

М.М. Самілик

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ
ВИБОРУ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ ДЛЯ
ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Монографія



СУМИ - 2022

УДК 664.8.03

Т 38

Автор: Самілик Марина Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент,
Завідувач кафедри технологій та безпеки харчових продуктів

Рецензенти:

Мирончук В.Г. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проектування Національного
університету харчових технологій

Сухенко В. Ю. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри харчових технологій Черкаського
державного технологічного університету

Мазуренко І. К. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технологій харчування Сумського
національного аграрного університету

**Т 38 Самілик М.М. Теоретичні та практичні передумови
вибору осмотичної дегідратації для переробки рослинної
сировини:** монографія / М.М.Самілик - Суми: СНАУ, 2022 р. –
с.101.

Монографія містить теоретичні та практичні особливості процесу осмотичної дегідратації, способи застосування даного процесу у виробництві харчових добавок, натуральних барвників та харчових продуктів. Видання містить практичні рекомендації щодо використання осмотичної дегідратації в умовах підприємств з виробництва желеєвих кондитерських виробів, цукру та лікєро-горієчанєх виробів.

*Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради
Сумського національного аграрного університету
від 30 червня 2022 року*

ПЕРЕДМОВА

Рослини є джерелом багатьох корисних нутрієнтів. В них містяться вітаміни та вітаміноподібні речовини, мінеральні елементи, а також інші біологічно активні речовини, у тому числі й незамінні. Вони є суперфудами, основою харчового раціону. Проте, велика кількість води у складі рослин призводить до їх швидкого псування. З метою подовження термінів зберігання продуктів рослинного походження застосовуються різноманітні способи консервування. Більшість із них пов'язані із високотемпературною обробкою, при якій біологічна цінність та органолептичні властивості рослинної сировини втрачаються. Осмотична дегідратація – це процес часткового зневоднення сировини за рахунок осмотичного тиску, створеного гіпертонічним розчином. Процес доволі простий у практичній реалізації, не вимагає високих затрат енергії. Сутність цього процесу полягає в тому, що у розчинах із підвищеною концентрацією розчинених речовин створюється високий осмотичний тиск та знижується активність води. За рахунок високого осмотичного тиску клітинний сік сировини переходить в осмотичний розчин. Разом з ним переродить певна кількість нутрієнтів, що робить осмотичний розчин гарною основою для виробництва багатьох цукровмісних харчових продуктів. Продукти, оброблені способом осмотичної дегідратації відрізняються високими сенсорними характеристиками та поживною цінністю. Запропоновано можливість застосування цього процесу у різних галузях харчової промисловості, встановлено оптимальні параметри переробки овочів та дикорослих ягід.

Видання буде корисним для працівників промисловості, а також для студентів, магістрантів і аспірантів вищих і середніх спеціальних навчальних закладів, що стосуються харчової і переробної промисловостей. Авторка буде вдячна за відгуки до монографії, які можна надсилати на її електронну адресу.

Ключові слова: осмотична дегідратація, сушіння, спосіб виробництва, тонкодисперсне подрібнення, похідні від рослин продукти, апарат для осмотичної дегідратації, дикорослі ягоди, коренеплідні овочі, цукровий розчин.

ЗМІСТ

ВВЕДЕННЯ	5
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації	16
1.3 Вплив осмотичної дегідратації на тривалість процесу зневоднення	24
1.4 Апарат для проведення осмотичної дегідратації	26
2. ВПЛИВ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ НА БІОЛОГІЧНУ ЦІННІСТЬ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ПРОДУКТІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ	29
2.1. Вплив осмотичної дегідратації на амінокислотний склад дикорослих ягід	30
2.2. Вплив осмотичної дегідратації на фізико-хімічні показники якості похідних переробки дикорослих ягід	38
3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	39
3.1. Спосіб виробництва цукатів із коренеплідних овочів	39
3.2. Спосіб виробництва натурального желейного мармеладу із коренеплідних овочів	43
3.3. Спосіб виробництва желейних цукерок із моркви	48
3.4. Спосіб переробки дикорослої ягідної сировини	55
3.5. Спосіб виробництва пресованого цукру із додаванням продуктів переробки дикорослих ягід	61
3.6. Спосіб виробництва натуральних харчових барвників	68
3.7. Спосіб переробки квіткової сировини	73
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	84

ВВЕДЕННЯ

Фрукти та овочі є одними із найважливіших харчових продуктів. Завдяки своїм поживним властивостям та позитивній дії на здоров'я, вони є основою харчового раціону людини [1].

Продукти рослинного походження є основним джерелом біоактивних компонентів, необхідних для нормального функціонування організму. Вони містять білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, фолати, амінокислоти, органічні кислоти, каротиноїди, біофлаваноїди та харчові волокна. Вони мають становити близько 90% раціону кожної людини [2].

В процесі зберігання, навіть короткотривалого, у плодах і овочах відбуваються суттєві зміни, які негативно впливають на їх якість і призводять до швидкого псування. Основною причиною швидкого псування продуктів рослинного походження є високий вміст води у них. Вода є основним компонентом харчових продуктів, яка впливає на їх стабільність, як мікробну так і хімічну. Вона відповідає за споживче сприйняття багатьох органолептичних показників рослинної сировини, таких як соковитість, еластичність, ніжність та текстура. Зневоднення є важливим процесом збереження сировини та продуктів харчування. Основна мета зневоднення харчових продуктів – це видалення води із сировини для продовження терміну придатності та зниження її активності. Зниження активності води досягається двома способами: додаванням речовин, які знижують розчинність або шляхом видалення розчинника.

Серед пріоритетних завдань харчової промисловості є продовження терміну придатності продуктів рослинного походження, забезпечення їх безпечності та якості.

До традиційних способів обробки рослинної сировини відноситься:

