні барвники мають довгу історію використання в різних культурах для фарбування текстилю, ремесел і творів мистецтва. Ці барвники отримують з різних частин рослин, включаючи коріння, листя, стебла, квіти та плоди, і вони забезпечують широкий діапазон кольорів. Є багато видів рослин, відомих своїми яскравими та характерними кольорами, які використовувалися для фарбування текстилю, косметики та інших цілей.

Ці кольори часто є результатом активних хімічних сполук, які містяться в цих рослинах. Приклади таких рослин включають індиго, марену, куркуму, хну, лісник, цибулю, чорний волоський горіх, зварник, чорнобривці, вуд, банан, чорнобривці, розель, горіх коли, хну, аннато, ямс, розарій іліловий колір.

Барвники, отримані з рослин, мають широкий спектр переваг, завдяки яким вони знаходять застосування в текстильній, харчовій, косметичній та фармацевтичній промисловості.

По-перше, вони відновлювані та стійкі, оскільки їх можна вирощувати та збирати без використання синтетичних хімікатів. Як правило, їх отримують із квітів, листя, коренів і плодів рослин, що робить їх стійким вибором.

По-друге, вони зазвичай біологічно розкладаються, що означає, що вони розкладаються природним шляхом, не сприяючи забрудненню навколишнього середовища. Крім того, барвники рослинного походження виявляють корисні для здоров'я властивості завдяки присутності біологічно активних сполук. Наприклад, деякі рослинні пігменти мають антиоксидантні та антимікробні властивості, які мають позитивний ефект у різних медичних цілях.

Незважаючи на свої переваги, рослинні барвники також мають деякі проблеми. Однією з головних проблем є мінливість кольору, який можна отримати з одного рослинного джерела. Це ускладнює досягнення узгоджених кольорних відтінків і ідентифікацію та кількісну оцінку окремих пігментів, присутніх у конкретній рослині. Існує також проблема складності рослинних екстрактів, які можуть містити численні сполуки на додаток до барвників, що ускладнює їх розділення та аналіз.

Крім того, процес вилучення та приготування рослинних барвників може зайняти багато часу та потребує спеціальних знань та обладнання. Інша проблема полягає в тому, що рослинні барвники з часом можуть вицвітати, що може вплинути на довговічність пофарбованих продуктів. Ці проблеми, як правило, обмежують комерційний успіх і широке впровадження рослинних барвників.

Тому актуальним завданням є розробка способу виготовлення натуральних барвників на основі чорної шовковиці.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дане дослідження виконувалося в межах тематики кафедри технологій та безпеки харчових продуктів «Розробка технологій виробництва харчових продуктів з доданою вартістю на принципах сталого розвитку».

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є - розробка технології харчових барвників на основі плодів шовковиці чорної.

Об'єкт дослідження: технологія натуральних барвників із шовковиці.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є плоди шовковиці, сироп із шовковиці, порошок із шовковиці, показники їх якості.

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ОБРАНОЮ ТЕМАТИКОЮ

1.1. Корисні властивості шовковиці чорної

Шовковиця відноситься до маловикористовуваних плодів з високою швидкопсувністю. Різні види плодів шовковиці характеризуються природним кольором чорного, білого та червоного. Ці фрукти є багатим джерелом природного пігменту антоціану, а також містять значну кількість вітамінів і мінералів.

Чорна шовковиця містить велику кількість фітохімічних речовин, зокрема флавоноїдів (антоціан) і фенольних речовин (галова кислота, хлорогенова кислота, каваова кислота, кверцетин і рутин). Ці сполуки відповідають за його чудові фармакологічні ефекти, включаючи антиоксидантну активність, гіперглікеміюта протизапальні властивості. Були проведені численні дослідження різних методів екстракції для виділення біоактивних сполук з шовковиці.

Різні компоненти шовковиці також володіють потужнимнутрицевтичнимивластивостями, що призвело до проведення широкого спектру клінічних випробувань для виявлення його корисних властивостей.

Рослини шовковиці, що належать до сімейства Moraceae, вирощуються як джерело поживних речовин для шовкопряда та сировини для приготування джемів, мармеладу, оцту, соків, вин і косметики. *Morus nigra* L. (чорна шовковиця) походить із Південно-Західної Азії, і її використовували як традиційний рослинний лікарський засіб для тварин і людей.

Шовковиця демонструє широкий спектр біологічних і фармакологічних терапевтичних ефектів, включаючи антиноцицептивну, протизапальну, антимікробну, антимеланогенну, протидіабетичну, проти ожиріння, проти гіперліпідемічної та протипухлинної активності. *M. nigra* також продемонструвала захисну дію проти різних органів і систем людини, в

основному завдяки своїй антиоксидантній здатності. Ці результати переконливо свідчать про те, що *M. nigra* можна використовувати як багатообіцяючийнутрицевтичний ресурс для контролю та профілактики різних хронічних захворювань.

Плоди шовковиці синкарпні за своєю природою, як і інші ягоди, це сукупність кількох невеликих плодів, які називаються кістянками. Після запилення основа зав'язі кожної жіночої квітки в суцвітті сережки набухає, перетворюється на плід і змінює біохімічний склад, колір і структуру під час процесу дозрівання.

Плоди шовковиці схожі на малину і ожину, але мають плодоніжку, яка відрізняє їх від інших видів ягід. Повністю дозрілі ягоди різних генотипів мають м'ясисту шкірку білого, рожевого, темно-червоного, чорного, фіолетово-чорного або багряно-чорного кольору.

Серед різних видів *Morus nigra* відомий своїми ягодами чорного кольору з найкращим ароматом, які є дуже соковитими, м'якшими за своєю природою та солодшими на смак [5]. Серед 3 видів шовковиці плоди білої шовковиці мають найвищий загальний вміст розчинних речовин, рН і вологість. Кислотність є важливим показником для оцінки якості свіжих плодів. Плоди матимуть кислий смак із значенням рН менше 3,5[6].

Таким чином, ці характеристики надають плодам білої шовковиці більш концентрований аромат і кращий смак, тому вони придатні як для споживання у свіжому вигляді, так і для виробництва фруктів.

Однак плоди чорної шовковиці були злегка кислими (найнижчий вміст кислоти та цукру) і їх слід обробляти як функціональну їжу та ліки, а не їстівні свіжі фрукти [7]. Шовковиця містить велику кількість загального цукру, який приблизно на 100% складається з первинних цукрів, якими є фруктоза та глюкоза.

Серед різних сортів шовковиці чорна шовковиця має більшу ширину та довжину плодів, тоді як найнижчі значення були зареєстровані у червоної шовковиці [8].

У випадку ваги плодів червона шовковиця повідомила про більші значення, а потім чорна та біла шовковиця [9]. У різних видів *Morus* різні автори повідомляли про різноманітні кольори від білого та червоного до темно-фіолетового та високий вміст вологи в шовковиці чорної [10].

Оскільки шовковиця має кисло-солодкий характер, загальна кількість розчинних твердих речовин у шовковиці є одним із важливих компонентів, який, як повідомляється, є найвищим у плодах білої шовковиці та нижчим у червоній шовковиці [11].

Основними цукрами, які присутні в шовковиці, є глюкоза та фруктоза, у яких глюкоза (26,3%) і фруктоза (8,1567%), як повідомляється, є вищими в чорній шовковиці. Деякі інші цукри доступні в менших кількостях, як-от арабіноза, галактоза, ксилоза та маноза [12].

Найвищий вміст кислоти був зафіксований у червоній шовковиці, тоді як про нижчу кислотність – у білій шовковиці [13].

Плоди шовковиці також містять білок (7,66–16,70 %), у якому різні автори повідомляли про вищий вміст білка в червоній шовковиці (16,70 %) [14].

Серед різних видів шовковиці, автори повідомили, що чорна шовковиця містить більше пальмітинової кислоти (17,97 %) і олеїнової кислоти (7,26 %), тоді як лінолева кислота (78,02 %) вища в білій шовковиці [15].

Усі три види *Morus* є хорошими джерелами вітаміну С (17,41–87,49 мг/100 г), однак автори повідомляють про вищу кількість у білій та червоній шовковиці — 87,49 мг/100 г [16].

Шовковиця також є одним із важливих фруктів, які містять ряд мінералів, таких як калій, кальцій, фосфор, натрій і магній у більшій кількості та цинк, азот, мідь, марганець, залізо, рибофлавін і ніацин у менших кількостях. Шовковиця є багатим джерелом природних фенольних сполук, і вищий вміст фенольних сполук був у червоній шовковиці – 435 мг/100 г.

Порівняльні дані різних фізико-хімічних параметрів трьох різних видів шовковиці, з яких зроблено висновок, що всі види шовковиці мають хороші

поживні цінності зі змінною кількістю основних поживних речовин, таких як білок, цукри, вітаміни, необхідні мікроелементи, окрім природних антиоксидантів, таких як фенольні речовини.

Насіння шовковиці - це їстівна частина шовковиці, яка має більш високу харчову цінність, включаючи білок, вуглеводи та мінерали. Насіння традиційно використовується для лікування мікробних інфекцій, але наукових доказів цього немає [17].

Листя шовковиці також є хорошим джерелом поживних речовин і біоактивних сполук. Пацієнти з діабетом споживають листя шовковиці як антигіперглікемічний засіб [18]

Насіння шовковиці, яке є їстівною частиною плодів шовковиці, є цінним джерелом білка (18,039-21,58%), вуглеводів (43,17-68,14%) і загальної золи (3,5-6,05%), як описано різними авторами. Серед різних видів шовковиці, вищий вміст білка (21,58 %) і золи (6,05 %) був зареєстрований у білій шовковиці, тоді як вищий вміст вуглеводів (68,145 %) був зареєстрований у чорній шовковиці [19].

Окрім насіння, листя різних видів також є хорошим джерелом білка (20,94–37,36 %), мінеральних речовин (14,78 %), клітковини (3,6–16,61 г/100 г), крім того містить вуглеводи (3,1–3,7 %). Серед різних видів шовковиці біла шовковиця містить вищий вміст білка (37,36 %), клітковини (16,61 г/100 г) і мінеральних речовин (14,78 %), оскільки вуглеводів (3,7 %) міститься найбільше. присутня в чорній шовковиці [20].

