



ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-1-7

УДК 663.052:547.97

О. Мельник, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-9201-7955

Р. Шкарапута, асп.

ORCID: 0009-0009-9497-1222

Сумський національний аграрний університет

e-mail: oxana7@i.ua, тел.: +380964328072

e-mail: roman.shkaraputa@gmail.com, тел.: +380972244148

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА НАТУРАЛЬНИХ БАРВНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

Анотація. У роботі представлено огляд літературних джерел технологій виробництва натуральних барвників з використанням вторинної сировини та харчових відходів. Встановлено практичну доцільність використання вторинної сировини та харчових відходів, таких як: овочеві, фруктові та ягідні вичавки, молочна сироватка, лушпиння соняшника й ріпчастої цибулі, овочева шкірка, висушені квіти. Наведені різні підходи обробки сировини з метою збереження та максимального вилучення барвних речовин, зокрема висушування, заморожування, дефростація, обробка кислотами та ферментами. Охарактеризовано та наведено перелік найбільш поширеної і дослідженої вторинної сировини й харчових відходів. Проведений порівняльний аналіз ефективності застосування різних методів отримання барвних речовин.

Ключові слова: натуральні барвники, барвні речовини, екстрагування, вторинна сировина, вичавки, антоціани.

Постановка проблеми. Зі значною зміною кліматичних умов, вирощування рослинної сировини з кожним роком стає складніше, так як регулювання врожайності є складним. Під час переробки харчової сировини утворюються від 20 до 60% вторинної сировини та харчових відходів. Зазвичай, їх утилізують або використовують, як корм для тварин. Правильне та раціональне використання вторинної сировини дозволить отримувати додаткову продукцію, знизити витрати на виробництві та зменшити навантаження на екологію. Вторинна сировина та харчові відходи є цінною сировиною, оскільки містять вітаміни, мінеральні речовини, вуглеводи, білки та антиоксиданти. Вичавки з ягід, фруктів та овочів характеризуються підвищеним

вмістом барвних речовин, та можуть бути сировиною для виробництва натуральних барвників.

Виробництво натуральних барвників в Україні має великий потенціал, оскільки Україна є однією з найбільших виробників рослинної сировини. Тому існує доцільність впровадження нових прогресивних (безвідходних) технологій у виробництво з метою раціонального використання сировини, економії енергетичних ресурсів та поліпшення екологічного стану.

Дослідженням технологій отримання натуральних барвників з вторинної сировини та харчових відходів займалися такі дослідники: К. А. Ковалевський, О. І. Мамай, М. І. Валько, О. Д. Шанін, Т. О. Кузьміна, В. Ю. Папченко, Л. М. Кузнецова, Н. О. Стеценко, В. Л. Зав'ялов, В. С. Бодров, Т. Г. Мисюра, Н. В. Попова, Ю. В. Запорожець, В. Є. Деканський, Н. О. Коваленко, О. О. Червоткіна, В. О. Олексієнко, Н. О. Фучаджи, М. М. Самілик, О. В. Дишкантюк, О. М. Кондрацька та інші.

Мета дослідження. Аналіз технологій отримання натуральних барвників з використанням вторинної сировини та харчових відходів

Основна частина. Барвники (E 100 – E199) – це барвні органічні сполуки, які отримують шляхом екстрагування з рослин та живих організмів (натуральні), а також органічного синтезу (штучні). Штучні барвники найбільш стійкі до дії світла, температури та рН середовища. Однак, вони викликають гіперактивність у дітей, алергічні реакції, а речовини їх напіврозпаду є канцерогенними та мутагенними [1]. Натуральні барвники, навпаки, не стійкі до дії світла, температури та рН, але вони володіють антиоксидантними, протизапальними, протипухлинними та антимікробними властивостями. Натуральні барвники можуть містити в своєму складі антиоксиданти, вітаміни, мінеральні речовини, вуглеводи, білки та барвні речовини [2]. Тому основною метою більшості харчових виробництв є перехід на використання натуральних барвників у виробництві харчових продуктів.

Антоціани (E163) широко застосовуються в харчовій промисловості, як натуральні харчові барвники.

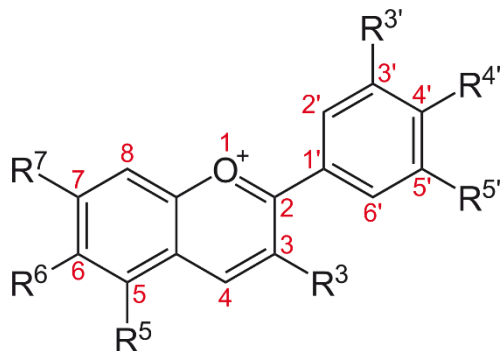


Рис. 1. Хімічна формула антоціанів

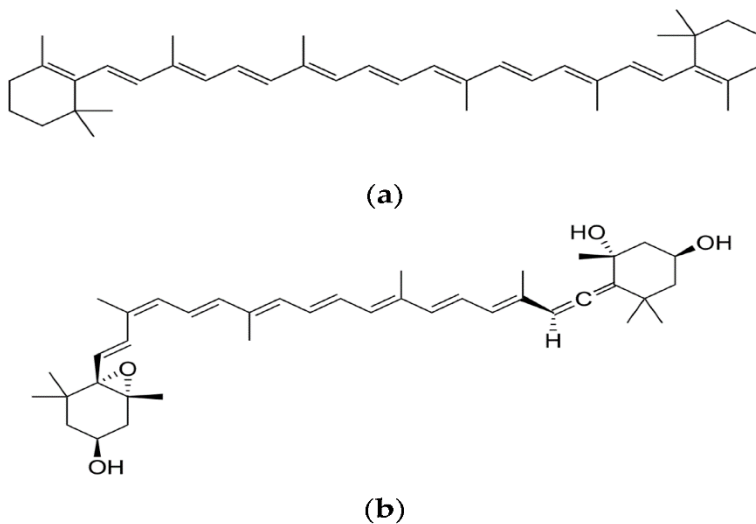


Рис. 2. Екстракти червоноголової капусти в залежності від рН середовища

Вторинна сировина та харчові відходи харчової промисловості (овочеві, фруктові та ягідні вичавки) є перспективним джерелом отримання антоціанів [35].