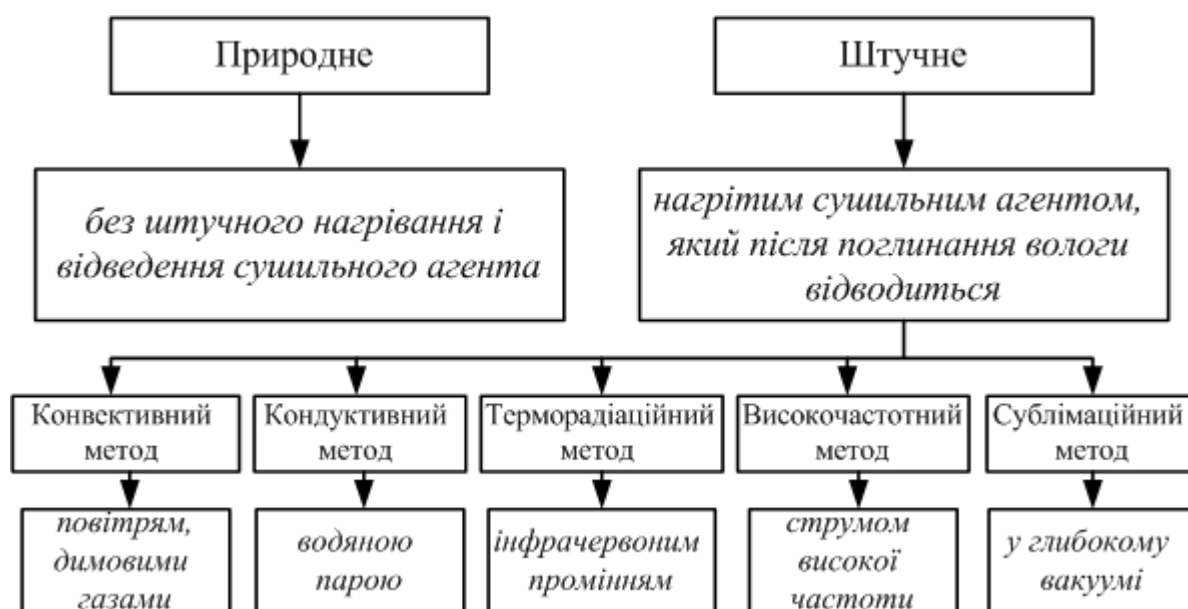
- теплова обробка під дією високих температур (бланшування, розварювання, підігрівання, обжарювання, пасерування);

- теплова обробка під дією низьких температур (охладження, заморожування);
- зневоднення (сушіння, випаровування, випарювання);
- ферментативне консервування.

В процесі високотемпературної теплової обробки відбуваються зміни структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, хімічних, мікробіологічних та органолептичних властивостей сировини, їх харчової та біологічної цінності [3]. Найбільш раціональним способом подовження термінів зберігання рослинної сировини є сушіння. Це пов'язано із сповільненням мікробіологічних процесів. При цьому склад поживних та біологічно цінних речовин залишається близьким до природного [4].

Сушіння – це процес видалення вологи із речовин і матеріалів тепловими способами. Відомі різноманітні види сушіння (рис.1), які відрізняються за способами проведення процесу, видами теплоносіїв та способами взаємодії фаз.

Відомі різновиди зневоднення, які відрізняються за способами взаємодії фаз. Класифікацію процесу зневоднення можна представити наступним чином



Методи сушіння впливають на якісні показники готового продукту, такі як: смак, аромат, в'язкість, твердість, мікробне псування та ферментативну активність [5]. Кожен метод має свої переваги та недоліки. Залежно від методу

сушіння отриманий кінцевий продукт відрізняється за своїми фізико-хімічними та поживними властивостями, мікроструктурою [6].

Конвективне сушіння гарячим повітрям найчастіше використовується для зневоднення овочів та фруктів. При цьому необхідність у підвищених температурах або тривалі сушіння можуть завдати серйозної шкоди смаку, кольору та біологічній цінності продукту. Крім того, знижується здатність до регідратації та об'ємна щільність плодів [7].

В роботі [8] наведено дані, щодо втрати харчової та біологічної цінності фруктово-овочевої сировини в процесі сушіння. Про це свідчать зміни структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, хімічних, мікробіологічних та органолептичних властивостей сировини. Причиною цього є використання нераціональних режимів високотемпературної теплової обробки.

Спосіб сушіння сировини рослинного походження, який представлений у роботі [9] забезпечує її довготривале зберігання і може використовуватися при виробництві різноманітних продуктів харчування. Проте високі температури, які використовуються у даному дослідженні, призводять до часткової втрати мінеральних речовин, що зменшує біологічну цінність вихідної продукції.

Досліджено важливість сонячної енергії як екологічно чистої технології і найбільш надійного джерела енергії [10]. Дана технологія сушіння дозволяє отримувати продукти з високим біологічним потенціалом. Проте існують економічні ризики, які не дають широкого розповсюдження даним технологіям сушіння. Основним недоліком технології є висока собівартість продукції.

У роботі [11] представлена конструкція сонячної сушарки для сушіння сільськогосподарських продуктів з унікальною конструкцією, яка забезпечує ефективне використання енергоносіїв. Дана конструкція дозволяє отримувати сушену продукцію із заданими показниками якості. Проте, її виготовлення та запуск потребують великих капіталовкладень. У міжнародному реєстрі патентів зазначається про новий метод вакуум-розпилювального сушіння [12]. А також про розроблення апарату для сушіння термолабільної харчової та медичної

сировини, яка піддається денатурації. Даний метод є нетрадиційним, тому виникають труднощі з реалізацією його у технологічному процесі. Це пов'язано з відсутністю спеціалістів по обслуговуванню даних апаратів.

Розглянуто нову нетрадиційну технологію спреї-сублімаційного сушіння виморожуванням, що дозволяє отримувати порошкоподібні продукти, у тому числі органічні, при збереженні переваг традиційних сухих продуктів[13]. Незважаючи на всі переваги, дана технологія практично не використовується через високу собівартість продукції. У роботі [14] обґрунтовано ефективність NIR-спектроскопії для контролю фізико-хімічних змін під час конвективного сушіння органічних морквяних слайсів. Основним недоліком способу є те, що продукція отримана за представленою технологією характеризується низькими органолептичними властивостями.

У роботах [15,16] представлено технологію, яка дозволяє отримати сушені продукти із меншою масою, значно меншим об'ємом. Енергетична цінність таких продуктів значно вища, порівняно із свіжими та консервованими іншими способами продуктами. Це в значній мірі полегшує їх транспортування та зберігання. Тому певний ефект інтенсифікації різних способів сушіння та підвищення якості продукції досягають в результаті попередньої підготовки сировини. Багато науковців займаються питанням підвищення якості сушених харчових рослинних продуктів та зменшенням енергозатрат на процес.

Останнім часом найбільш популярним методом збереження плодово-ягідної сировини є осмотична дегідратація різними осмотичними розчинами. Осмотична дегідратація є одним із найкращих та підходящих методів для збільшення терміну зберігання плодів та ягід. Цей процес є кращим у порівнянні з іншими, оскільки дозволяє зберегти поживні властивості, вітаміни, мінерали та органолептичні показники [17,18].

Між осмотичною дегідратацією і традиційними способами сушіння можна виділити дві основні відмінності: осмотична дегідратація призводить не лише до втрати вологи, а й до підвищення масової частки сухих речовин у продукті до висушування; процес не забезпечує досягнення стабільного вмісту сухих

речовин при подальшому зберіганні продукту. Тому після осмотичної дегідратації необхідно додатково проводити сушіння, заморожування або додавати консервувальні речовини.

Процес можна використовувати не лише у поєднанні із сушінням, а як самостійний метод оброблення рослинної сировини. Важливе значення при цьому відіграють похідні продукти переробки рослин. Їх можна далі переробляти, забезпечивши максимальне використання сировинних ресурсів або утилізувати. При цьому важливо враховувати економічну доцільність переробки.