Однак, крім цього, листя також містить достатню кількість вологи та різні інші компоненти, такі як азот, мідь, залізо, марганець тощо. Аскаш [21] повідомили, що зміни метилювання ДНК покращують розведення шовковиці для адаптації до широкого діапазону середовищ у майбутньому.

Таким чином, дані, отримані з літератури, також свідчать про невелику мінливість основних поживних речовин листя та насіння чорної та білої шовковиці з їхнім вищим потенціалом збагачувати харчові потреби в

поживних речовинах, забезпечуючи достатню кількість клітковини, білка та основних мінеральних елементів.

Шовковиця містить компоненти з високою доданою вартістю, такі як антоціани, феноли, флавоноїди та інші біоактивні сполуки, які можна використовувати як функціональні інгредієнти в нутрицевтиках [22].

Представлені фенольні та флавоноїдні сполуки, знайдені в кількох сортах плодів шовковиці. Повідомляється про низку захисних ефектів фенольних речовин, виділених із різних видів шовковиці, таких як антиоксидант, протидіабетичний, протизапальний, знижуючий рівень холестерину та антипроліферативні ефекти [23].

Антоціани є ще одним широко поширеним флавоноїдом, присутнім у плодах шовковиці, що відповідає за природний колір, а також за антиоксидантні властивості фруктів. Окрім надання кольору, антоціани мають відомі фармакологічні властивості та специфічні властивості для покращення здоров'я, такі як протизапальна, антиоксидантна та протиракова активність, а також покращують хронічні захворювання [24].

Основними фенольними сполуками, які присутні в шовковиці, є галлова кислота, хлорогенова кислота, каваова кислота та рутин. Концентрація цих фенольних сполук у чорній шовковиці знаходиться в діапазоні 0,164–38,5 мг/100 г, 1,778–90,8 мг./100 г 0,094–14,84 мг/100 г та 0,820–97,2 мг/100 г відповідно. З іншого боку, концентрація цих сполук у білій шовковиці становить 0,165–0,215 мг/100 г, 0,103–2,667 мг/100 г, 0,094–0,134 мг/100 г і 0,128–3,882 мг/100 г відповідно. у червоній шовковиці вони повідомляються як 0,097–0,156 мг/100 г, 0,0,101–3,778 мг/100 г, 0,009–0,415 мг/100 г і 0,144–2,557 мг/100 г відповідно.

Згідно з наведеними вище дослідженнями можна побачити, що концентрація цих фенольних сполук була вищою в чорній шовковиці порівняно з білою та червоною шовковицею. Окрім цих основних фенольних сполук, шовковиця також містить катехін, срингинову кислоту, кумаринову

кислоту, ферулову кислоту, о-кумаринову кислоту, флоридин, протокатехінову кислоту та кверцетин у меншій концентрації [25].

Основними антоціанами, які містяться в плодах шовковиці, є ціанідин-3-о-глюкозид, ціанідин-3-о-рутинозид і пеларгонідин-3-глюкозид, у яких ціанідин-3-о-глюкозид показав значення 116,15–959,56 мг/г у чорній шовковиці, а потім 0,33–19,51 мг/г у білій шовковиці, у випадку ціанідин-3-о-рутинозиду та пеларгонідин-3-глюкозиду чорна шовковиця показала вищий вміст 572,1 та 27,8 мг/г, тоді як біла шовковиця з найнижчим значенням 0,18–8,65 і 0,04–0,51 мг/г. Існують також інші антоціани, які доступні в менших кількостях, наприклад пеларгонідин-3-О-рутинозид [26].

Шовковиця має різні лікувальні властивості. Є ряд повідомлень про захисний вплив фенолів, виділених з різних видів шовковиці, на здоров'я, таких як антиоксидантний, протидіабетичний, протизапальний, знижуючий рівень холестерину та антипроліферативний ефект [23].

Переваги для здоров'я кількох сортів шовковиці та їх компонентів наведено в таблиці 5 . Антоціанін, присутній у шовковиці, також має відомі фармакологічні властивості та специфічні властивості для покращення здоров'я, такі як протизапальна, антиоксидантна, протиракова, антидіабетична, антимікробна, проти ожиріння та покращує хронічні захворювання [24].

Листя шовковиці мають такі фармакологічні властивості, як зниження артеріальної гіпертензії, глюкози в крові, бактеріостатичні, противірусні та антигіперліпідемічні властивості завдяки наявності амінокислот, вітамінів, кверцетину, цукрів і мікроелементів. Вони також використовуються як гіполіпідемічні засоби [27].

Споживання шовковиці демонструє значний розвиток при різних захворюваннях, включаючи гепатотоксичність, гіпертензію, ожиріння, запалення, виразки, гіперглікемію, гіперліпідемію, когнітивні порушення та нейротоксичність [24].

1.2. Застосування шовковиці у виробництві харчових продуктів

Нозробили харчові барвники із соку чорної шовковиці та повідомили, що вони можуть замінити штучні барвники [18]. Тхакур та ін. [28] розробили желе з фруктового соку білої шовковиці та повідомили про наявність більшої кількості антиоксидантів, вони далі розробили різні напої з соку білої шовковиці, які, як повідомляється, мають хороший вміст антоціанів.

Комолка та ін. [29] розробили випічку з сухих плодів білої шовковиці та повідомили, що вони багаті клітковиною та мають низьку калорійність.

Özgüven та ін. [30] розробили шоколад із сухих плодів чорної шовковиці та повідомили, що вони можуть запобігти недоїданню мікроелементів.

Язданках та ін. [31] розробили макарони з сухих плодів чорної шовковиці та повідомили, що вони мають гіпоглікемічний ефект.

Бьямукама та ін. [32] створили йогурт із фруктового соку червоної шовковиці та повідомили, що сік шовковиці може покращити колір продукту, діючи як барвник.

Şengün i Kılıç [33] розробили оцет з екстракту плодів білої шовковиці та повідомили, що вони можуть замінити добавки.

Ян та ін. [34] розробили тістечка з білої фруктової маси шовковиці та повідомили, що вони мають поживну цінність.

Курт та ін. [35] розробили клейкі цукерки з шовковиці з патоки шовковиці та повідомили, що вони можуть замінити цукровий сироп або штучні підсолоджувачі.

Ramya та Chandrashekar [36] розробили печиво масала з шовковиці з листя білої шовковиці та повідомили, що воно може боротися з недостатнім харчуванням мікроелементами.

Сінгх і Тріпаті [37] розробили томатний суп із листя білої шовковиці та повідомили, що вони мають профілактичну та лікувальну роль у дітей, які ростуть, хворих на рак та остеопороз, а також допомагають урізноманітнити звичайний раціон.

Ядав та ін. [38] розробили варення з листя та плодів чорної шовковиці та повідомили, що воно може замінити рафінований цукор і зменшити ожиріння.

Хуан та ін. [39] розробили фарш із використанням екстракту листя чорної шовковиці та повідомили, що вони можуть збільшити термін придатності фаршу.

Нанесення різноманітних покриттів після збору врожаю на швидкопсувні фрукти має на меті запобігти погіршенню під час зберігання, зберегти сенсорні характеристики та покращити або зберегти біоактивні сполуки з точки зору антиоксидантної активності, твердості та ступеня пошкодження. У цьому дослідженні було застосовано новий підхід, що передбачає використання покриттів білка, олії та бджолиного воску для плодів чорної шовковиці, щоб продовжити термін зберігання свіжих фруктів і, в той же час, підтримувати високий рівень сполук, що цікавлять.

Їстівні покриття з олій, бджолиного воску та желатину позитивно вплинули на фізіологічні зміни плодів шовковиці протягом 8 днів зберігання. Їстівні покриття сповільнили швидкість псування, таким чином покращивши якість після збору врожаю. Мінімальна втрата твердості та зовнішнього вигляду та хороші результати сенсорних оцінок (консистенція, смак та аромат) були отримані у плодів шовковиці, покритих желатином. Обробка желатином також підтримувала високий вміст фенолу та мономерного антоціану та високу антиоксидантну здатність [40].

Оскільки плоди шовковиці не можна споживати свіжими в достатніх кількостях, їх можна переробляти на різні продукти (сік, сироп, джем, мармелад, патоку, натуральний барвник, алкогольні напої) і вживати поза сезоном [41].

Оскільки плоди чорної шовковиці є фруктами, які можна назвати суперфудом і використовувати в промислових цілях для комерційно цінних їстівних продуктів, дуже важливо придбати продукт зі складом, максимально наближеним до свіжих фруктів. Чистий і свіжий сік шовковиці може залишатися свіжим протягом трьох місяців у холодному сховищі, а розлитий

у пляшки сік може залишатися свіжим від шести місяців до одного року при температурі навколишнього середовища [42].

Однак довговічність соку чорної шовковиці та його зберігання збільшують собівартість продукції. Отже, процедура отримання концентрату застосовується до фруктових соків, щоб заощадити витрати на охолодження, зберігання, транспортування та полегшити їх зберігання. Концентрат соку чорної шовковиці — це солодкий і смачний продукт, у якому вода в ширі (ферментованому соку), отриманому з плодів чорної шовковиці, певною мірою видалена фізичними методами, а термін зберігання подовжується.

Концентрат чорної шовковиці, виготовлений за допомогою промислових і традиційних методів, отримують шляхом згущення ширі, отриманої після того, як свіжі або висушені плоди чорної шовковиці відділяються від сторонніх матеріалів, таких як листя, ґрунт і комахи, до певної консистенції у відкритих котлах або вакуумних котлах [43].

Розуміння клієнтами зв'язку між дієтою та здоров'ям зараз набуло глибоких змін у структурі харчування та трансформації способу життя. Поява цього споживчого розуміння стала однією з рушійних сил у виробництві харчових продуктів, які можуть задовольнити як основні харчові потреби, так і користь для здоров'я.

Плоди шовковиці відомі в усьому світі своїм апетитним смаком, що робить його придатним для споживання у свіжому вигляді або як інгредієнт для продуктів з доданою вартістю та для кулінарних цілей. Він набув популярності завдяки обізнаності споживачів та ентузіазму щодо здорової та низькокалорійної їжі. Це призвело до збільшення попиту в харчовій промисловості. Зрілі плоди шовковиці збирають злегка струшуючи дерева [44].