Антоціани – це водорозчинні природні пігменти, що надають рослинам широку палітру кольорів від світло-червоного до темно-синього. Пігменти чутливі до світла, тепла, кисню та змін рН середовища. У рослинній сировині антоціани зазнають певних змін, зокрема глікозилування (приєднання цукрів) та ацилювання (приєднання органічних кислот). Глікозилування підвищує їхню розчинність та стабільність, тоді як ацилювання додатково стабілізує пігмент і може впливати на його колір. Поширеність ацильованих та неацильованих антоціанів у природі неоднакова. Ацильовані форми найчастіше зустрічаються в квітах та рослинах, тоді як неацильовані – у фруктах. Однак, саме складні структури ацильованих глікозидів антоціанів забезпечують їм високу стабільність та різноманітність кольорів [3].

Каротиноїди (E160) – це жиророзчинні пігменти, що характеризуються різноманітністю кольорів від жовтого до темно-червоного. Залежно від наявності кисневих функціональних груп, каротиноїди поділяються на каротини (без кисню) та ксантофіли (з киснем).



a – каротиноїдів; b – ксантофілів
Рис. 3. Хімічна формула



Рис. 4. Екстракт з моркви

Кон'юговані подвійні зв'язки в молекулі каротиноїду зумовлюють їхню здатність поглинати світло у видимому діапазоні, що і обумовлює їх забарвленість. Довжина кон'югованої системи та ступінь циклізації молекули впливають на відтінок пігменту. Наприклад, лікопін, з найдовшою кон'югованою системою серед

каротиноїдів, має інтенсивне червоне забарвлення. Високий ступінь ненасиченості робить каротиноїди чутливими до окислення та ізомеризації, особливо під час обробки харчових продуктів.

Побічні продукти харчової промисловості такі як, вичавки моркви, паприки, томатів, гарбуза та шкірка апельсину – це лише деякі приклади рослинної сировини, яку дослідники використовують для екстракції каротиноїдів. Крім того, розробляються технології мікрокапсуляції каротиноїдів для підвищення їхньої стабільності та біодоступності [4].

Хлорофіл (E140) – це зелений пігмент, що міститься в хлоропластах рослин. За хімічним складом класифікується на хлорофіл а та хлорофіл b, що відрізняються лише одним замісником – метиловою та формільною групами. Співвідношення хлорофілу а до хлорофілу b у рослинах становить 3:1. Хлорофіл а є менш стабільним і має більш блакитний відтінок зеленого кольору порівняно з хлорофілом b

Хлорофіл є нестабільною сполукою в кислому середовищі та при дії високої температури відбувається швидке руйнування пігменту. Для стабілізації та збереження властивостей хлорофілів, дослідники використовують комплекси міді (Cu) та цинку (Zn). Хлорофіли, отримані таким чином мають підвищену стійкість до деградації та можуть мати більш інтенсивне забарвлення.

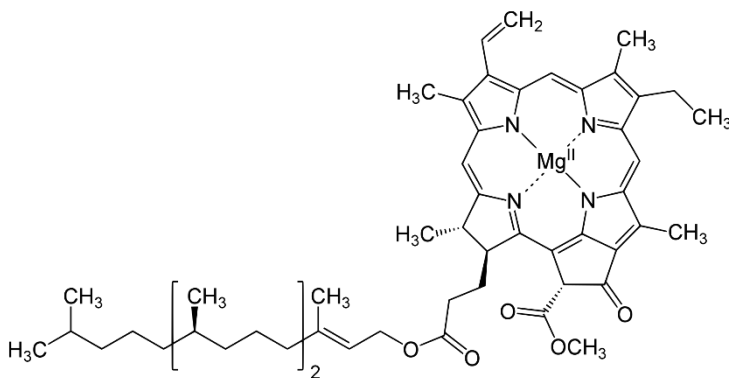


Рис. 5. Хімічна формула хлорофілу



Рис. 6. Екстракт з шпинату

У харчовій промисловості хлорофіли та їхні металокомплекси використовуються як натуральні харчові барвники. Побічні продукти харчової промисловості такі як, вичавки шпинату, кропиви та селери є перспективним джерелом виробництва хлорофілу [5].

Беталаїни (E 162) – водорозчинні пігменти, які забарвлюють рослинну сировину від бордового до світло-жовтого кольору. Залежно від структурних особливостей, беталаїни класифікують на дві основні групи: бетаціани (червоно-фіолетового забарвлення) та бетаксантини (жовто-оранжевого забарвлення). Беталаїни мають високу стабільність у середовищі pH 3-7, це робить каротиноїди

перспективними для застосування в харчовій промисловості, особливо в продуктах з низькою кислотністю.