Похідні продукти переробки ягід, овочів або фруктів доцільно переробляти далі, оскільки вони є джерелом не лише вітамінів, мінеральних речовин, а й харчових волокон. Тому із них можна виготовити харчові добавки для виробництва продуктів із доданою вартістю.

При переробці квіткові сировини, шрот варто утилізувати, оскільки витрати на переробку будуть перевищувати вартість готового продукту.

Осмотований розчин, утворений після обробки рослинної сировини містить значну кількість сахарози та інших цукрів, тому він підлягає обов'язковому повторному використанню за умов дотримання вимог безпечності.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ

1.1. Загальні відомості

В даний час свіжі фрукти та овочі стають все популярнішими для споживання порівняно із консервованими. Щоб задовольнити зростаючий ринковий попит на товари у свіжому стані, мінімальна обробка, така як осмотична дегідратація використовуватиметься дедалі частіше.

На тепер осмотичному зневодненню приділяється все більше уваги, як ефективному методу збереження властивостей фруктів та овочів. Осмотичне зневоднення полегшує їх переробку, сприяє збереженню первісних характеристик рослинної сировини, а саме кольору, аромату, текстури та поживного складу [19].

Після осмотичного зневоднення рослинна сировина залишається подібною до натуральної [20].

Осмотична дегідратація – це явище перенесення води з нижчої концентрації розчиненої речовини у більш високу концентрацію через напівпроникну мембрану, що призводить до рівноважного стану на обох сторонах мембрани [21,22].

Фізичний зміст процесу осмотичної дегідратації пояснюється тим, що концентровані розчини твердих речовин мають більш високий осмотичний тиск і меншу активність води [23].

Процес осмотичного зневоднення продуктів рослинного походження включає часткове видалення води шляхом занурення в концентровані водні розчини з високими осмотичними властивостями протягом заданого часу і температури [24].

Дегідратація проводиться переважно для фруктів і овочів, в гіпертонічному розчині, такому як концентрований цукровий сироп. В результаті виникають два великі потоки масопередачі [25].

Природа цих протилежно направлених масообмінних процесів є дуже складною та відсутні відповідні дані, пов'язані з їх протіканням.

При осмотичній обробці два основні протічечійні потоки відбуваються одночасно. Перший основний – це потік води всередині сировини в осмотичний розчин, а другий потік – дифузія осмотичного агента у протилежному напрямку, який тече з розчину в продукт [26].

Можна виділити три типи осмотичного перенесення маси, які спричинені різницею в осмотичному тиску:

- відтік вологи з продукту в розчин;
- перенесення розчиненої речовини з розчину в продукт;
- вимивання з продуктів розчинних речовин (цукрів, органічних кислот, мінералів, вітамінів тощо), які впливають на склад кінцевого продукту.

Рухайна сила процесу - різниця осмотичних тисків розчинів по обидві сторони прониклої мембрани (рис.1.1).

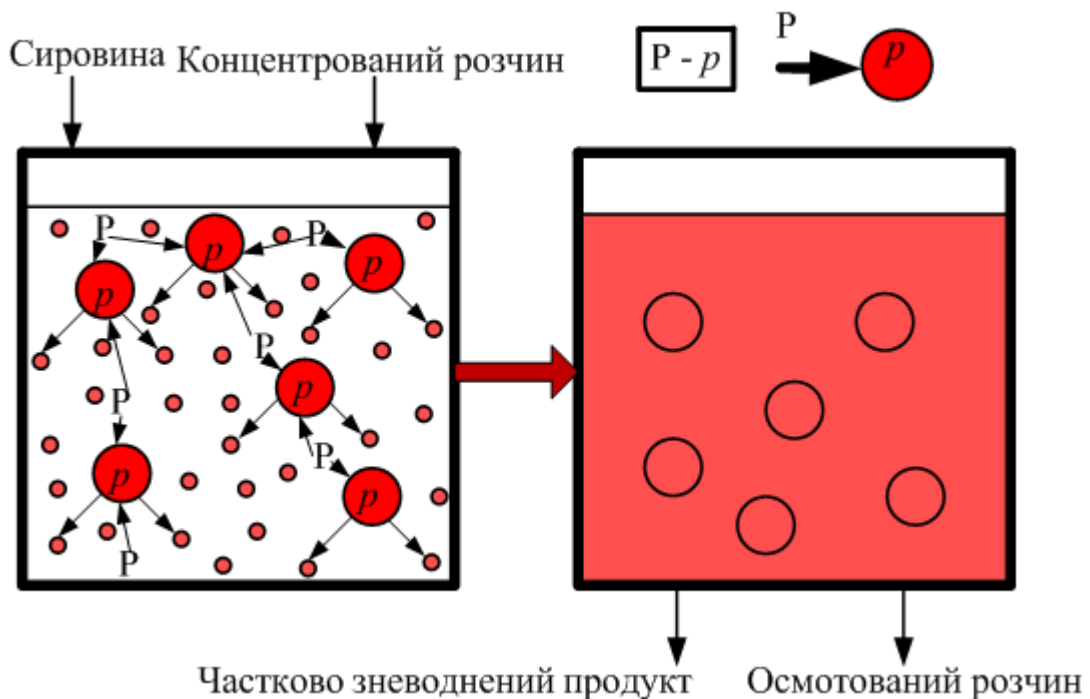


Рис.1.1. Механізм процесу осмотичної дегідратації

Процес видалення води під час осмотичної дегідратації відбувається за рахунок дифузії і капілярного потоку, тоді як поглинання розчиненої речовини або вилуговування відбувається тільки шляхом дифузії [27].

На процес осмотичної дегідратації також впливають і фізико-хімічні властивості, молекулярна маса, розчинність і іонний стан розчиненої речовини [28].

Порівняно з іншими традиційними методами, осмотична дегідратація є простим способом, який не вимагає механічної допомоги і потребує менших витрат енергії [29].

Його легко проводити при кімнатній температурі, що забезпечує збереження кольору, текстури та поживних речовин з обмеженою втратою летких сполук та меншими окисними змінами. Осмотичне зневоднення запобігає знебарвленню плодів, яке спричинене ферментативним окисненням [30].

Для оптимізації процесу та якості продукції, важливо розуміти фактори, що впливають на масоперенесення при осмотичній дегідратації. До таких факторів можна віднести:

- вид осмотичного агента;
- концентрацію осмотичного агента;
- температуру обробки;
- інтенсивність перемішування або процес переміщення;
- методи попередньої обробки та використання їстівного покриття.

Для покращення масопередачі під час осмотичного зневоднення можна застосовувати процес перемішування, оскільки використання висококонцентрованих в'язких розчинів цукру створює серйозні проблеми, такі як спливання харчових шматочків, що перешкоджає контакту між харчовим матеріалом та осмотичним розчином. Це призводить до зменшення маси та швидкості масообміну [31,32].