Плоди шовковиці дуже швидкопсувні, що призводить до їх недостатнього використання, однак існує можливість збільшення вартості різними способами. Він містить поліфеноли, що зміцнюють здоров'я, і споживається безпосередньо або у вигляді оброблених продуктів, таких як соки, сиропи,

лікери, патока, джеми, вина та безалкогольні напої. Плоди шовковиці є одними з ягід, які можна назвати суперпродуктом і можуть бути промислово досліджені для різноманітних комерційно безцінних цінних їстівних продуктів.

Плоди шовковиці можна безпосередньо використовувати для приготування варення та безалкогольних напоїв [45].

Свіжі плоди шовковиці високо цінуються для здоров'я людини, оскільки містять вітаміни, амінокислоти, різні мінерали, такі як Zn, Ca, Mn і Fe, а також пектин і фібрин. Лист шовковиці використовується для приготування чаю, дхокла, пакоди та багатьох інших смачних різноманітних харчових продуктів [46].

Шовковиця вже є популярним овочем, а наявність високого рівня цукру робить шовковицю ідеальним ресурсом для харчової промисловості. Його можна використовувати для приготування хліба, тортів, м'якоті фруктових напоїв, фруктового вина, фруктового соусу, фруктової пудри, а також шоколаду. Свіжі, сушені чи заморожені форми плодів шовковиці можна використовувати для виготовлення різних тоніків, вин, сиропів, амаретто. Насіння шовковиці також можна використовувати для виробництва олії. Незрілі та незрілі плоди шовковиці можна використовувати для приготування чатні [47].

Висновки до розділу 1

1. Шовковиця — один із маловикористовуваних фруктів, який є багатим джерелом різноманітних фенольних сполук (галова кислота, кверцетин, рутин), флавоноїдів (антоціанів), крім різноманітних вітамінів (А, С, К), мінералів (К, Са, Р, Na, Mg), вуглеводів і жирних кислот.
2. Завдяки різноманітним присутнім біологічно активним сполукам він має багато нутрицевтичних цінностей, що призводить до екстракції таких біологічно активних сполук для їх належного дослідження, у якому

практикуються різні типи екстракції, включаючи звичайні та нетрадиційні, серед яких ультразвукове та мікрохвильове. для кращого результату часто використовується допоміжна екстракція.

3. Завдяки великій кількості фітохімічних речовин він має високі антиоксидантні властивості, а також демонструє антидіабетичні, протизапальні та антимікробні ефекти.
4. Завдяки функціональним компонентам цей фрукт має величезний потенціал для пояснення властивостей поживних, функціональних або нутрицевтичних продуктів із вищим потенціалом профілактики захворювань.
5. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на максимальному використанні шовковиці як лікарської рослини, використовуючи переваги її доступності та загальної поживної цінності.
6. Шовковиця часто використовується в харчовій промисловості через джерело енергії антоціанів, які демонструють сильні антиоксидантні властивості та використовуються як природний барвник. Оскільки ця рослина має низький вміст калорій, її можна використовувати для приготування гіпокалорійних харчових продуктів і додавати як новий інгредієнт для покращення функціональних властивостей існуючих продуктів. Продукти з доданою вартістю, такі як варення, желе, вино, оцет, чай, сироп, кабачки та багато іншого

РОЗДІЛ II. ОРГАНІЗАЦІЯ, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація проведення досліджень

Постановка експерименту проведена в СНАУ, в лабораторії «Технологій переробки рослинної сировини» за розробленої схемою дослідження (рис.1.)

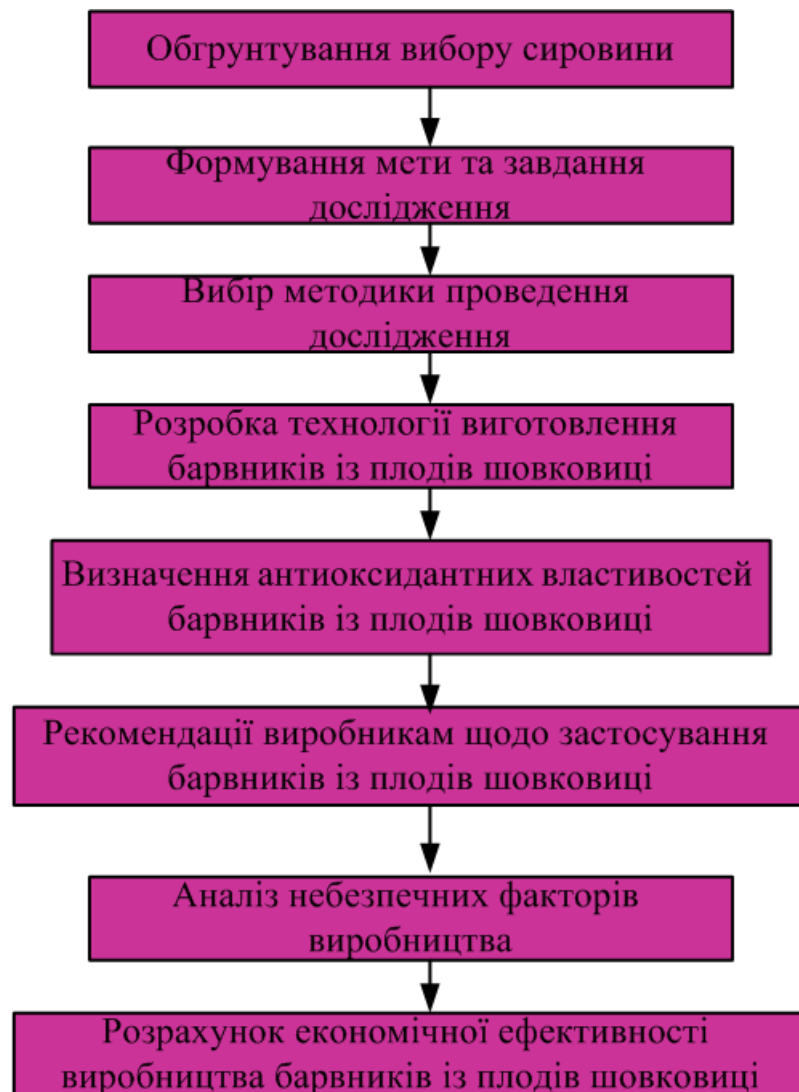


Рис.1. Схема проведення досліджень

Об'єкт дослідження: технологія натуральних барвників із шовковиці.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є плоди шовковиці (рис.2), сироп із плодів шовковиці, порошок із плодів шовковиці, показники їх якості.



Рис.2. Плоди шовковиці

Плоди шовковиці відмивали та підсушували на паперовому рушнику після чого заморожували. Заморожування дає можливість зберігати сировину і переробляти її за потребою. Перед переробкою плоди дефростували та направляли на осмотичну дегідратацію в лабораторній установці для проведення осмотичної дегідратації (рис.3).



Рис.3. Лабораторна установка для проведення осмотичної дегідратації

В якості осмотичного розчину рекомендовано використовувати 70%-й розчин сахарози. Тривалість процесу – 1 година, температура $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

Співвідношення ягід та розчину 1:1. Після попереднього зневоднення, від плодів відокремлювали осмотичний розчин, який використовували в якості барвника та смако-ароматичної добавки для вина.

Частково зневоднені плоди висушували в вакуумній сушарці (рис.4), а після подрібнювали на тонкодисперсні порошки за допомогою лабораторного млина (рис.5).



Рис.4. Вакуум-сушарка



Рис.5. Лабораторний млин

Порошок із плодів шовковиці (рис.6) використовували у виробництві макаронних виробів.



Рис.6. Порошок із шовковиці

Порошок вводили у тісто для виготовлення макаронних виробів. Після варіння колір макаронних виробів зберігався.

2.2. Методика проведення досліджень

pH рідкого барвника визначали за допомогою pH-метра.

Загальний вміст флаваноїдів визначали хроматографічним методом. Аліквоти 0,2 мл 10% розчину барвника із шовковиці змішували з 1 мл реагенту Фоліна-Чокальтеу, попередньо розведеного 1:10 дистильованою водою, з подальшим додаванням 0,8 мл 7,5 % карбонату натрію. Після інкубації при кімнатній температурі протягом 120 хв абсорбцію реакційної суміші вимірювали при 760 нм.

Антиоксидантні властивості барвників визначали за допомогою аналізу заліза-відновлювача/антиоксидантної потужності (метод FRAP). 10 мл розчину барвника змішували з 1,8 мл реагенту FRAP у 40 мМ HCl, 2,5 мл 20 мМ FeCl з і 25 мл 0,3 М ацетатного буфера (pH 3,6) та після 10 хв інкубації при 37 °C поглинання вимірювали при довжині хвилі 593 нм. Калібрувальну криву готували з використанням стандартного розчину Trolox у концентраціях 0–350 нмоль/мл. Результати виражали як значення у мкмоль Trolox/г барвника.

Вміст вітаміну С досліджували хімічним способом.

Масову частку сухих речовин у бузинових порошках досліджували висушуванням до сталої маси.

Масову частку сахарози в бузинових порошках визначали згідно ДСТУ 4954:2008 фотокolorиметричним методом.

Вміст клітковини у бузинових порошках визначали методом Вінда.

Для визначення загального числа мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ): по 1 мл зразка 2 висівали на 2 чашки Петрі та додавали 15–20 мл соєво-казеїнового агару температурою не вище 45 °C. Після застигання агару чашки інкубували при температурі 30–35 °C протягом 5 діб, переглядаючи щодня, фіксуючи кількість КУО на чашках.

Для визначення загального числа дріжджових та плісневих грибів: по 1 мл зразка 2 висіювали на 2 чашки Петрі та додавали 15–20

мл сабурodeкстрозного агару температурою не вище 45 °С. Після застигання агару чашки інкубували при температурі 20–25 °С протягом 7 діб, переглядали щодня, фіксуючи кількість КУО на чашках.

Висновки до розділу 2

1. Для проведення досліджень використовували сировини регіонального значення, зібрану на території Сумської області
2. Розроблено схему дослідження для організації експерименту.
3. Експериментальна частина досліджень проведена в лабораторіях Сумського національного аграрного університету.
4. Підібрано методики аналізу сировини та барвників.