На відміну від антоціанів, колір беталаїнів менш чутливий до змін рН середовища, але вони чутливі до високої температури, світла та окиснення. Побічні продукти харчової промисловості такі як, вичавки червоного буряка є перспективним джерелом виробництва бетаніну [6].

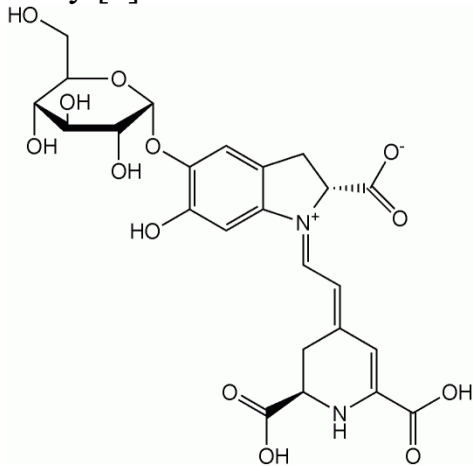


Рис. 7. Хімічна формула беталаїну Рис. 8. Екстракт з червоного буряка

За останнє десятиліття вторинну сировину та харчові відходи почали детально вивчати та досліджувати. Щодо харчової промисловості вторинна сировина та харчові відходи набули широкого дослідження у сфері харчових добавок (натуральних барвників). Для отримання барвників застосовують традиційні та нетрадиційні методи екстрагування барвних речовин [7, 32]. В процесі екстрагування пігментів використовують органічні та неорганічні розчинники. Деяка сировина (наприклад, ягоди) містить значну кількість цукрів, органічних кислот, мінеральних, фенольних та пектинових речовин, що ускладнює отримання концентрованих барвників. Цукри в процесі випарювання приймають участь у реакції Майєра і продукти, які утворюються в результаті погіршують органолептичні показники готових концентратів. З метою зменшення масової частки цукрів, деякі дослідники застосовують додаткову технологічну операцію, зброджуванню цукри за допомогою пивних або хлібопекарських дріжджів. У шкірці фруктових та ягідних вичавок накопичується найбільша кількість барвних речовин, що робить цю сировину цінним джерелом для отримання натуральних барвників.

Виноградні вичавки. При виробництві виноградного соку та вина утворюється від 10 до 20% вторинних відходів (шкірка, кісточка, гребні) [8]. Більшість досліджень спрямовані на комплексну переробку сировини. Вченими була розроблена технологія отримання



спирту-сирцю з побічної сировини (вичавки, гребні) виробництва виноградного соку. Але ця технологія не є безвідходною, оскільки в процесі виробництва утворюється барда (практичного застосування не отримала), яку утилізували. Деякі підприємства застосовують вичавки з винограду для отримання пектину, який близький за своїми властивостями до яблучного та бурякового, але значного поширення дана технологія не отримала. Існують окремі технології спрямовані на переробку лише виноградних кісточок [9] для отримання олії, фурфуролу та сурогатів кави. Кісточковий жмих, який утворювався після пресування використовували як добриво.

Останнім часом виноградні вичавки почали використовувати у виготовленні натуральних барвників. Дослідниками [10] розроблена промислова технологія отримання барвника, яка передбачає змішування виноградних вичавок з розведеною соляною кислотою концентрацією $1\text{г}/100\text{ см}^3$ у співвідношенні 1:1 з подальшим настоюванням протягом (12 – 20) год. Після настоювання масу прогрівають протягом (30 – 60) хв при температурі (65 – 70)°C. Рідину з вичавок зливають, а вичавки замочують водою та пресують ще раз. Отриману рідину змішують, відстоюють та фільтрують. Отриманий екстракт випарюють при температурі (60-65)°C у вакуумному випарнику. Втрати барвних речовин в процесі виробництва склали 40%. Оскільки даний барвник містив низький вміст барвних речовин, розроблена технологія була модифікована дослідниками. Для отримання барвника виноградні вичавки попередньо змішували із сірчистим ангідридом. Використані вичавки винограду після пресування направляли на сушіння з подальшим відділенням кісточки. Отриманий дифузійний сік проходив через ряд технологічних операцій, тобто обробка на гідроциклоні, відстоювання у резервуарі, фільтрування, десульфитація, повторна десульфитація до вмісту SO_2 – 0,05% (при температурі 95-98 °C), охолодження, зброджування пивними дріжджами до масової частки цукрів (0,2-0,5)%, відстоювання протягом 12 год, катіонування через смолу, фільтрування через аніонітові фільтри від органічних кислот та сірчистого ангідриду, концентрування при температурі 48 °C та 73 мм рт. ст. В результаті було отримано барвних з вмістом барвних речовин $50\text{ г}/\text{дм}^3$, що відповідає фізико-хімічним показникам ДСТУ 3845-99 «Барвники натуральні харчові. Технічні умови» [16].

З метою покращення ефективності вилучення барвних речовин розробники [11] дослідили можливість застосування відбоекстрагування. Дана технологія полягає у змішуванні свіжих вичавок винограду з водою, екстрагування (температура 80 °C, тривалість 15 хв, частота вібрації 9 Гц), фільтрування, змішування з лимонною кислотою, концентрування (температура (50 – 55) °C до



вмісту сухих речовин (40 – 50%), змішування з сорбіновою кислотою, фасування. В результаті застосування вібрації скорочується час на процес екстракції, пришвидшується процес масообміну та інтенсифікується процес вилучення пігментів.