Швидкість дифузії води з продукту та поглинання твердих речовин залежать від виду та концентрації осмотичного агента, температури обробки, інтенсивності перемішування [33,34].

Встановлено оптимальні умови дегідратації деяких овочів при концентрації цукрового розчину 20-60%: температурі - 38 °С, тривалості - 100 хв [35].

Під час дослідження осмотичної дегідратації насіння гранату в розчині сахарози з масовою часткою сухих речовин 55% ($t=50^{\circ}\text{C}$) було встановлено, що заморожування насіння гранату перед осмотичною дегідратацією призводить до збільшення ефективної дифузії та скорочення часу дегідратації [36].

Оптимальні умови для зневоднення коренеплідних овочів, таких як буряк, виявилися: температура 47,36°C; час занурення 167,85хв; концентрація цукрового розчину 53%. При цих оптимальних значеннях водовіддача та приріст сухих речовин у сировині становили 27,72% та 8,25% відповідно [37].

Концентрація осмотичного агента відіграє важливу роль в осмотичній дегідратації. Збільшення концентрації розчину призводить до збільшення градієнта осмотичного тиску та збільшення втрати води [38].

Поширеними типами розчинених речовин, що використовуються в якості осмотичного агенту, є сіль, цукор, пальмовий цукор, мед, сахароза, глюкоза, фруктоза, сорбіт, гліцерин, глюкозний сироп, кукурудзяний сироп, кленовий сироп, крохмаль, фруктоолігосахариди, мальтодекстрин і мальтодекстрин [39, 40].

Деякі дослідження спрямовані на мінімізацію поглинання осмотичних твердих речовин, оскільки це може призвести до втрат вітамінів та мінеральних солей [41].

Розчини цукру та солі вважаються найкращим вибором з точки зору ефективності, зручності та смаку [42].

Розчин цукру зменшує потемніння, запобігаючи доступу кисню, забезпечує стабільність пігментів та допомагає утримувати леткі сполуки під час сушіння осмотично оброблених матеріалів [43].

Під час осмотичної дегідратації скибочок дині було встановлено [44], що втрата води та накопичення твердих частинок збільшувалися із зменшенням

товщини зразків. Це пов'язано із співвідношенням ширини та збільшеною площею поверхні, що контактує з осмотичним розчином.

Аналогічні результати було отримано при зневодненні бананів та моркви, відповідно у розчині сахарози [45]. Клітини, які безпосередньо контактують з осмотичним розчином, втрачають воду і тургор. При зменшенні розмірів зразків частка цих клітин осмотичної тканини істотно збільшується за рахунок збільшення площі поверхні контакту з осмотичним розчином.

Застосування осмосу в харчовій промисловості в якості зневоднення було в першу чергу мотивовано економічними факторами та покращенням якості кінцевого продукту. Досліджено властивості різної сировини під час осмотичної обробки, з метою визначення оптимального методу та режимів проведення процесу [46].

Існують, також, дискусії щодо обсягу осмотичного середовища. При збільшенні кількості осмотичного розчину підвищується швидкість масопередачі, збільшуються втрати води, але це призводить до збільшення експлуатаційних витрат. Крім того, збільшення вмісту твердих речовин і загальної масопередачі може знизити якість продукту за рахунок зміни смаку продукту і більшої міграції природних речовин в осмотичне середовище [47].

Зміна співвідношення впливає до певної межі. Співвідношення розчину та зразка слід вибирати таким чином, щоб рушійна сила для видалення вологи існувала до кінця процесу. Рушійна сила виділення води зменшується, коли осмотичні розчини розбавляються. У міру зневоднення осмотичний розчин стає все більш розбавленим і рушійна сила подальшого вивільнення води знижується [48].

Більшість дослідників використовували співвідношення проби та розчину в діапазоні від 1:1 до 1:5 для вивчення кінетики масопереносу щодо зміни концентрації розчину та інших факторів. Збільшення співвідношення осмотичного розчину до маси зразка призвело до збільшення як приросту твердої фази, так і втрати води при осмотичній дегідратації [49].

Осмотична дегідратація є одним із енергетично ефективних способів видалення вологи з харчових продуктів, оскільки вода не зазнає фазового перетворення під час видалення із продукту [50].

Цей спосіб менш енерговитратний, порівняно із конвективним та вакуум-конвективним методами сушіння, оскільки його можна проводити за низької температури або температури навколишнього середовища [51,52].

Це має потенційні переваги для переробної промисловості щодо збереження якості продуктів харчування та їх користі.

Можна виділити наступні переваги процесу осмотичної дегідратації:

- зводить до мінімуму вплив температури якості рослинної сировини і зберігає її цілісність;
- м'яка термічна обробка сприяє збереженню кольору та смаку, внаслідок чого продукт має гарні органолептичні показники (особливо при використанні цукрового сиропу в якості осмотичного агенту);
- осмотична дегідратація підвищує стійкість до термообробки;
- простий, економічний (енергоспоживання у 2-3 рази менше порівняно зі звичайним сушінням);
- запобігає ферментативному потемнінню та інгібує активність поліфенолоксидаз;
- покращує текстуру та регідратаційні властивості;
- видалення кислоти та поглинання цукру сировиною змінює склад і покращує смак та прийнятність, яка називається цукерковим ефектом;
- процес можна застосовувати для готових до споживання продуктів, таких як родзинки, цукати і т.п.;
- процес зменшує об'єм продуктів, тим самим заощаджуючи витрати на обробку, зберігання та транспортування;
- постійне занурення сировини в осмотичні агенти дозволяє уникнути впливу O_2 , за рахунок чого краще зберігається колір готового продукту;
- захищає від руйнування структури виробу при подальшому сушінні, сприяючи збереженню форми зневоднених продуктів.

До інших переваг осмотичної дегідратації включають ефективне інгібування поліфенолоксидази [53].

Щоб зробити осмотичну дегідратацію більш привабливою з економічної точки зору, осмотичний розчин необхідно реконцентрувати будь-яким способом: або шляхом випарювання, або додаванням свіжого осмотичного реагенту.

Осмотичне зневоднення може бути ефективним додатковим етапом обробки до термічного зневоднення (якщо не альтернативою) у загальному ланцюжку інтегрованої обробки харчових продуктів [54].

1.2. Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації

Одним із основних чинників, що впливають на умови осмотичного зневоднення, є осмотичний тиск. Він відноситься до колігативних властивостей речовини, оскільки залежить від концентрації розчиненої речовини, а не її хімічної природи.

Осмотичний тиск – це надлишковий тиск у розчині, який необхідний для запобігання перенесення розчинника через напівпроникну мембрану. Він описується рівнянням Ван-Гоффа:

$$p = CRT, \quad (1)$$

де p – осмотичний тиск, Па;

C – концентрація розчину, моль/м³;

$R = 8,31$ Дж/(моль·К) – універсальна газова стала;

T – абсолютна температура, К.