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ПРОДУКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

3.1. Розробка технології виготовлення рідких та порошкових барвників із плодів шовковиці

Розроблено безвідходну технологію виготовлення барвників із плодів шовковиці (рис.7).

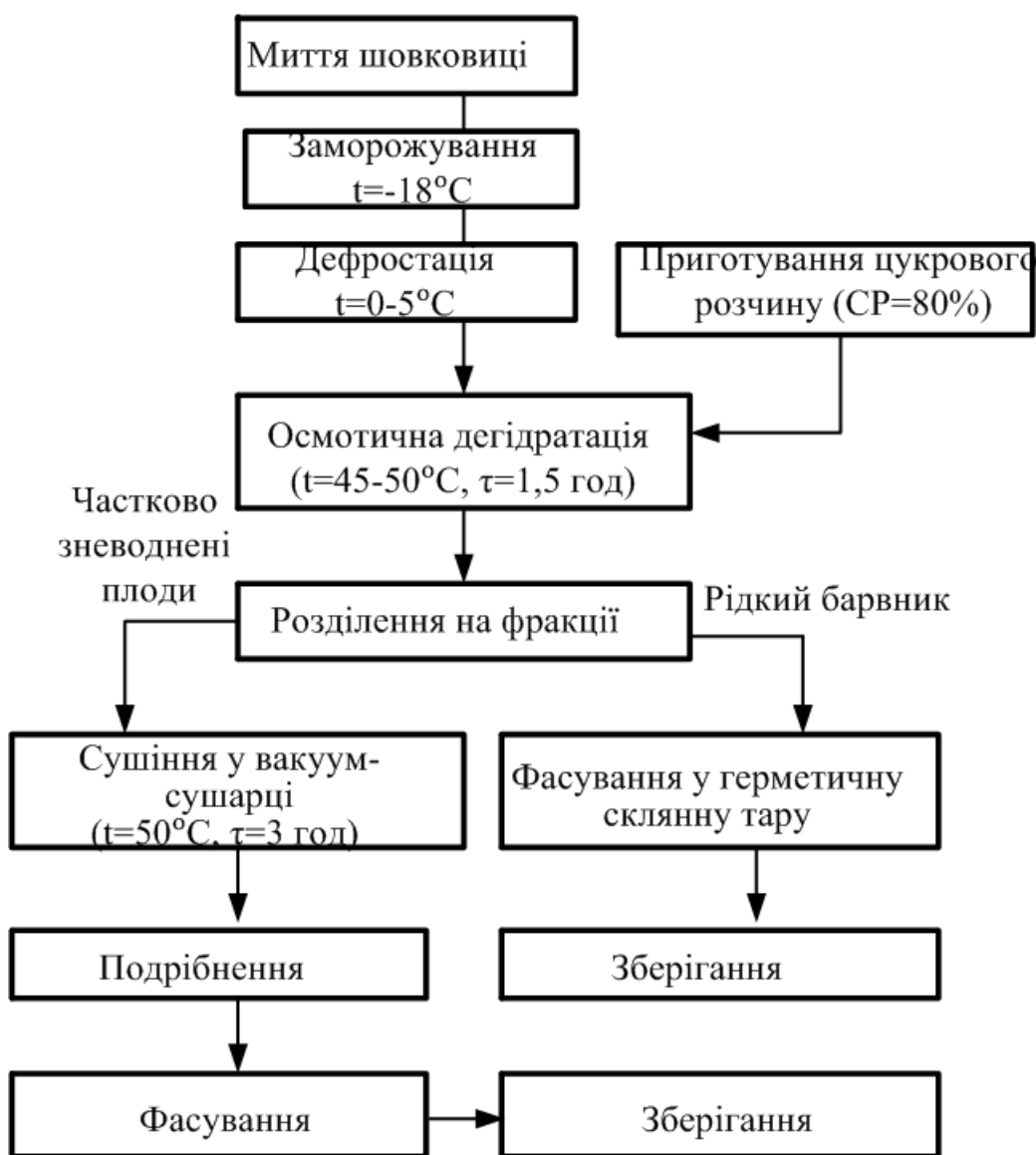


Рис.7. Технологічна схема виробництва барвників із плодів шовковиці чорної

Плоди шовковиці відмиваються у мийній машині для миття плодів та

ягід та підсушуються повітряним вентилятором на стручковому транспортері.

Після чого заморожуються методом шокової заморозки при температурі -18°C . Заморожування дає можливість зберігати сировину і переробляти її за потребою.

Перед переробкою плоди дефростуються в охолоджувальних камерах при температурі $4-5^{\circ}\text{C}$ та направляли на осмотичну дегідратацію в установці для осмотичної дегідратації.

В якості осмотичного розчину використовується 70%-й розчин сахарози. Тривалість процесу – 1 година, температура $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Співвідношення ягід та розчину 1:1. Після попереднього зневоднення, від плодів відокремлюється осмотичний розчин (рис.8), який використовується в якості барвника та смако-ароматичної добавки для виробництва вина.

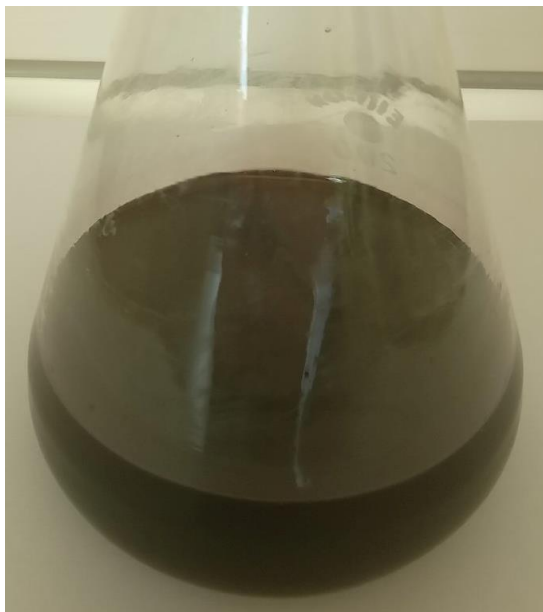


Рис.8. Рідкий барвник із шовковиці

Частково зневоднені плоди шовковиці висушуються в вакуум-сушарках, а після подрібнюються на тонкодисперсні порошки за допомогою дискового млина. Порошкові барвники застосовуються для збагачення тіста при виробництві макаронних виробів.

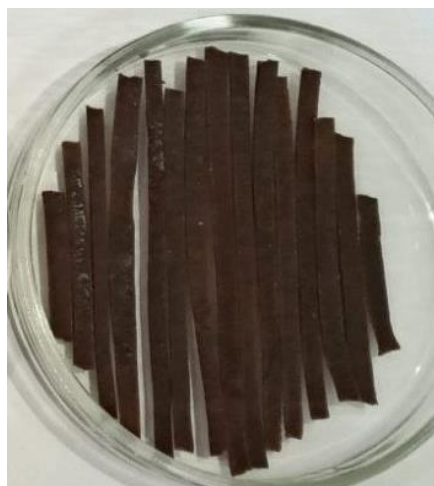


Рис.9. Макаронні вироби із порошком шовковиці

Готові вироби мали характерне для сировини забарвлення, задовільну структуру та зовнішній вигляд. Смак та запах був властивий сировині. Після варки колір зберігався.

3.2. Результати дослідження показників якості рідких барвників із плодів шовковиці

Проаналізовано органолептичні, фізико-хімічні та антиоксидантні властивості рідких барвників виготовлених із плодів шовковиці.

Таблиця 3.1 – Органолептичні показники якості рідких барвників із плодів шовковиці

Найменування показників	Значення
Зовнішній вигляд	Не містить осаду, насіння і сторонніх включень, не властивих продукту
Колір	Темно-фіолетовий. Рівномірний по всьому об'єму, відповідає кольору плодів шовковиці

Закінчення таблиці 3.1

Найменування показників	Значення
Смак та запах	Солодкий, з присмаком шовковиці. Запах характерний шовковиці
Консистенція	Однорідна в'язка плинна консистенція, не драглюється.

Рідкий барвник із плодів шовковиці мав темно-фіолетовий колір, який відповідав кольору плодів шовковиці.

Запах - плодово-ягідний. Смак солодкий. Консистенція барвника була достатньо рідкою. Можливо підвищити в'язкість за рахунок випарювання, проте, при цьому підвищуються енерговитрати на процес.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники якості рідких барвників із плодів шовковиці

Найменування показників	Значення
Масова частка сахарози, %, не більше	34
Масова частка сухих речовин, %, не менше	58
Активна кислотність, од. рН	4,2
Вміст вітаміну С, мг/100 г	1,5
Флавоноїди, мг К/100 г	20
Антиоксидантна активність, ммоль Trolox/100 г	30

У складі рідкого барвника із плодів шовковиці міститься 1,5 мг/100 г вітаміну С та 20 мг К/100 г флавоноїдів. Антиоксидантна активність рідких барвників із шовковиці становить 30 ммоль Trolox/100 г.

За рахунок осмотичної дегідратації видаляється 12% води. Вміст сахарози становить 34%, решта, ймовірно, глюкоза та фруктоза.

3.3. Результати дослідження показників якості порошкових барвників із плодів шовковиці

Було проаналізовано органолептичні, фізико-хімічні та антиоксидантні властивості порошкових барвників із плодів шовковиці.

Таблиця 3.3 – Органолептичні показники якості порошкових барвників із плодів шовковиці

Найменування показників	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішок
Колір	фіолетовий, забарвлення натуральне, рівномірне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодам шовковиці
Смак і запах	Приємний, виражений смак і запах притаманний плодам шовковиці, без сторонніх присмаків і запахів

Порошковий барвник із плодів шовковиці мав привабливий зовнішній вигляд, фіолетовий колір, який відповідав кольору сировини, із якої він був виготовлений. Запах плодово-ягідний, властивий шовковиці. Смак барвника - солодкий.

Враховуючи, що для виробництва порошків використовували цілісні плоди у порошках наявні світлі включення.