Дослідниками [12] було розроблено технологію барвника з використанням ферментативного препарату «Пектинекс ВУ 3-L». Технологія передбачає змішування виноградних вичавок з ферментом, заморожування їх для інактивації ферменту поліфенолоксидази (каталізує окислення фенольних сполук), екстрагування замороженої сировини (гідромодуль 1:2, температура 70°C, тривалість 60 хв), концентрування шляхом виморожування (температура (-2..-5) °C, масова частка сухих речовин (16-17)%). В результаті використання ферментного препарату масова частка барвних речовин збільшилася на 38,2% в порівнянні з традиційною технологією. Таким чином, ферментні препарати каталізують розщеплення пектинових речовин, збільшують вихід соку з вижимок та пом'якшують клітковину. Отриманий барвник використовували при виготовленні оздоблюючих кондитерських виробів.

Відома технологія барвника [13], яка передбачає оброблення вичавок винограду ферментативними препаратами «Альфалад БН Л» та «Целюлоза» (температура 45°C, рН 4,5), інактивація ферментів (температура 100 °C, тривалість 1 хв), охолодження, віджимання, фільтрування, екстракція відфільтрованих вичавок водно-етанольним розчином (рН 4,5, температура 70 °C), охолодження, віджимання, фільтрування. В результаті дослідники отримали барвник з масовою часткою барвних речовин 6750 мг/кг.

Лушпиння соняшника. Соняшник є однією із провідних олійних культур в Україні. Під час переробки насіння соняшника утворюється 25 – 35 % відходів (лушпиння), які частково використовують як паливо. Більшість підприємств, які переробляють насіння соняшника заощаджують на опаленні за рахунок спалювання лушпиння. Хоча лушпиння соняшника вважається відходами, але має багато корисних речовин, воно містить лігнін, клітковину, геміцелюлозу, пектин, мінеральні та фенольні речовини, жири.

Крім того, лушпиння соняшника містить достатню кількість антоціанів. Речовина лушпиння соняшника *helianthosyanine* при екстрагування надає екстракту рубінового відтінку. Тому науковцями [14] було розроблено технологію добування антоціанів з відходів соняшника після виробництва олії. Технологія передбачає змішування лушпиння з етиловим спиртом та 1%-м розчином HCl (співвідношення 9:1). Суміш витримували при температурі 18 – 20 °C протягом 12 – 24 год у насиченому середовищі CO₂. Отриману витяжку концентрували у вакуумі при температурі 40°C. Однак,



отриманий барвник містив низький вміст барвних речовин, тому розробниками [15] було удосконалено технологію. Вона передбачала обезжирення лушпиння, змішування з етиловим спиртом, 0,01M оцтовою кислотою та водою з додаванням SO₂ (співвідношення 50:1:49), час екстрагування 5 хв, температура 22 °С, співвідношення розчинника та сировини складало (1:20), розмір фракції 20 мм, концентрація SO₂ – 200 мг/л. Було встановлено, що пігмент з лушпиння соняшника найбільш стабільний при рН 1,0, тому для створення кислого середовища та мінімізації використання агресивних кислот для екстракції барвних речовин почали використовувати харчові кислоти – лимонну, яблучну, молочну, винну, оцтову. В результаті дослідження отримали барвник з продуктів переробки насіння соняшника, який характеризувався насиченим темно-червоним кольором.

Плоди бузини. Плоди бузини вважаються дикорослими та широкого поширення в харчуванні населення України на даний момент не набули. Це пов'язано з нелегальним вирощування плодів бузини на території України, оскільки вона не внесена до переліку сільськогосподарських культур. Вирощування дикорослої сировини на сільськогосподарській землі можливо за умов зміни її цільового призначення. З початку пандемії COVID -19 були масові запити на ягоди бузини, так як вони швидко відновлюють організм після хвороби [17]. Тому в Україні почався процес виведення окультурених сортів для промислового насадження. Вченими університету НУБіП було виведено перший промисловий сорт бузини «Чорна рута», який характеризується підвищеним вмістом флавоноїдів в порівнянні з дикорослою [18, 34].

У Європейських країнах ягоди бузини застосовують як заміник більш дорогим ягодам, що дозволяє знизити вартість продукції. Ягоди бузини вважаються суперфудом, оскільки вони містять велику кількість поживних речовин, тому є дуже популярними у здоровому харчуванні. Ягоди бузини є одними із найбагатших джерел антоціанів, тому їх використання та переробка є досить актуальним напрямком не тільки у вигляді фітопрепаратів, харчової сировини, а й у виробництві барвників.

Науковцями [19], була розроблена технологія барвника з соку бузини. Технологія передбачає вичавлювання соку, оброблення вичавок пектолітичними ферментами, повторне вичавлювання, фільтрування соку, концентрування під вакуумом до вмісту сухих речовин 45,0 %. Концентрація барвних пігментів барвника отриманої за такої технології складала 27 г/дм³. Пізніше була запропонована [20] вдосконалена технологія отримання барвника з ягід бузини. В ході експериментальних досліджень екстрагування проводили етанолом



підкисленим винною кислотою, 2,0 % розчинами винної та лимонної кислот, 0,2 % розчином сірчистого ангідриду, 1,0 % розчином соляної кислоти та водно-спиртовим розчином. Серед вище перелічених розчинників найкращими розчинниками були водно-спиртові розчини, що покращують вилучення пігментів більше ніж на 15,0 % від інших застосованих розчинників. Отриманий екстракт концентрували під вакуумом. Концентрація барвних пігментів складала 30 г/дм³. Однак, дані барвники мали низький вміст барвних речовин, що не відповідало вимогам ДСТУ 3845-99 «Барвники натуральні харчові. Технічні умови» [16], згідно яких барвник з бузини має містити масову концентрацію фарбувальних речовин не менше 50 г/дм³.