В ході досліджень, розраховували осмотичний тиск, спричинений цукровими розчинами, з вмістом сухих речовин 50, 60 та 70% (відповідають концентраціям цільового компоненту відповідно 1462, 1754 та 2047 моль/м³). Розрахунки, для розчинів із всіма запропонованими концентраціями, проведено

з урахуванням різних температур зневоднення - 40, 50 та 60 °С (313, 323, 333 К).

Результати розрахунку представлено на рис.1.2.

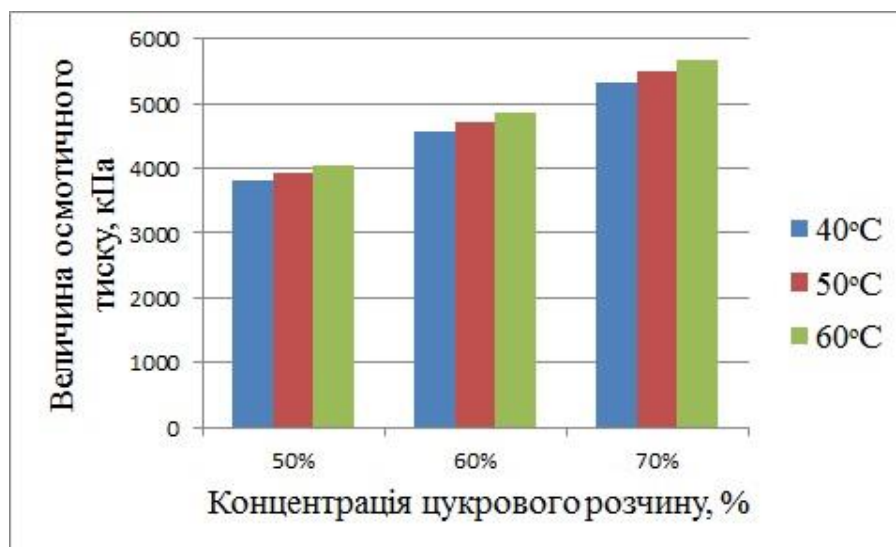


Рис.1.2. Залежність величини осмотичного тиску від концентрації цукрового розчину та температури

Результати розрахунку показали, що при збільшенні концентрації цукрового розчину та температури підвищується осмотичний тиск. Оскільки, оптимальною температурою, при якій зберігається біологічна цінність овочів, є 50°C, пропонується для зневоднення використовувати цукровий розчин із вмістом сухих речовин 70%, який забезпечує найвищий осмотичний тиск при даній температурі. Така концентрація осмотичного розчину створює достатній осмотичний потенціал, тим самим спричиняючи більшу втрату води, уповільнюючи окисне та неферментативне підрум'янення, що дозволяє отримати продукт кращої якості.

Маса цільового компонента, перенесена з однієї фази в іншу за одиницю часу, визначає продуктивність масопередачі і відповідає потоку маси, який розраховується за формулою:

$$M = \frac{dm}{d\tau}, \quad (2)$$

де M – маса речовини, що продифундувала за одиницю часу, кг/год;

dm – маса цільового компонента (сахарози), перенесена з однієї фази в іншу за одиницю часу, кг;

$d\tau$ – тривалість процесу, год.

З метою визначення оптимальної тривалості процесу дегідратації розраховували питомий потік маси, відносячи потік маси до робочого об'єму апарату:

$$q_v = \frac{M}{V} = \frac{dc}{d\tau}, \quad (3)$$

де q_v – питомий потік маси, кг/м³·год;

V – робочий об'єм апарату, м³.

Спочатку розраховували масу цільового компонента, що переноситься в результаті осмотичної дегідратації. Враховуючи, що всередині термостату встановлено перемішувач для постійного перемішування розчину і вирівнювання температур, можна вважати, що потік маси рівномірно розподіляється по всьому об'єму апарату.

Таким чином, можна розрахувати масу цільового компонента, що переноситься в процесі дегідратації, знаючи концентрацію осмотичного розчину за формулою:

$$dm = V \cdot dc, \quad (4)$$

де dc – концентрація цільового компонента, кг/м³.

Градiєнт концентрації між розчином та внутрішньоклітинною рідиною є рушійною силою відведення води із сировини.

Розрахунки проводили, використовуючи різні концентрації сахарози: 50% (500 кг/м³), 60% (600 кг/м³), 70% (700 кг/м³) та різну тривалість процесу (від 1 до 2,5 год).

Результати розрахунку продуктивності масопередачі в залежності від тривалості процесу та концентрації осмотичного розчину представлено на рисунку 1.3.

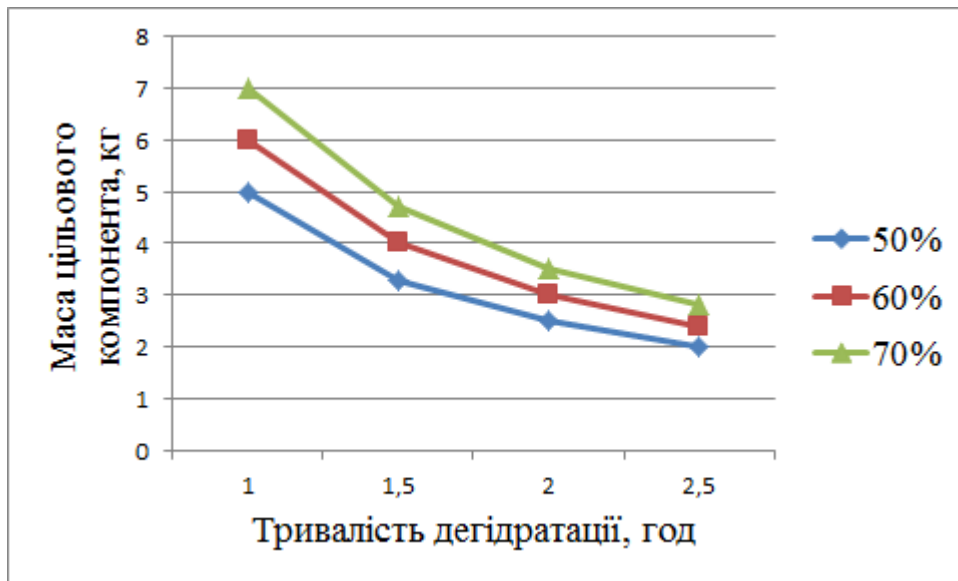


Рис 1.3. Залежність маси, що переноситься від тривалості процесу та концентрації осмотичного розчину

Встановлено, що найбільше перенесення маси спостерігається при використанні розчину з вмістом сахарози – 70%. Використовувати осмотичні розчини з більшим вмістом сухих речовин не доцільно, що підтверджено іншими дослідниками [35-40]. Активна масопередача відбувається в перші 2 години, тому процес можна обмежувати цим терміном, оскільки подальше зневоднення є економічно та технологічно недоцільним.