Таблиця 3.4 – Фізико-хімічні показники якості порошкових барвників із плодів шовковиці

Найменування показників	Значення
Масова частка вологи, %	6
Дисперсність, мм	0,55

Закінчення таблиці 3.4

Найменування показників	Значення
Активна кислотність, од. рН	4,7
Масова частка редукувальних цукрів, %	54
Вміст вітаміну С, мг/100 г	2
Вміст «сирої» клітковини, %	11
Флавоноїди, мг К/100 г	60
Антиоксидантна активність, ммоль Trolox/100 г	70

Барвники із плодів шовковиці мають високу антиоксидантну активність (70 ммоль Trolox/100 г). В даний час природні антиоксиданти представляють великий інтерес для вчених через їх вплив на біологічні процеси, в яких вони захищають від вільних радикалів, тим самим запобігаючи багатьом небажаним окисним процесам.

Таким чином, пошуки нових джерел цих сполук тривають. Також були проведені дослідження щодо покращення структури природних антиоксидантів для підвищення їх ефективності. Оскільки багато синтетичних антиоксидантів, які використовувалися на сьогоднішній день, поступово вилучаються через їхню токсичність, потенціал природних антиоксидантів зріс, і відповідно зріс інтерес до них. Природні антиоксиданти зазвичай присутні в багатьох овочах і фруктах і часто відповідають за їх колір.

Найбільша група природних антиоксидантів включає поліфенольні сполуки, такі як фенолокислоти, флавоноїди, стильбени, лігнани та лікопін. На початок процесів окислення впливають багато факторів зовнішнього середовища. Тому для запобігання небажаним процесам, що призводять до руйнування живих організмів і матеріалів, використовуються відповідні антиоксиданти. З хімічної точки зору, щоб бути корисним, антиоксидант повинен бути термічно стабільним протягом кожного процесу, оскільки нестабільність має негативні наслідки.

Результати показали, що крім великої кількості барвних речовин 60 мгК/100 г флавоноїдів. Сімейство флавоноїдів включає найбільш поширену групу вторинних рослинних метаболітів, що споживаються людиною, і відповідають за колір багатьох продуктів або сприяють цьому.

Колір флавоноїдних пігментів коливається від біло-кремового до оранжево-червоного та фіолетово-синього. Антоціани представляють найпоширенішу групу природних флавоноїдних барвників на ринку, відповідаючи за більшість кольорів від оранжево-червоного до фіолетово-синього в природі. Флавоноїдні пігменти є ключовими факторами, що визначають колір квітів. Оскільки відомо, що спектри поглинання флавоноїдів сильно залежать від рН, клітинний рН відіграватиме вирішальну роль у забарвленні квітки.

Флавоноїди зосереджені в вакуолях епідермальних клітин квітів, і, таким чином, спектри поглинання пігментів модулюються вакуольним рН. Антоціанові пігменти є розчинними у воді та концентруються в клітинах епідермісу, де пігменти є найбільш ефективними для створення інтенсивного забарвлення. Флавоноїди демонструють не тільки антиоксидантні властивості, але й проокислювальні властивості.

У порошкових барвниках із плодів шовковиці міститься значна кількість клітковини (11%). Крім того, у їх складі зберігається вітамін С (2 мг/100г). Порошки мають високий вміст сухих речовин (94%).

Вітамін С відіграє важливу роль у ряді метаболічних функцій, включаючи активацію вітаміну В, фолієвої кислоти, перетворення холестерину в жовчні кислоти та перетворення амінокислоти, триптофану, на нейромедіатор серотонін. Це антиоксидант, який захищає організм від пошкодження вільними радикалами. Його використовують як лікувальний засіб при багатьох захворюваннях і розладах. Вітамін С захищає імунну систему, зменшує вираженість алергічних реакцій і допомагає боротися з інфекціями.

3.4. Рекомендації виробникам щодо застосування барвників із плодів шовковиці

Представлена технологія є маловідходною і сприяє комплексній переробці плодів шовковиці чорної. Шовковиця чорна є досить поширеною регіональною сировиною, зона її зростання поширена на всю територію України. Не дивлячись на широке розповсюдження. Вона досить рідко використовується у харчовій промисловості України.

Можливі напрямки застосування барвників представлено на рис.10.

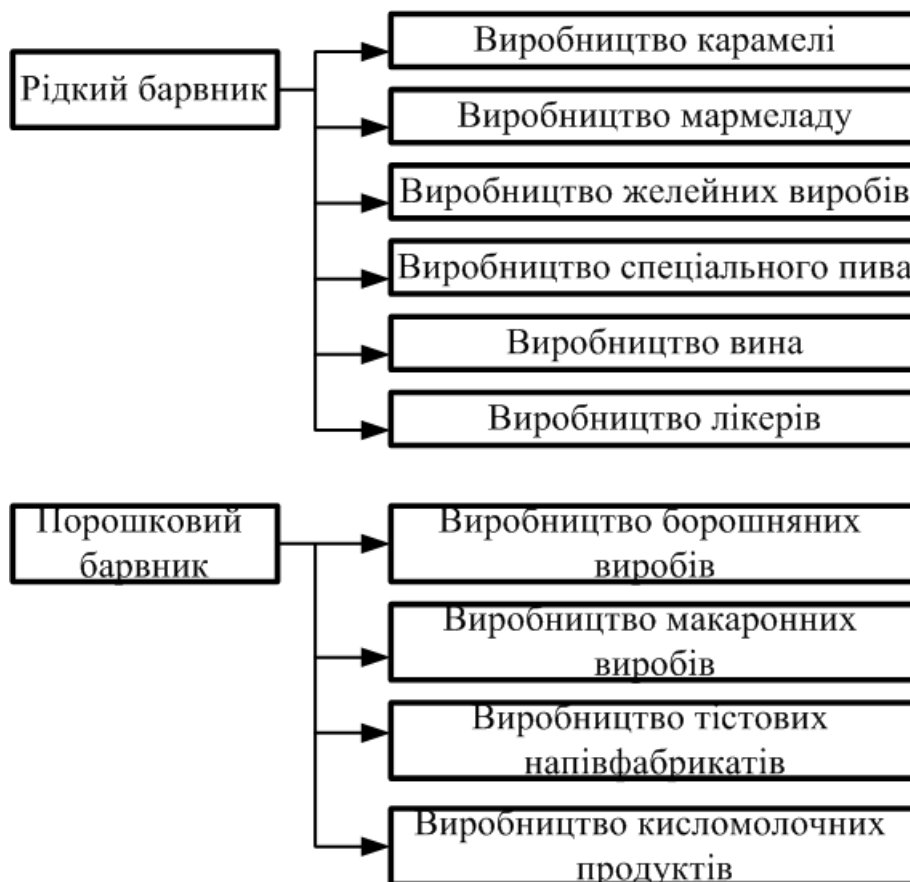


Рис.10. Напрямки застосування барвників із шовковиці

Рідкі барвники дають оптимальні результати при використанні в м'яких виробках. Отже, у виробництві напоїв дуже часто використовуються рідкі барвники. Рідкі барвники ідеально підходять для цукерок, льодяників, глазури та тортів. У хлібопекарській промисловості часто використовують рідкі харчові барвники для фарбування тіста та глазури.

Порошкові найзручніші для зберігання та мають довший термін зберігання, ніж інші форми харчових барвників. Порошкоподібні харчові барвники в основному використовують для фарбування сухих продуктів. Глазур з вершкового крему, білий шоколад, складні покриття та різні інші супутні продукти також містять харчові барвники у формі порошку.

Натуральні харчові барвники були частиною нашої їжі протягом століть і, отже, є невід'ємною частиною раціону людини. У харчовій промисловості завжди є бажання зберегти природний колір їжі. Однак дуже часто виробники харчових продуктів використовують натуральні харчові барвники, щоб компенсувати втрати кольору під час обробки та обробки харчових продуктів.

Рекомендований термін зберігання рідких барвників у скляній герметичній тарі – 6 місяців, порошкових – 12 місяців у герметичних поліетиленових дрип-пакетах без прямого доступу світла.

Висновки до розділу 3

1. Рідкий барвник із плодів шовковиці мав привабливий зовнішній вигляд, темно-фіолетовий колір. Запах – фруктовий, плодово-ягідний. Смак солодкий. Консистенцію рідку.
2. Рідкий барвник із шовковиці містить 1,5 мг/100 г вітаміну С та 20 мг К/100 г флаванолів. Антиоксидантна активність рідких барвників із шовковиці становить 30 ммоль Trolox/100 г.
3. Порошковий барвник із шовковиці мав фіолетовий колір, солодкий смак та фруктовий запах.
4. Кількість барвних речовин у порошковому барвнику складає 60 мгК/100 г флавоноїдів.
5. Вміст харчових волокон становить 11%.
6. За рахунок попередньої обробки осмотичною дегідратацією та низькотемпературного сушіння вміст вітаміну С у барвнику становить 2 мг/100г.

7. Масова частка сухих речовин у порошковому барвнику становить 94%.
8. Розроблено рекомендації щодо можливих напрямків застосування барвників із шовковиці при виробництві різноманітних харчових продуктів.
9. Рекомендований термін зберігання рідких барвників у скляній герметичній тарі – 6 місяців, порошкових – 12 місяців у герметичних поліетиленових дрип-пакетах без прямого доступу світла.

РОЗДІЛ IV. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЦТВА БАРВНИКІВ ІЗ ШОВКОВИЦІ

Кольори та харчові добавки суворо вивчаються, контролюються та контролюються. FDA вимагає належних доказів того, що кожна речовина, додана до харчового барвника, безпечна. Оцінюючи безпеку барвної добавки або харчового барвника щодо того, чи варто їх схвалювати, FDA враховує такі моменти:

- Властивості і склад речовини,
- Кількість, яка зазвичай споживається,
- Його миттєвий і довгостроковий вплив на здоров'я,
- Інші фактори безпеки.

Управління з харчових продуктів і медикаментів (FDA) у США оцінює як натуральні, так і синтетичні харчові барвники. В Європі його оцінює EFSA (Європейське агентство з безпеки харчових продуктів), а в Австралії та Новій Зеландії – FSANZ і MPI.

Багато неправильних уявлень про харчові барвники все ще існує, незважаючи на всі підтвердження, надані науково-дослідницькими агенціями, а також державними установами, такими як FDA. У всьому світі харчові барвники регулюють FDA, Європейський Союз (ЄС), Об'єднаний експертний комітет ФАО/ВООЗ з харчових добавок (JECFA) і Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA).