Науковцями [21] було запропонована безвідходна технологія переробки плодів бузини, яка передбачає гідромеханічну обробку ягід, заморожування (температура -18 °С), дефростація при температурі 0 – 5 °С, осмотична дегідратація 80 %-м цукровим розчином при температурі 45 – 50 °С, тривалість 1,5 – 2 год, внесення лимонної кислоти, розділення фракції (рідина, тверда фракція), фасування рідини у скляну тару, сушіння твердої сировини при температурі 45 – 50 °С протягом 2 год, подрібнення, фасування. Однак, отримані продукти містять високу концентрацію цукру, що обмежує їх використання у здоровому харчуванні та харчуванні людей, які страждають на цукровий діабет.

Kvimu Clitoria ternatea та Hibiscus. Квіти *Clitoria ternatea* та *Hibiscus* є не типовими та екзотичними представниками флори України. Вони не зустрічаються в дикій природі, але вирощуються в теплицях, оскільки звичайний клімат для них холодний. Висушені квіти використовують як складову частину чаїв, оскільки вони мають насичений яскраво-синій (*Clitoria*) та червоний (*Hibiscus*) колір. Квіти характеризуються підвищеним вмістом антоціанів та флавоноїдів та можуть використовуватися як сировина для виробництва барвників.

При переробці рослинної сировини зазвичай утворюється 30-40% відходів, які утилізують. Переробка висушеної сировини передбачає калібрування та очищення від сторонніх домішок. Процес очищення відбувається за допомогою сепаратора від рослинних домішок, каміння, піску та ворси. На виході в залежності від налаштувань отримують перший або/та другий сорт (цілі квіти без сторонніх домішок, великого та середнього розміру), та відходи (пил, каміння, квіти дрібного розміру, пелюстки, стебло). Перший/ другий сорт відправляють на фасування, а відходи утилізують. Низькосортна сировина, яка не відповідає вимогам може бути використана для виробництва барвників. Тому дослідниками було розроблена технологія натуральних барвників з квітів *Clitoria ternatea* та *Hibiscus*.



Для екстрагування *Clitoria ternatea* [22], застосовували холодну (температура - 25 °С, тривалість – 24 год, гідромодуль 1:10), теплу (температура - 54 °С, тривалість – 74 хв, гідромодуль 1:37) та гарячу екстракцію (температура – 59,6 °С, тривалість – 37 хв, гідромодуль 1:33). Вихід антоціанів при холодній екстракції складав – 58,75 %, при теплій – 60,12 %, гарячій – 73,26 %. В результаті досліджень за допомогою алгебраїчних підрахунків та екстраполювання прямої на графіку було встановлено, що оптимальними умовами екстракції *Clitoria ternatea* є температура 73,1 °С, тривалість 45 хв та гідромодуль 1:30. Для екстрагування антоціанів *Hibiscus* [23] подрібнювали, змішували з 70,0 % етиловим спиртом у співвідношенні (1:5 – 1:8), віджимали, фільтрували, швидко заморожували, проводили сублімаційне сушіння (температура - 25 °С, тиск (8×10^{-4}) Па), досушували при температурі 50 – 55 °С) до вмісту вологи 5,0 %, проводили двоступеневе подрібнення та фасували.

Вичавки чорниці. У харчовій промисловості чорницю широко використовують для виробництва джемів, соків, начинок, пюре та наповнювачів. Вичавки ягід, які залишаються після виробництва соків та джемів є цінним джерелом антоціанів, однак, вони вважаються відходами та використовуються, як корм для тварин. Тому для виділення цінних речовин з вичавок чорниці науковцями [24], було розроблено технологію виробництва барвників. Технологія полягала у змішуванні вижимок чорниці з 70,0%-м розчином етилового спирту підкисленим лимонною кислотою, екстрагуванні при температурі 70-80 °С протягом 60 хв, гідромодуль 1:7,5, фільтруванні під тиском 0,1 - 0,15 МПа, концентруванні у вакуумі при температурі 50-55 °С під тиском 0,25 МПа при вмісті сухих речовин 50-55%, стабілізації 0,1% розчином сорбінової кислоти при рН 4,5, сушінні (початкова температура 140-150 °С, температура на виході 65-70 °С, вміст вологи 5,0 %), фасуванні.

Шкірка баклажанів. Баклажани широко використовують у консервній промисловості для виготовлення закусок та консервів. В ході технологічного процесу утворюється вторинна сировина (шкірка, плодоніжка, насіння), оскільки шкірка після теплової обробки стає жорсткою, що погіршує органолептичні показники готового виробу. Шкірка містить в своєму складі значну кількість антоціанів та може використовуватися, як сировина для виробництва барвних речовин. Вченими [25] було розроблено технологію виробництва барвника з відходів переробки баклажанів. Технологія передбачає подрібнення свіжої шкірки баклажанів, змішування сировини з 96,0 % розчином етилового спирту у співвідношенні (1:10), двостадійну екстракцію (температура 60 °С, тривалість 50 хв), концентрування у роторному випарнику (вміст сухих речовин 50 – 70 %), підігрівання, деаерація, фасування.