Відповідно до закону Фіка маса речовини, що продифундувала за одиницю часу при постійній температурі і тиску залежить від коефіцієнту дифузії та градієнту концентрацій:

$$M = -DS \frac{dc}{dx}, \quad (5)$$

де D – коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$;

S - площа перерізу, через який відбувається дифузія, м^2 ;

dc/dx - градієнт концентрації. Знак мінус показує, що дифузія йде в бік зменшення концентрації.

Із рівняння (5) видно, що площа дифундування впливає на швидкість масопередачі.

Маса речовини, що продифундувала прямопропорційна площі перерізу, через який відбувається дифузія та оберненопропорційна товщині шару, або довжині шляху дифундування. Площа перерізу, через який відбувається дифузія, залежить від розміру та форми часточок сировини, що подається на дегідратацію. Це підтверджує те, що форма і розмір частинок впливають на швидкість процесу, тому мають регулюватися.

Для визначення оптимальних розмірів частинок, проведено дослідження стійкості овочів до температур.

В якості предмету дослідження використовували стиглі коренеплідні овочі таких сортів: моркву (*Daucus*) Шантане, столовий буряк (*Beta vulgaris*) Бордо 237, пастернак (*Pastinaca sativa*) Білий лелека.

Для проведення осмотичної дегідратації застосовували рідинний термостат MLW-16, з робочим об'ємом 0,01 м³.

Овочі подрібнювали та сортували на фракції розмірами 3, 5 та 10 мм. Шматочки овочів відповідних фракцій занурювали у скляні конічні колби (по 4 колби з кожною фракцією) із концентрованим цукровим розчином (70%). Співвідношення цукрового розчину і овочів у всіх колбах становило 1:2.

Колби одночасно поміщали в термостат із температурою 50 °C та через певний час (1 год, 1,5 год, 2 год, 2,5 год), по черзі виймали і відділяли овочі від сиропу. Отримані зразки висушували у лабораторній вакуум-сушарці при температурі 50°C протягом 1 години. Висушені зразки досліджували органолептично.

Математичні розрахунки для встановлення оптимальних параметрів процесу проводили за допомогою відомих загальноприйнятих рівнянь.

Результати впливу розмірів сировини на характер зневоднення представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Дослідження впливу розмірів сировини на характер зневоднення

Розмір, мм	Тривалість, год	Характеристика зневоднених частинок		
		морква	буряк	пастернак
3×3×3	1	Частинки зморщені. Консистенція суха. Запах цукровий. Смак солодкий		
	1,5	Частинки зморщені. Консистенція суха. Запах цукровий. Смак солодкий		
	2	Частинки дуже зморщені, подекуди розварені. Консистенція суха. Запах цукровий. Смак солодкий		
	2,5	Частинки дуже зморщені, подекуди розварені. Консистенція суха. Запах цукровий. Смак солодкий		
5×5×5	1	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Запах цукровий з легким ароматом овочу. Смак солодкий з присмаком овочу		
	1,5	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Запах цукровий. Смак гармонійно солодкий		
	2	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Запах цукровий. Смак гармонійно солодкий		
	2,5	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Запах цукровий. Смак гармонійно солодкий		
10×10×10	1	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Відчутний запах овочу. Смак солодкий з присмаком овочу		
	1,5	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Відчутний запах овочу. Смак солодкий з присмаком овочу		
	2	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Відчутний запах овочу. Смак солодкий з присмаком овочу		
	2,5	Частинки не зморщені. Консистенція не суха. Лець відчутний запах овочу. Смак солодкий з присмаком овочу		

Дослідження показало, що частинки овочів розмірами менше 5 мм можуть розварюватись і мають непривабливу зморщену форму та суху консистенцію після висушування. Частинки розміром 10 мм мають характерну форму, але в них навіть після 2,5 годин дегідратації спостерігається відчутний запах та присмак овочів, що негативно впливає на сенсорні показники якості. Тому запропоновано подрібнювати овочеву сировину (*Beta vulgaris*, *Daucus*, *Pastinaca sativa*) на кубики розміром 5×5×5 мм. При такій формі спостерігаються гарні органолептичні властивості готового продукту та забезпечуються однаковий шлях дифундування.

В процесі дослідження, також, визначали зміну масової частки сухих речовин у розчині за допомогою рефрактометра. Результати зміни масової частки сухих речовин в осмотичному розчині представлено на рисунку 1.4.

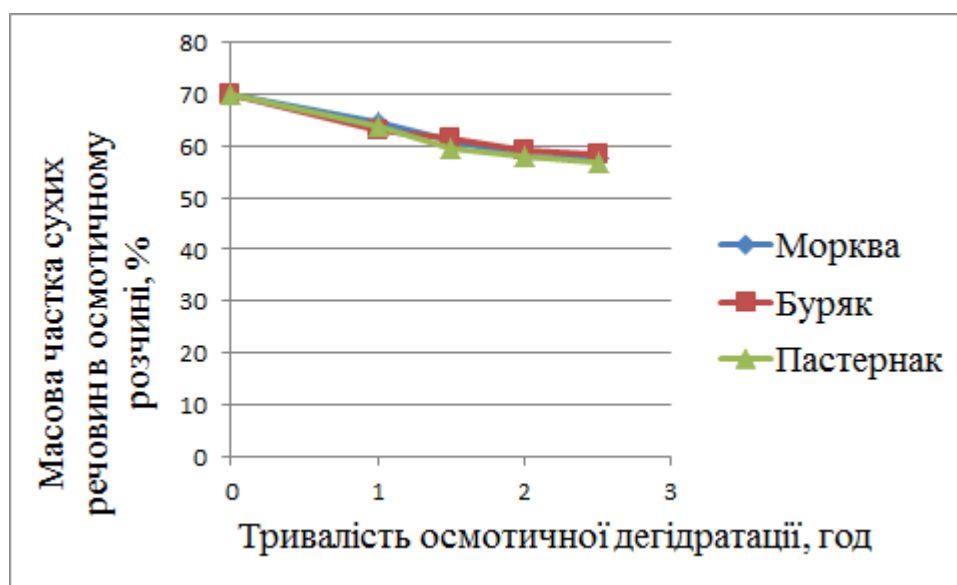


Рисунок 1.4. Зміна масової частки сухих речовин в осмотичному розчині

Із графіка видно, що найбільша динаміка зневоднення спостерігається в першу годину дегідратації, коли різниця концентрацій сахарози в осмотичному розчині та всередині частинок найбільша. Впродовж наступного часу вміст сухих речовин в осмотичному розчині змінюється в незначній мірі, що дозволяє обмежити час дегідратації до 2 год.

Відомо, що швидкість процесу масопередачі прямопропорційна різниці концентрацій та обернено пропорційна кінетичному (дифузійному) опору середовища:

$$W_m = \frac{M}{F \cdot \tau} = \frac{\Delta C}{R_d}, \quad (6)$$

де ΔC – різниця концентрацій (рушійна сила масообміну);

R_d – дифузійний опір;

M - маса речовини, що перейшла з однієї фази в іншу, кг;

F - поверхня контакту фаз, м²;

τ – тривалість зневоднення, с.