Постійно зростає побоювання щодо використання багатьох легальних харчових барвників. Промисловість також докладає зусиль і робить перші кроки для заміни цих синтетичних харчових барвників натуральними та більш органічними варіантами. Крім того, різні харчові барвники, які підозрюються або відомі як такі, що мають канцерогенні або генотоксичні властивості, використовуються незаконно. Існує потреба в надійних та інноваційних програмах, які могли б гарантувати, що наші харчові продукти не містять

шкідливих барвників або барвників, використовуючи надійні процедури виявлення.

Основними проблемами безпеки харчових продуктів у сфері харчових барвників є наявність незаконних і шкідливих барвників, заміна натуральних барвників штучними барвниками та відсутність загальновизнаних єдиних стандартів харчових барвників.

Було багато занепокоєння щодо можливих шкідливих побічних ефектів, які можуть спричинити штучні та синтетичні барвники. Синтетичні барвники, що спричиняють гіперактивну поведінку у дітей, досі є невизначеною та недостатньо дослідженою проблемою. Через підозри існує тенденція до вилучення таких барвників із системи ланцюга поставок харчових продуктів. Особливо в кондитерських виробках Агентство харчових стандартів Великобританії вже підтримало добровільне вилучення синтетичних барвників з продуктів. Проте не завжди легко замінити синтетичні барвники натуральними. Крім того, не всі натуральні кольори кращі за синтетичні, тому потрібно багато працювати.

Існує також високий ризик шахрайства з харчовими продуктами, особливо коли в хід застосовуються заборонені синтетичні барвники. Професійно підготовлені аудитори повинні бути поінформовані про ризик шахрайства з харчовими продуктами в ланцюгах постачання харчових продуктів, включаючи шахрайство, пов'язане з харчовими барвниками.

Глобалізація харчових продуктів призвела до того, що люди споживають їжу майже з усіх частин світу. Відсутність єдиних правил у відділі харчових барвників спричинила перебої та проблеми у міжнародній торгівлі. Крім того, у всьому світі бракує єдиної політики контролю харчових барвників. Таким чином, ми не можемо виключити можливість шкідливих барвників, присутніх у продуктах місцевого виробництва. Ймовірність цього є значно вищою, особливо в країнах, що розвиваються.

Розроблено кілька методів перевірки харчових продуктів на наявність шкідливих барвників. Визнані лабораторії надають свої послуги з виявлення

нелегальних барвників у продуктах харчування. Тим не менш, для захисту найкращих інтересів споживачів існує реальна потреба в додаткових передових дослідженнях і розширених моніторингових заходах.

Визначення нових забруднювачів і домішок у харчовій промисловості є ще одним викликом. Цю проблему необхідно вирішувати ґрунтовно та швидко не лише в розвинутих країнах, а й у країнах, що розвиваються, як першочергове питання. Необхідно розробити недорогі та швидкі методи кольорового скринінгу, щоб гарантувати, що харчові продукти не містять шкідливих барвників, і пом'якшити шахрайство з харчовими продуктами.

Таблиця 4.1 - Основне європейське законодавство щодо натуральних харчових барвників

Регулювання	Кольори	Фарбування харчових продуктів
Загальне харчове законодавство	Регламент (ЄС) № 178/2002	
Харчові добавки, які можна використовувати в барвниках/фарбувальних продуктах	Додаток III до Регламенту 1333/2008	Додаток II до Регламенту 1333/2008
Нова їжа	NA	Регламент (ЄС) 2015/2283
Регулювання прозорості	Регламент (ЄС) 2019/1381	
У виробництві використовується фермент	Регламент (ЄС) № 231/2012	Регламент (ЄС) № 1332/2008
Екстракційні розчинники	Регламент (ЄС) № 231/2012	Директива 2009/32/ЕС

Закінчення таблиці 4.1

Алюмінієві озера	Дозволено для деяких кольорів – Додаток II до Регламенту (ЄС) № 1333/2008	Не авторизовано
Домішки/забруднювачі	Регламент (ЄС) № 231/2012 Регламент (ЄС) № 1881/2006	Регламент (ЄС) № 1881/2006
Пестициди на кормах і харчових продуктах	Регламент (ЄС) № 396/2005	
Маркування	Розділ IV Регламенту (ЄС) № 1333/2008 Регламент (ЄС) № 1169/2011	Регламент (ЄС) № 1169/2011
Біорізноманіття	Регламент (ЄС) 338/97 Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни та флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES) Регламент ЄС 511/2014 Нагойський протокол щодо доступу та спільного використання вигод (ABS)	
Класифікація, маркування та пакування (CLP)	Регламент 1272/2008	

Окрім сертифікації HACCP, більшість покупців вимагають стандартів управління якістю або сертифікатів, таких як стандарти Міжнародної організації стандартизації (ISO 22000, 9001), сертифікації систем безпечності харчових продуктів (FSSC 22000), глобальних стандартів Британського консорціуму роздрібної торгівлі (BRCGS), міжнародних рекомендованих

стандартів (IFS) або інший сертифікат, визнаний Глобальною ініціативою з безпеки харчових продуктів (GFSI). Малі та середні покупці зазвичай просять лише сертифікат HACCP, а інші бачать як бонус.

Схема виробничого контролю представлена на рис.10.

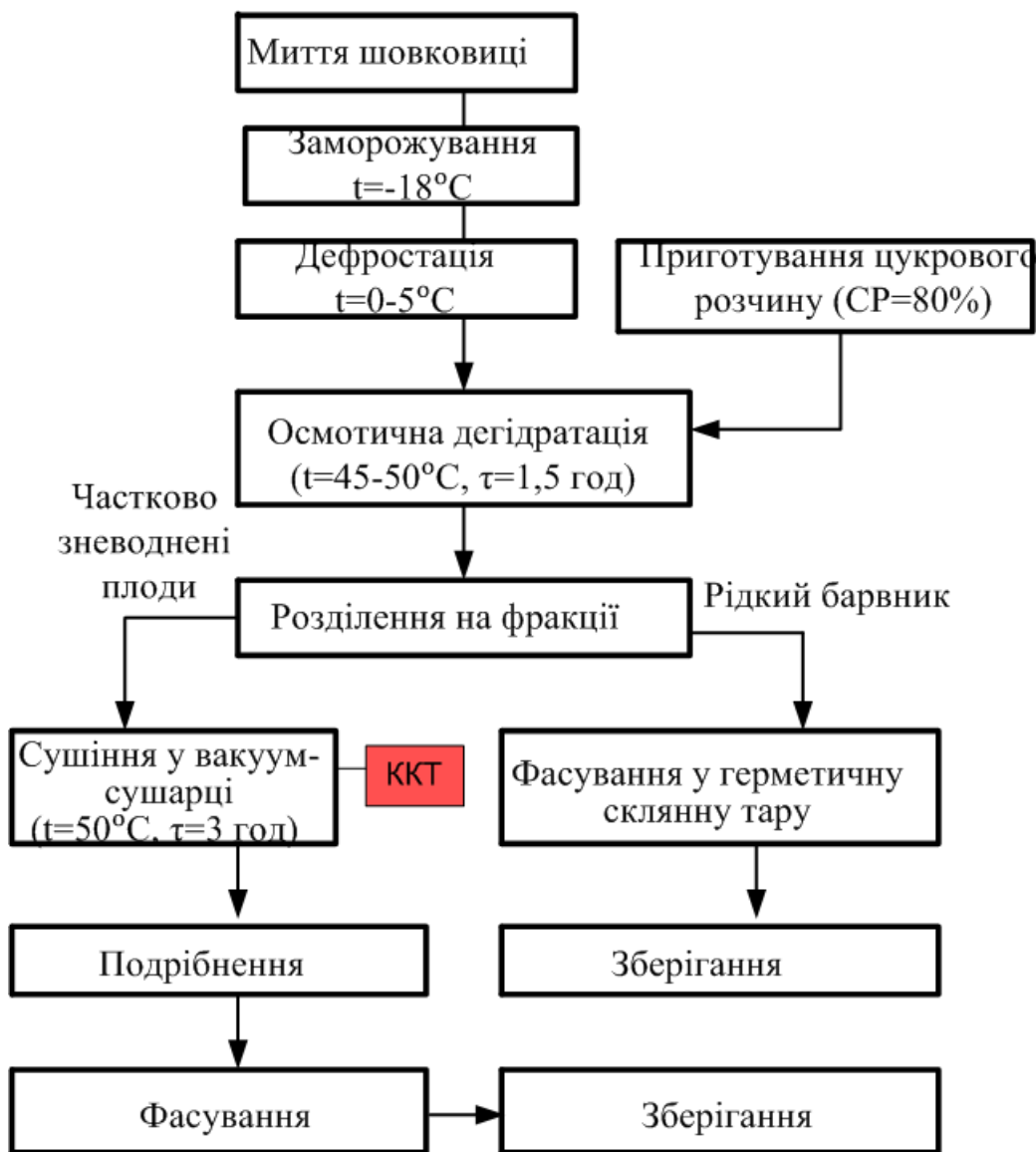


Рис.10. Схема контролю за критичними точками

У виробництві барвників із плодів шовковиці встановлено одну ККТ – під час сушіння частково зневоднених плодів.

З метою отримання якісних та безпечних барвників на всіх етапах виробництва проводиться контроль. Точки контролю та його особливості представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Етапи технологічного контролю

Етап процесу	Потенційна небезпека	Опис небезпеки	ТК	Критичні границі	Заходи контролю
Приймання сировини	Мікробіологічне забруднення	Наявність патогенних мікроорганізмів, мікотоксикозів	Так	Відсутність патогенів в кількості, що перевищує допустиму норму	Перевірка якості сировини при прийманні
	Забруднення токсичними речовинами та радіонуклідами	Перевищення вмісту даних речовин може бути шкідливим для здоров'я	Так	Відсутність радіонуклідів та токсинів в концентраціях, що перевищують допустиму норму	Визначення вмісту радіонуклідів та токсичних речовин
Заморожування	Недостатня температурна обробка	Неповне знищення вегетативних форм бактерій мікрофлори	Так	Температура -18°C протягом 30 сек	Контроль температури та часу заморожування

Закінчення таблиці 4.2

Дефростація	Недостатня температурна обробка	Неповне знищення вегетативних форм бактерій мікрофлори	Так	Температура 2-4°C протягом 30 хв	Контроль температури та часу дефростації
Сушіння	Недостатня температурна обробка	Неповне знищення вегетативних форм бактерій мікрофлори в плодах	Так	Температура 50-55°C протягом 2 год	Контроль температури та часу сушіння

Харчові барвники відіграють важливу роль у сучасній промисловості. Це допомагає виробнику компенсувати втрату кольору під час обробки. Крім того, це допомагає у розвитку бренду, робить продукти більш бажаними, приваблює споживачів і сприяє маркетингу.