Молочна сироватка. Підсирна сироватка – це побічний продукт, який утворюється після виробництва сиру. Сироватка є цінним харчовим продуктом, який багатий на лактозу, білки, вітаміни та мінерали. Одним із шляхів переробки сироватки запропоновано дослідниками [26], які розробили карамельний барвник для використання в молочній продукції. Технологія полягала у попередній нанофільтрації сироватки та випаровування зайвої вологи при температурі 150 °С, тривалості 60 хв до масової частки сухих речовин – 36,0%. Термін зберігання готового барвника складав 9 місяців при температурі 18-20 °С та відносній вологості 75-80 %.

Вичавки з моркви. Морква є найпоширенішим овочем в раціоні населення України. Вона володіє відмінними смаковими якостями та багатим хімічним складом. Зазвичай моркву використовують у харчовій промисловості для виробництва соку, у консервному виробництві та у приготування кулінарної продукції. Відходи після механічної обробки коренеплоду складають близько 40,0 %, а після виробництва соку понад 70,0 %. Вичавки з моркви можуть бути джерелом барвних речовин, оскільки морква містить значну кількість каротиноїдів. Дослідниками [27] було розроблене устаткування для гранулювання відходів після виробництва соку. Отримані гранули мали тверду та міцну структуру. Дана технологія дозволяє зберегти та підготувати вторинну сировину до переробки, уникнути руйнування складових відходів осмотичною мікрофлорою. Розробники вважають, що отримані гранули можна використовувати для подальшого виробництва барвників та концентратів, тому даний процес потребує додаткового дослідження.

Вичавки сливи. Слива є однією з найпоширеніших фруктових культур в Україні. В харчовій промисловості сливу використовують для виробництва соків та пюре в результаті якого утворюються відходи (шкірка, кісточка), що складають 30 – 40 % від загальної маси [33]. Шкірка зі сливи містить значну кількість антоціанів та може використовуватися у виробництві барвників. Науковцями [28] була розроблена технологія натурального барвника зі шкірки слив, яка полягає у змішуванні сировини з 2,0 %-м розчином лимонної кислоти, екстрагуванні при температурі 25-40 °С протягом 4 год при рН 4,5, віджиманні, повторному екстрагуванні вичавок, змішуванні екстрактів, фільтруванні, випарюванні під вакуумом до вмісту сухих речовин 30-40 %, фасуванні. Вихід барвника в даній технології складав 18-20 %.

Вичавки смородини. Смородина є ширококультивованою ягодою на території України. Її широко використовують в харчовій промисловості, зокрема для виробництва пюре, конфітурів, сиропів, концентратів, як наповнювач для молочних продуктів, кондитерських



та хлібобулочних виробів. В процесі її переробки утворюється вторинна сировина (шкірка, кісточки), що складає близько 30 - 40 % від загальної маси. Найбільша кількість антоціанів знаходяться саме в шкірці смородини. Науковцями [29] було запропоновано технологію отримання барвника з вичавок смородини. Технологія передбачає змішування вичавок з ферментним препаратом Пектинекс ВУ 3-L, заморожування сировини з метою інактивації ферменту поліфенолоксидази, екстрагування замороженої сировини (гідромодуль 1:2, температура 60 °С, тривалість 50 хв), концентрування шляхом виморожування (температура (-2..-5) °С, масова частка сухих речовин 16-17 %). При використанні ферментного препарату масова частка барвних речовин підвищилася на 70,2 % в порівнянні з традиційною технологією. Отриманий барвник використовували для оздоблення кондитерських желейних виробів.

Вичавки томатів та червоного буряка. Червоний буряк та томати це регіональна сировина, яку часто застосовують в українській кухні. З томатів виготовляють соки, пюре та соуси, а з червоного буряка – борщові заправки та соки. В процесі обробки утворюється 25-30% вторинної сировини (шкірка, насіння томатів, шкірка буряка) [36]. Насіння томатів використовують для виготовлення олії, а шкірки томатів та буряка широкого використання не отримали.

Барвники з червоного буряка зазвичай використовують у висушених та заморожених продуктах харчування (заморожені напівфабрикати з рослинної сировини для веганів, рослинне м'ясо та інші). Традиційна технологія барвника з червоного буряка передбачає вичавлювання соку, екстрагування бурячної стружки водою, концентрування, фасування. Для підсилення виділення екстрактивних речовин науковцями [30] було удосконалено традиційну технологію отримання барвнику шляхом використання ферментативного препарату «Альфалад Б Н». Технологія передбачала обробку бурякового жому ферментом (1,5 г/л) та лимонною кислотою (рН 4,2), екстрагування при температурі 45 °С протягом 30 хв, інактивація ферменту при температурі 100 °С, охолодження.

Відома [31] технологія безвідходного купаженого барвника з томату та червоного буряка. Основним завданням дослідження був пошук методів стабілізації, оскільки пігменти буряка чутливі до високих температур та рН середовища. Під час сушіння бетанін вступає в реакцію з повітрям та окислюється в результаті чого змінює колір від бордового до жовто-коричневого. З метою стабілізації забарвлення до червоного буряка добавляли вижимки томатів. При співвідношенні (3:1) та рН 3,9 відбувалося максимальне збереження пігменту, вміст якого складав 94,7%. Технологія передбачала



підготовку шкірки томатів та буряків, змішування у співвідношенні 3:1, сушіння (початкова температура складала 100 °С, кінцева - 60 °С), охолодження, подрібнення, сепарація суміші, фасування, пакування. Вологість готового барвника складала 10 – 12%.