Оскільки при збільшенні дифузійного опору, швидкість масопередачі знижується, осмотичне зневоднення овочів відбувається швидше, за умови перемішування сиропу або його циркуляції. Це відбувається через зниження опору масообміну на поверхні за рахунок уникнення локалізованого розведення, яке впливає на швидкість видалення води.

Перемішування дозволяє інтенсифікувати процес. Однак, перемішування може бути ускладнене і викликати пошкодження зразків, що зневоднюються. Тому, в розробленому нами апараті для осмотичної дегідратації [55], для перемішування передбачено лопатеву мішалку обтікаючої форми без гострих кутів.

Результати аналізу існуючих наукових праць та власних досліджень показали:

- найвищий осмотичний тиск спостерігається при температурі 50 °С, оптимальній для збереження біологічної цінності овочів;
- оптимальна концентрація цукрового розчину становить 70%, при цьому спостерігається швидке видалення клітинного соку із рослинної сировини та максимально зберігаються її сенсорні властивості;
- висока концентрація осмотичного розчину створює достатній осмотичний потенціал, тим самим спричиняючи більшу втрату води,

уповільнюючи окисне та неферментативне підрум'янення, що дозволяє отримати продукт кращої якості;

- оптимальна тривалість процесу, яка забезпечує ефективне зневоднення і гарні сенсорні властивості продукту - 2 год;
- тривалість процесу залежить від структурно-механічних властивостей сировини тому може зменшуватися до 1 години;
- розмір і форма зразків, що зневоднюються, впливають на характер зневоднення та швидкість масопередачі, найкращі результати досягаються при подрібненні овочів на кубики розміром $5 \times 5 \times 5$ мм;
- при переробці ягід процес подрібнення можна виключити;
- швидкість масопередачі залежить від руху осмотичного середовища, оскільки дозволяє знижувати опір масообміну на поверхні за рахунок уникнення локалізованого розведення.

1.3. Вплив осмотичної дегідратації на тривалість процесу зневоднення

Для визначення динаміки зміни вологості та інтенсивності процесу сушіння було проведено експериментальні дослідження, в процесі яких відпрацьовували технологічні режими сушіння ягідної сировини із застосуванням осмотичної дегідратації та без неї.

В якості предмету дослідження використовували похідні переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*.

Процес сушіння описується кривими сушіння (рис. 1.5), які характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу φ під час сушіння τ .

Аналіз таких кривих показує, що на початку процесу (в перші 30 хв) відбувається короткочасна стадія прогріву матеріалу (I період) та адіабатне випаровування вологи (II період). Тривалість цієї стадії залежить від товщини

зразка. В цей період процес відбувається швидко за рахунок того, що є велика різниця між парціальним тиском водяної пари над поверхнею і в середовищі.

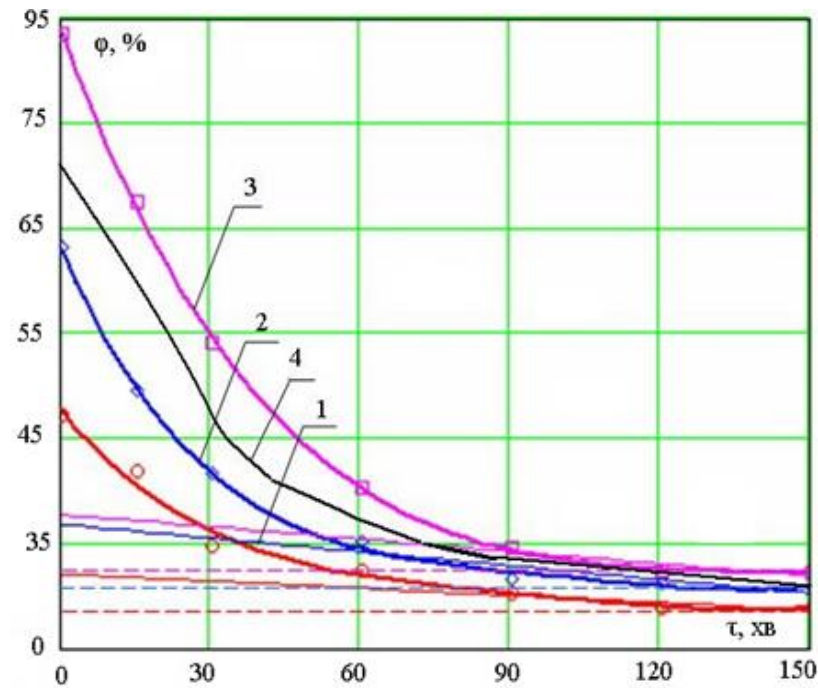


Рис. 1.5. Кінетика сушіння похідних переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*

Починаючи з 30 хв (перша критична точка) швидкість випаровування знижується (III період сушіння), ця точка відповідає початку випаровування з матеріалу зв'язаної (гігроскопічної) вологи. В кінці сушіння крива сушіння асимптотично наближається до лінії рівноважної вологості, причому рівноважна вологість відповідає вибраному режиму сушіння. При рівноважній вологості сушіння закінчується, його швидкість дорівнює нулю. В нашому випадку, процес сушіння можна завершувати через 2 години, оскільки вологість досягає бажаного рівня 5-8%.

Процес сушіння можна інтенсифікувати за рахунок збільшення кінетичних коефіцієнтів, які залежать від фізико-хімічних властивостей матеріалів та рушійних сил (хімічний потенціал речовини та температура). Однак, слід врахувати, що ці фактори залежать від температури і вологості тіла. При підвищенні температури сушіння, зростає негативний вплив на біологічно-активні нутрієнти (руйнуються вітаміни), змінюється забарвлення порошків

внаслідок меланоїдинової реакції Майяра. Оскільки нами пропонується використання порошоків в якості добавок, здатних підвищувати біологічну цінність харчових продуктів, підвищувати температуру вище 50-60°C не рекомендується.

Зазвичай під час I періоду сушіння, перш за все, із матеріалу випарюється вільна вода, яка залишається на поверхні у механічно зруйнованих клітинах. Після цього починає випарюватися волога, яка знаходиться в макрокапілярах, тому велика кількість тепла витрачається на випаровування води. Застосування осмотичної дегідратації перед сушінням зменшує тривалість процесу, оскільки перший період практично відсутній. Вільна волога виштовхується із клітин осмотичним розчином за рахунок збільшення осмотичного тиску. Крім того, це сприяє покращенню якості висушених продуктів. Вони мають більш виражений колір та аромат

1.4. Апарат для проведення осмотичної дегідратації

В основу розробки конструкції апарату для проведення осмотичної дегідратації коренеплідних овочів перед процесом сушіння, була поставлена задача максимально зберегти органолептичні та харчові властивості продукту.