Оскільки світова торгівля зростає, існує потреба в розробці міжнародно визнаних стандартів харчових барвників. Компетентні органи повинні вжити серйозних заходів і не допустити використання шкідливих барвників. Потрібні додаткові дослідження та розробки, щоб розробити швидкі процедури виявлення шкідливих барвних речовин у харчових продуктах, щоб забезпечити безпечне виробництво та споживання їжі, чого хочуть споживачі.

Питання щодо їх токсичності та реального впливу на населення регулярно перевіряються відповідними агентствами безпеки харчових продуктів, такими як EFSA та JECFA. Категорії харчових продуктів, у яких застосовуються барвники, можна знайти в європейській базі даних і базі даних Управління з контролю за продуктами й ліками США.

Також регулярно перевіряється наявність харчових барвників у певних харчових продуктах. Поточні обмеження ADI, встановлені органами безпеки, здебільшого узгоджуються та здаються безпечними. У деяких випадках було

виявлено новий механізм дії, що відкриває дорогу для фармакологічного перепрофілювання цих сполук.

Останнім часом точаться дискусії щодо використання функціональних харчових добавок, які можуть покращити здоров'я людини, замість потенційно шкідливих. Основна ідея полягає у використанні виключно нетоксичних харчових добавок на рослинній основі, які є безпечними як з точки зору здоров'я, так і з точки зору навколишнього середовища

Висновки до розділу 4

Аналіз технології виробництва сиру халумі дозволив ідентифікувати основні небезпечні чинники та заходи щодо їх мінімізації.

Впровадження системи контролю якості НАССР, дотримання санітарно-гігієнічних норм і контроль технологічних параметрів гарантують стабільність виробництва та високу якість готового продукту.

РОЗДІЛ V. РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОГО ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ БАРВНИКІВ ІЗ ШОВКОВИЦІ

В таблиці 5.1 представлено розрахунок витрат на сировину на виробництво барвників із плодів шовковиці, переробку 100 кг шовковиці щоденно.

Таблиця 5.1 - Витрати на сировину та основні матеріали

Сировина	Порошок (10 кг) / сироп (100 кг)		
	Норма, кг	Ціна, грн/кг	Вартість, грн
Шовковиця	100	20	200
Цукор	70	30	2100
Разом:			2300

У статтю «Допоміжні матеріали» включаються затрати на придбання пакувального матеріалу та тари (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Витрати на допоміжні та таропакувальні матеріали

Сировина	Порошок (10 кг)			Сироп (100 кг)		
	Норма, шт	Ціна, грн/м	Вартість, грн	Норма на 100 кг	Ціна, грн/м	Вартість, грн
ПЕТ дрип-пакети	1	10	10	-	-	-
Скляні пляшки з кришками	-	-	-	100	3	300
	Разом:					310

Для розрахунку статті «Енерговитрати» (табл. 5.3) використовуємо норми витрат електро- та енергоресурсів на випуск одиниці продукції (пара, електроенергія, вода, холод).

Таблиця 5.3 - Енерговитрати на технологічні цілі

Сировина	Порошок (10 кг)			Сироп (100 кг)		
	Норма на кг/1000кг	Ціна, грн	Вартість, грн	Норма на кг/1000кг	Ціна, грн	Вартість, грн
Вода, м³	10	11,40	114,0	10	11,40	114,0
Електроенергія, кВт/год	2	1,930 2	3,86	2	1,9302	3,86
Разом:			117,86			117,86

В таблиці 5.4 представлено розрахунок відпускної ціни барвників.

Таблиця 5.4 - Розрахунок відпускних цін

Денний обсяг виробництва, кг	Відпускна ціна, грн/кг	Вартість реалізованої продукції, тис. грн. (денна)	Вартість реалізованої продукції (валового доходу), тис. грн. (річна)
100	50	5000	1200000
10	800	8000	1920000
Разом:		13000	3120000

На основі розрахунку вартості реалізованої продукції, розраховано виробничу програму щодо даного продукту.

Розрахунок виробничої програми представлено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Обсяг виробництва продукції в вартісному виразі

Найменування продукції	Випуск продукції в рік, од	Діюча оптова ціна за 1 кг	Вартість товарної продукції, тис. грн.
Порошок (10 кг)	5000	60	300000
Сироп (100 кг)	8000	850	204000

Основні техніко-економічні показники з виробництва бузинових барвників представлено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниці виміру	Порошок (10 кг)	Рідкий барвник (100 кг)
Виробнича потужність підприємства за основними видами продукції	т	0,001	0,1
Виручка від реалізації	грн.	5000	8000
Повна собівартість виробленої продукції	грн.	50	800
Витрати на 1 грн. виробленої продукції	грн.	4,9	4,9
Валовий прибуток	грн.	10372,1	
Рентабельність	%	15	

Таким чином, виробництво барвників із плодів шовковиці є рентабельним.

Висновки до розділу 5

1. Рентабельність виробництва барвників із плодів шовковиці становить 15%
2. Рекомендована вартість порошкового барвника становить 800 грн за 1 кг, рідкого – 50 грн за 1 кг.

ВИСНОВКИ

1. Шовковиця — один із маловикористовуваних фруктів, який є багатим джерелом різноманітних фенольних сполук (галова кислота, кверцетин, рутин), флавоноїдів (антоціанів), крім різноманітних вітамінів (А, С, К), мінералів (К, Са, Р, Na, Mg), вуглеводів і жирних кислот.
2. Рідкий барвник із плодів шовковиці мав привабливий зовнішній вигляд, темно-фіолетовий колір. Запах – фруктовий, плодово-ягідний. Смак солодкий. Консистенцію рідку.
2. Рідкий барвник із шовковиці містить 1,5 мг/100 г вітаміну С та 20 мг К/100 г флаваноїдів. Антиоксидантна активність рідких барвників із шовковиці становить 30 ммоль Trolox/100 г.
3. Порошковий барвник із шовковиці мав фіолетовий колір, солодкий смак та фруктовий запах.
4. Кількість барвних речовин у порошковому барвнику складає 60 мгК/100 г флавоноїдів.
5. Вміст харчових волокон у порошковому барвнику становить 11%.
6. За рахунок попередньої обробки осмотичною дегідратацією та низькотемпературного сушіння вміст вітаміну С у барвнику становить 2 мг/100г.
7. Масова частка сухих речовин у порошковому барвнику становить 94%.
8. Розроблено рекомендації щодо можливих напрямків застосування барвників із шовковиці при виробництві різноманітних харчових продуктів.
9. Рекомендований термін зберігання рідких барвників у скляній герметичній тарі – 6 місяців, порошкових – 12 місяців у герметичних поліетиленових дрип-пакетах без прямого доступу світла.
10. Рентабельність виробництва барвників із плодів шовковиці становить 15%
11. Рекомендована вартість порошкового барвника становить 800 грн за 1 кг, рідкого – 50 грн за 1 кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alegbe E.O., Uthman T.O. (2024). review of history, properties, classification, applications and challenges of natural and synthetic dyes. Volume 10, Issue 13, 15 July 2024, e33646
2. Garfield, S. (2002). Mauve: how one man invented a color that changed the world. WW Norton & Company.
3. Mahltig, B., & Böttcher, H. (2020). Metal Complexes as mordants in natural dyeing and printing—options and Challenges. *Molecules*, 25(16), 36-37.
4. Mongkholrattanasit, R., Kryštůfek, J., Wiener, J., & Studničková, J. (2011). Natural dye from eucalyptus leaves and application for wool fabric dyeing by using padding techniques. *Natural dyes*, 57-78.
5. V.S. Meena, J.S. Gora, A. Singh, C. Ram, N.K. Meena, A. Pratibha, Y. Roupheal, B. Basile, P. Kumar
Underutilized fruit crops of Indian arid and semi-arid regions: importance, conservation and utilization strategies *Horticulturae*, 8 (2) (2022), p. 171, 10.3390/horticulturae8020171.
6. S. Gozlekci, H.I. Uzun, A. Yegin Some physico-chemical characteristics of mulberry grown in western Turkey. *Acta Hortic.*, 1106 (2015), pp. 191-198, 10.17660/ActaHortic.2015.1106.30/
7. S. Parida, K. Rayaguru/ Mulberry cultivation and its phytochemical benefits: a review *J. Nat. Rem.*, 21 (5) (2021), p. 33/
8. A. Skender, D. Becirspahic Some physicochemical characteristics of black and white mulberry genotypes from Bosnia and Herzegovina/ *Genetika*, 51 (3) (2019), pp. 1089-1101, 10.2298/GENSR1903089S/
9. O. Grygorieva, M.M.G. National, B. Garden, J. Brindza/ Biological properties of black mulberry-derived food products (*Morus nigra* L.) *J. Berry Res.*, 6 (3) (2016), pp. 333-343, 10.3233/JBR-160141/
10. S. Saensouk, R. Senavongse, C. Papayrata, T. Chumroenphat/ Evaluation of color, phytochemical compounds and antioxidant activities of mulberry fruit