Отже, використання вторинної сировини та харчових відходів для виробництва натуральних барвників є перспективним напрямком розвитку харчової промисловості, оскільки в процесі переробки сировини утворюється від 10 до 60% відходів, які не використовуються. Переробка вторинної сировини та харчових відходів дозволить отримувати додаткову продукцію, знизити витрати на виробництві та зменшити навантаження на довкілля. Зі значною зміною кліматичних умов, вирощування рослинної сировини з кожним роком стає все складнішим, тому раціональна переробка сировини має важливе значення.

В процесі аналізу літературних джерел було встановлено, що існує велика кількість напрацювань, присвячених переробці вторинної сировини, однак окремі напрямки потребують додаткових досліджень. Така широка зацікавленість наукового світу та бізнесу у дослідженні та використанні вторинної сировини свідчить про те, що переробка харчових відходів є актуальним завданням сучасної науки та харчової промисловості, яке дозволить ефективно переробляти сировину з мінімальними витратами та максимальним збереженням її функціональних властивостей, що дозволить заощадити рослинний ресурс, підвищити якість харчування та зберегти екологію нашої країни.

Список використаних джерел

1. Ярмош Т. А., Перцевой Ф. В. Впливи синтетичних харчових барвників на організм людини. *Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової та парфумерно-косметичної галузей промисловості*: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Хмельницький: ХНТУ, 2024. С. 139–143.
2. Ярмош Т. А., Перцевой Ф. В. Фактори які впливають на стабільність та деградацію антоціанів. *Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової та парфумерно-косметичної галузей промисловості*: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Хмельницький: ХНТУ, 2024. С. 143–147.
3. Overview of the Potential Beneficial Effects of Carotenoids on Consumer Health and Well-Being / P. Crupi et al. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, no. 5. P. 1069. <https://doi.org/10.3390/antiox12051069>.
4. Carotenoids and lipid production from *Rhodospiridium toruloides* cultured in tea waste hydrolysate / F. Qi et al. *Biotechnology for Biofuels*. 2020. Vol. 13, no. 1. <https://doi.org/10.1186/s13068-020-01712-0>.



5. Chlorophyll Extraction Methods Review and Chlorophyll Stability of Katuk Leaves (*Sauropus androgynous*) / E. Kwartiningsih et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1858, no. 1. P. 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012015>.
6. Engineering Betalain Biosynthesis in Tomato for High Level Betanin Production in Fruits / R. Grützner et al. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.682443>.
7. Ярмош Т. А. Характеристика інноваційних методів екстрагування пігментів з рослинної сировини. *Проблеми, пріоритети та перспективи розвитку науки, освіти і суспільства в XXI столітті: зб. тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (Полтава, 15 червня 2024 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2024. С. 69–71.
8. Семенова О. І., Жилик А. В. Використання твердих відходів виноробства як вторинної сировини для отримання нового продукту. *Science and civilization: materials Of The XII international scientific and practical conference*, 30 January – 07 february 2015. С. 23–25.
9. Тюленєва Ю. В., Шакурн А. С. Переробка відходів виноробної промисловості, як один з методів підвищення економіки України. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва*. 2017. Вип. 4. С. 45–53.
10. Ковалевський К. А. Технологія виробництва натуральних харчових барвників / К. А. Ковалевський, О. І. Мамай, М. І. Валько, О. Д. Шанін, Т. О. Кузьміна. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. № 2. С. 155–159.
11. Розроблення технології виробництва натурального харчового барвника з виноградних вичавок при використанні віброекстрагування / В. Л. Зав'ялов В. Л., В. С. Бодров, Т. Г. Мисюра, Н. В. Попова, Ю. В. Запорожець, В. Є. Деканський. *Харчова промисловість*. 2010. № 9. С. 102–104.
12. Дишкантюк О. В., Кондрацька О. М. Вдосконалення процесу екстракції натуральних харчових барвників. *Харчова наука і технологія*. 2013. Вип. 11. С. 38–40.
13. Салєба Л. В., Сарібекова Д. Г. Удосконалення процесу екстрагування антоціанів з використанням ферментних комплексів. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2021. № 1. С. 222–226.
14. Папченко В. Ю., Кузнецова Л. М. Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників. *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ"*. Темат. вип. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2015. № 44 (1153). С. 65–68.
15. Товарознавство продуктів функціонального призначення: навч. Посібник / А. А. Дубініна, Т. М. Летута, О. М. Янчева. Харків: ХДУХТ, 2015. 186 с.



16. ДСТУ 3845-99. Барвники натуральні харчові. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=92547 (дата звернення 22.07.2024).
17. Закладання плантацій бузини потребує законодавчого врегулювання. URL: <https://kurkul.com/news/29506-zakladannya-plantatsiy-buzini-potrebuye-zakonodavchogo-vregulyuvannya> (дата звернення 11.07.2024).
18. В Україні вивели перший сорт бузини для промислового насадження. URL: <https://kurkul.com/news/32531-v-ukrayini-viveli-pershiy-sort-buzini-dlya-promislovogo-viroschuvannya> (дата звернення 16.07.2024).
19. Стеценко Н. О. Барвник із соку бузини чорної як джерело функціональних інгредієнтів для виробництва продукції оздоровчого призначення. *Modern Advances in Organic Synthesis, Polymer Chemistry and Food Additives: book of abstract International scientific online conference, Lviv, December 7-8 2021*. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2021. P. 122.
20. Обґрунтування доцільності використання ягід бузини чорної для виробництва натурального барвника. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/79026879-b095-4f0c-8578-e1886350025f/content> (дата звернення 16.07.2024).
21. Самілик М. М. Розроблення безвідходної технології одержання натуральних барвників із рослинної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Сер. «Технічні науки»*. 2022. № 1. С. 49–54.
22. Крижак Л. М. Виділення антоціанів (пігментів) методом оптимального відбору екстракції *clitoria ternatea*. *Taurian Scientific Herald. Series: Technical Sciences*. 2022. № 2. С. 24–31.
23. Павлишин М. Л. Дослідження безалкогольних напоїв із нетрадиційної рослинної сировини. *Науковий вісник PUET: Technical Sciences*. 2015. № 1. С. 57.
24. Довгенко Ю. О., Павленко К. А., Подобій О. В. Використання антоціанів чорниці звичайної в якості натуральних барвників. *Збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції, 8–10 грудня 2014 р.* Харків, 2014. С. 89–90.
25. Фролова Т. В. Удосконалення способів зберігання томатних овочів: дис. канд. техн. наук: 05.18.15. Харків, 2021. 323 с.
26. Коваленко, Н. О. Розробка технології карамельного барвника із підсирної сироватки для виробництва молочних продуктів : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.16. Одеса : ОНАХТ, 2010. 19 с.
27. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучаджи Н. О. Рациональне використання відходів виробництва морквяного соку.



Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2012. Вип. 12, т. 4. 216-221.

28. Природні барвники для виготовлення безалкогольних напоїв. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/64bc27fe-01dc-4e9a-94ed-dc0470793ab7/content> (дата звернення 14.07.2024).

29. Романова З. М., Косоголова Л. О., Арутюнян Т. В. Особливості технології безалкогольних напоїв з використанням дикорослої ягідної сировини. *Інтегровані технології та енергозбереження.* 2015. Вип. 1. С. 85–91.

30. Салєба Л. В., Літвінова Г. В. Вплив ферментної обробки на екстрагування беталаїнових барвників. *Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології / Волинський національний університет імені Лесі Українки.* Луцьк, 2021. С.120-123.

31. Петрова Ж. О., Пазюк В. М., Самойленко К. М. Комплексна енергоефективна теплотехнологія одержання антиоксидантного буряково-томатного барвнику та насіння томатів. *Scientific Works.* 2022. Т. 2, № 85. С. 102–109.

32. Ярмош Т. А., Перцевой Ф.В. Перспективи використання вичавок у виробництві натуральних барвників. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (13-17 листопада 2023 р.).*

33. Ярмош Т. А., Перцевой Ф.В. Перспективи використання плодів сливи для виробництва барвників. *Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р.).*

34. Ярмош Т. А., Перцевой Ф.В. Перспективи використання ягід бузини чорної для виробництва барвників. *Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р.).*

35. Ярмош Т. А., Перцевой Ф.В. Перспективи застосування натуральних барвників рослинного походження. *III Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 30 січня-24 лютого 2023 р.)*

36. Мельник О. Ю., Ярмош Т. А. Розроблення желейного мармеладу з використанням овочевої сировини. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. «Механізація та автоматизація виробничих процесів».* 2023. Вип. 2 (52). С. 44–49.

Стаття надійшла до редакції 31.07.2024 р.



O. Melnyk, R. Shkaraputa
Sumy National Agrarian University

ANALYSIS OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF NATURAL BARS USING SECONDARY RAW MATERIALS AND FOOD WASTE

Summary

The use of secondary raw materials and food waste for the production of natural dyes is a promising direction for the development of the food industry. Since, in the process of processing raw materials, from 20 to 60% of waste is generated that is not used. With a significant change in climatic conditions, the cultivation of vegetable raw materials becomes more difficult every year, since we cannot regulate the yield. Therefore, rational processing of raw materials is important. Processing of secondary raw materials and food waste will make it possible to obtain additional products, reduce production costs and reduce the burden on the environment.

It has been established that over the last decade, secondary raw materials and food waste have begun to be studied and researched in detail. Regarding the food industry, secondary raw materials and food waste have received extensive research in the field of food additives (natural dyes). Much research is devoted to the processing of secondary raw materials such as pomace (grapes, elderberries, plums, blueberries, carrots, tomatoes, red beets), whey, and onion and sunflower husks. To obtain dyes, traditional and non-traditional methods of extraction of dyes are used. In the process of extracting pigments, organic and inorganic solvents are used. Some raw materials (for example, berries) contain a high concentration of sugars, organic acids, mineral, phenolic and pectin substances, which make it difficult to obtain concentrated dyes. During the evaporation process, sugars are subjected to the Mayer reaction, that is, they change the organoleptic indicators of the finished concentrates. In order to reduce the mass fraction of sugars, some researchers use an additional technological process, such as fermentation of sugars with the help of brewer's or baker's yeast. The skin of fruit and berry pomace accumulates the largest amount of coloring substances, which makes this raw material a valuable source for natural dyes.

Artificial dyes are the most resistant to light, temperature and pH of the environment. However, they cause hyperactivity in children, allergic reactions, and their half-life substances are carcinogenic and mutagenic. Natural dyes, on the contrary, are not resistant to light, temperature and pH, but they have antioxidant, anti-inflammatory, anti-tumor and antimicrobial properties. Natural dyes can contain antioxidants, vitamins, minerals, carbohydrates, proteins and dyes. Therefore, the main goals of most food industries are to switch from synthetic to natural dyes.

The production of natural dyes in Ukraine has great potential, as Ukraine is one of the largest producers of plant raw materials. Therefore, there is an expediency in introducing new progressive (waste-free) technologies in production with the aim of rational use of raw materials, saving energy resources and improving the environmental condition.

Key words: natural dyes, dyes, extraction, secondary raw materials, extracts, anthocyanins.