- (*Morus alba* L.) during ripening/ *Horticulturae*, 8 (12) (2022), p. 1146, 10.3390/horticulturae8121146/
- 11.F. Aljane, N. Sdiri/ Morphological, phytochemical and antioxidant characteristics of white (*Morus alba* L.), red (*Morus rubra* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry fruits grown in arid regions of Tunisia/ *Agri. BioTech.*, 35 (1) (2016), pp. 1940-1947/
 - 12.C. Chen, L.J. You, A.M. Abbasi, X. Fu, R.H. Liu, C. Li Characterization of polysaccharide fractions in mulberry fruit and assessment of their antioxidant and hypoglycemic activities in vitro/ *Food Funct.*, 7 (1) (2016), pp. 530-539, 10.1039/c5fo01114k/
 - 13.E. Aydın, T. Yarılgaç, S. Bostan, A. Turan/ Selection of mulberry (*Morus alba*) in artvin/ *Acta Hort.*, 1139 (2016), pp. 25-30, 10.17660/ActaHortic.2016.1139.5/
 - 14.F. Koyuncu, M. Çetinbaş, E. İbrahi. Nutritional constituents of wild-grown black mulberry (*Morus nigra* L.)/ *J. Appl. Botany Food Quality*, 87 (2014), pp. 93-96, 10.5073/JABFQ.2014.087.014.
 - 15.El-baz, F.K., Abd-alla, H.I., & Aly, H.H. (2017). Phytochemical analysis, assessment of antiproliferative and free radical scavenging activity of *morus alba* and *morus rubra* fruits. 10(6):189. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i6.18029/>
 - 16.S. Skrovankova, S. Ercisli, G. Ozkan, G. İlhan, H.I. Sagbas, N. Karatas, T. Jurikova, J. Mlcek. Diversity of phytochemical and antioxidant characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) fruits from Turkey. *Antioxidants*, 11 (7) (2022), p. 1339, 10.3390/antiox11071339/
 - 17.R.K. Shukla, D. Painuly, A. Shukla, V. Kumar, J. Singh, A. Porval, S. Vats/ Physical evaluation, proximate analysis and antimicrobial activity of *morus nigra* seeds/ *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 7 (1) (2015), pp. 191-197.
 - 18.S. Banu, N.R. Jabir, N.C. Manjunath Reduction of post-prandial hyperglycemia by mulberry tea in type-2 diabetes patients/ *Saudi J. Biol. Sci.*, 22 (1) (2015), pp. 32-36, 10.1016/j.sjbs.2014.04.005.

- 19.M. Rahman, A. Akther, S. Yeasmin, S. Rahman, S. Ferdousi, K. Das, M.A. Sayeed/ Comparative studies on the physicochemical characteristics, nutritional value and antimicrobial activities of two varieties indigenous mulberry (*Morus alba* L. and *morus nigra* L.) seeds Int. J. Curr. Res. Chem. Pharm. Sci., 1 (7) (2014), pp. 44-50.
- 20.O. Margareta, C.R. Diana, C.G. Maria, R. Mariana, P. Tatiana, V. Iulia. Effect of dietary mulberry (*Morus alba*) leaves on performance parameters and quality of breast meat of broilers effect of dietary mulberry (*Morus alba*) leaves on performance parameters and quality of breast meat of broilers. Indian. J. Anim. Sci., 85 (3) (2015), pp. 291-295, 10.56093/ijans.v85i3.47328.
- 21.M. Ackah, L. Guo, S. Li, X. Jin, C. Asakiya, E.T. Aboagye, F. Yuan, M. Wu, L.G. Essoh, D. Adjibolosoo, et al. DNA methylation changes and its associated genes in mulberry (*Morus alba* L.) yu-711 response to drought stress using methylrad sequencing/ Plants, 11 (2022), p. 190, 10.3390/plants11020190.
- 22.P. Wen, T.G. Hu, R.J. Linhardt, S.T. Liao, H. Wu, Y.X. Zou/ Mulberry: a review of bioactive compounds and advanced processing technology/ Trends Food Sci. Technol., 83 (2019), pp. 138-158, 10.1016/j.tifs.2018.11.017.
- 23.I. Turan, S. Demir, K. Kilinc, N.A. Burnaz, S.O. Yaman, K. Akbulut, A. Mentese, Y. Aliyazicioglu, O. Deger. Antiproliferative and apoptotic effect of *morus nigra* extract on human prostate cancer cells. Saudi Pharm. J., 25 (2) (2017), pp. 241-248, 10.1016/j.jsps.2016.06.002.
- 24.G.K. Rohela, P. Shukla, K.R. Muttanna, S.R Chowdhury. Mulberry (*Morus* spp.): an ideal plant for sustainable development. Trees For People, 2 (4) (2020), Article 100011, 10.1016/j.tfp.2020.100011.
- 25.S.P. Eydurán, S. Ercisli, M. Akin, O. Beyhan, M.K. Gecer, E. Eydurán, Y.E. Ertürk. Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry genotypes. J. Appl. Botany Food Quality, 88 (2015), pp. 134-138, 10.5073/JABFQ.2015.088.019.

- 26.I. Kim, J. Lee. Variations in anthocyanin profiles and antioxidant activity of 12 genotypes of mulberry (*Morus* spp.) fruits and their changes during processing Antioxidants, 9 (3) (2020), p. 242, 10.3390/antiox9030242.
- 27.F. Afzal, W. Khalid, M. Naveed Asif, A. Jabeen, R. Prakash Jha, M. Zubair Khalid, C. Fizza, A. Aziz, R. Akram, A. Bashir, S. Younas, F. Nayyer, R. Yasin, M. Zeeshan Ahmad. Role of mulberry leaves in human nutrition: a review. Acta Scientific Nutr. Health, 4 (3) (2021), pp. 43-50, 10.31080/asnh.2020.05.0831.
- 28.N.S. Thakur, H. Hamid, V.K Joshi. Development of jelly from mulberry (*Morus alba* L.) and its quality evaluation during storage. Int. J. Food Ferment. Technol., 6 (2) (2016), p. 317, 10.5958/2277-9396.2016.00056.8.
- 29.P. Komolka, D. Górecka, K. Szymandera-Buszk, A. Jędrusek-Golińska, K. Dziedzic, K & Waszkowiak. Sensory qualities of pastry products enriched with dietary fiber and polyphenolic substances. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment, 15 (2) (2016), pp. 161-170, 10.17306/J.AFS.2016.2.16.
- 30.Karadağ, A. Özgüven, Ş. Duman, B. Özkal, B Özçelik. Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessability studies. Food Chem., 201 (2016), pp. 205-212, 10.1016/j.foodchem.2016.01.091.
- 31.S. Yazdankhah, M. Hojjati, M.H. Azizi. The antidiabetic potential of black mulberry extract-enriched pasta through inhibition of enzymes and glycemic index. Plant Foods Hum. Nutr., 74 (1) (2019), pp. 149-155, 10.1007/s11130-018-0711-0.
- 32.R. Byamukama, M. Andima, A. Mbabazi, B.T. Kiremire. Anthocyanins from mulberry (*Morus rubra*) fruits as potential natural colour additives in yoghurt. Afr. J. Pure Appl. Chem., 8 (12) (2014), pp. 182-190, 10.5897/AJPAC2014.0594.
- 33.İ. Şengün, G. Kılıç. Survival of foodborne pathogens in homemade fig and mulberry vinegars. Turk. J. Agric. - Food Sci. Technol., 8 (9) (2020), pp. 1833-1839, 10.24925/turjaf.v8i9.1833-1839.3303.

- 34.F. Yan, X. Zheng. Anthocyanin-rich mulberry fruit improves insulin resistance and protects hepatocytes against oxidative stress during hyperglycemia by regulating ampk/acc/mtor pathway. *J. Funct. Foods*, 30 (2017), pp. 270-281, 10.1016/j.jff.2017.01.027.
- 35.A. Kurt, K. Bursa, O.S. Toker. Gummy candies production with natural sugar source: effect of molasses types and gelatin ratios. *Food Sci. Technol. Int.*, 28 (2) (2022), pp. 118-127, 10.1177/1082013221993566.
- 36.V.S. Ramya, S. Chandrashekar. Development of value added products from mulberry leaves. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 9 (3) (2020), pp. 1321-1330, 10.20546/ijcmas.2020.903.154.
- 37.S. Singh, P. Tripath. Utilization of dried morus alba leaves for value added product. *Int. J. Adv. Res.*, 4 (2) (2016), pp. 728-731.
- 38.Gulia, G. Yadav, B Yadav. Development of mulberry enriched fruit jam by replacing refined sugar with mulberry fruit. *Int. J.*, 9 (01) (2020), pp. 4079-4083.
- 39.X. Huang, L. Sun, K. Dong, G. Wang, P. Luo, D. Tang. Mulberry fruit powder enhanced the antioxidant capacity and gel properties of hammered minced beef : oxidation degree, rheological, and structure. *LWT*, 154 (2022), Article 112648, 10.1016/j.lwt.2021.112648
- 40.Memete AR, Teusdea AC, Timar AV, Vuscan AN, Mintaş OS, Cavalu S, Vicas SI. Effects of Different Edible Coatings on the Shelf Life of Fresh Black Mulberry Fruits (*Morus nigra* L.). *Agriculture*. 2022; 12(7):1068. <https://doi.org/10.3390/agriculture12071068>
- 41.Hojjatpanah G., Fazaeli M., and Emam-Djomeh Z., Effects of heating method and conditions on the quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate, *International Journal of Food Science & Technology*. (2011) 46, no. 5, 956–962, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02573.x>, 2-s2.0-79954493646.
- 42.Buhroo Z. I., Bhat M. A., Malik M. A., Kamili A. S., Ganai N. A., and Khan I. L., Trends in development and utilization of sericulture resources for

- diversification and value addition, International Journal of Entomological Research. (2018) 6, no. 1, 27–47, <https://doi.org/10.33687/entomol.006.01.2069>.
43. Karataş N. and Şengül M., Effect of storage on some chemical and physical properties, antioxidant activity of mulberry pekmez, Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. (2018) 5, no. 1, 34–43.
 44. Singhal B.K., Khan M.A., Dhar A., Baqual F.M., Bindroo B.B. Approaches to industrial exploitation of Mulberry (*Mulberry* sp.) fruits. J. Fruit Ornam. Plant Res. 2010.
 45. Ghosh A, Gangopadhyay D, Chowdhury T. Economical and environmental importance of mulberry: A review. International Journal of Plant and Environment. 2017;3(2):51-58
 46. Srivastava S, Kapoor R, Thathola A, Srivastava RP. Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*). International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2016;57(5-6):305-313
 47. Jalikop SH, Kumar R, Shivashankara KS. Variability in mulberry (*Morus* spp.) accessions for plant and fruit traits and antioxidant properties. Acta Horticulturae. 2011;890(890):267-272