Поставлена задача вирішувалася тим, що апарат для осмотичної дегідратації коренеплідних овочів складається із корпусу, решітки для нарізаних коренеплодів, мішалки, нагрівального елемента, пристрою для автоматичного керування, термометру. Апарат повністю автоматизований, встановлена мішалка для рівномірного контролю температури та мішалка для перемішування продукту. Встановлення мішалки для води та мішалки для продукту дає можливість регулювати продуктивність апарата, тримати задану температуру, не пошкоджуючи структуру продукту.

Корпус 1 апарату виконаний із нержавіючої сталі. Простір 8 апарата заповнюється цукровим розчином. Для нагрівання цукрового розчину і підтримання температури на заданому рівні всередині корпусу вбудована спіраль 4. Рівномірне нагрівання сиропу забезпечується мішалкою 3, а

перемішування цукатів – мішалкою 6, яка тримається на штативі 7. Підтримання заданої температури в апараті регулюється термометром 2. Контроль за процесом дегідратації здійснюється за допомогою пульта керування 5.

Всередині корпусу розміщена зйомна решітка для утримування цукатів 9. Решітка 9 виконує одразу декілька важливих функцій: утримування сировини всередині корпусу і їх рівномірне занурення в цукровий розчин; відокремлення осмотованого розчину від частково зневодненої сировини після осмотичної дегідратації.

Схема апарату для осмотичної дегідратації представлена на рис.1.6.

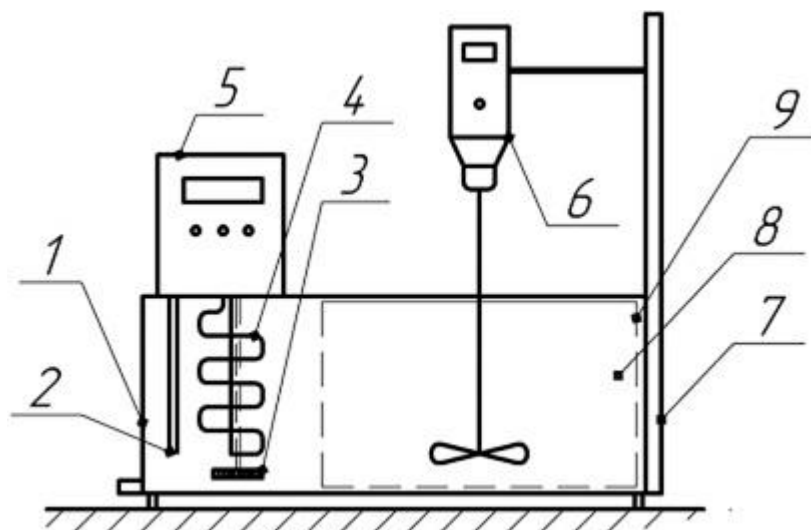


Рис. 1.6. Схема апарату для осмотичної дегідратації

За рахунок мішалки 6 прискорюється процес осмосу, як наслідок – час дегідратації та загальна тривалість процесу переробки рослинної сировини скорочується.

В апарат для дегідратації подається вода і цукор, за допомогою пульта керування вмикаються обидві мішалки і пристрій для нагрівання цукрового розчину. В пастеризований цукровий розчин додають промиті, очищені та подрібнені овочі або фрукти, цілі ягоди чи інша рослинна сировина. Температура розчину знижується, пультом керування задається робоча температура 50 °С, після досягнення якої, фіксується початок процесу дегідратації.

Витримування сировини у насиченому цукровому розчині здійснюється при температурі 50 °С. Тривалість процесу залежить від виду рослинної сировини (зазвичай 1-2,5 години). Після дегідратації дістають решітку із частково зневодненою сировиною і відділяють її від осмотованого розчину. Відокремлена від осмотованого розчину частково-зневоджена сировина направляється на сушіння або іншу технологічну операцію, в залежності від виду продукту, що виробляється.

Розроблений апарат для осмотичної дегідратації дозволить проводити попередню обробку сировини перед процесом сушіння, знижуючи його тривалість, поліпшує структуру готового продукту, запобігає знебарвленню плодів, спричиненому ферментативним окисненням. Утворений осмотований розчин можна використовувати повторно. Переробляти його на різні види харчових продуктів, виготовляти натуральні барвники або використовувати в якості добавки для збагачення цукру [56, 57, 58].

2. ВПЛИВ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ НА БІОЛОГІЧНУ ЦІННІСТЬ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ПРОДУКТІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ

2.1. Вплив осмотичної дегідратації на амінокислотний склад дикорослих ягід

Амінокислоти є незамінним будівельним матеріалом рослинного та тваринного білка з характерною захисною дією, вони зустрічаються не лише у складі білків, а й у вільному стані, як продукт обміну органів та тканин рослини. Вільні амінокислоти значною мірою визначають органолептичні характеристики харчових продуктів.

Відомо, що амінокислоти підвищують захисну роль імунної системи, а також аланін бере участь у нормалізації метаболізму глюкози, глютамінова кислота бере участь у вуглеводному обміні і використовується клітинами головного мозку для отримання енергії, триптофан бере участь в утворенні гемоглобіну, а аргінін - у підвищенні захистних сил організму, тирозин бере участь у регуляції настрою, нестача його в організмі призводить до розвитку депресивних станів [59].

Збільшення вмісту амінокислот у харчових продуктах підвищує їх біологічну цінність. Багато науковців працює над пошуком джерел амінокислот і способом їх вилучення, можливостями збагачення харчових продуктів.

Хроматографічним методом було досліджено амінокислотний склад плодів дикоослих ягід *Viburnum opulus*, *Hippophae rhamnoides L.* *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* та продуктів її переробки. Результати переходу амінокислот у осмотичний розчин представлено на рисунках 21, 22, 23, 24.

Плодам *Viburnum opulus L.*, зазвичай, не віддають перевагу для споживання в їжу із-за їх кисло-гіркого смаку, небажаного аромату та присутності деяких компонентів зі специфічним запахом [60]. Разом з тим, завдячуючи цілющим властивостям, продукти, приготовлені із соку калини,

користуються підвищеним попитом з кожним роком. В плодах *Viburnum opulus* було виявлено 16 різноманітних амінокислот (рис.2.1, а), серед яких і незамінні: ізолейцин - 0,11 мг/100 г; лейцин - 0,18 мг/100 г; лізин - 0,26 мг/100 г; фенілаланін - 0,49 мг/100 г; треонін - 0,43 мг/100 г; валін - 0,16 мг/100 г. Найбільшу концентрацію у плодах *Viburnum opulus* становив серин (3,42 мг/100 г).

Серин бере участь в утворенні молекул ДНК та РНК. Він відіграє важливу роль в обмінних реакціях організму, забезпечуючи синтез гліцину та сірковмісних амінокислот. Ця амінокислота надзвичайно важлива для роботи головного мозку.

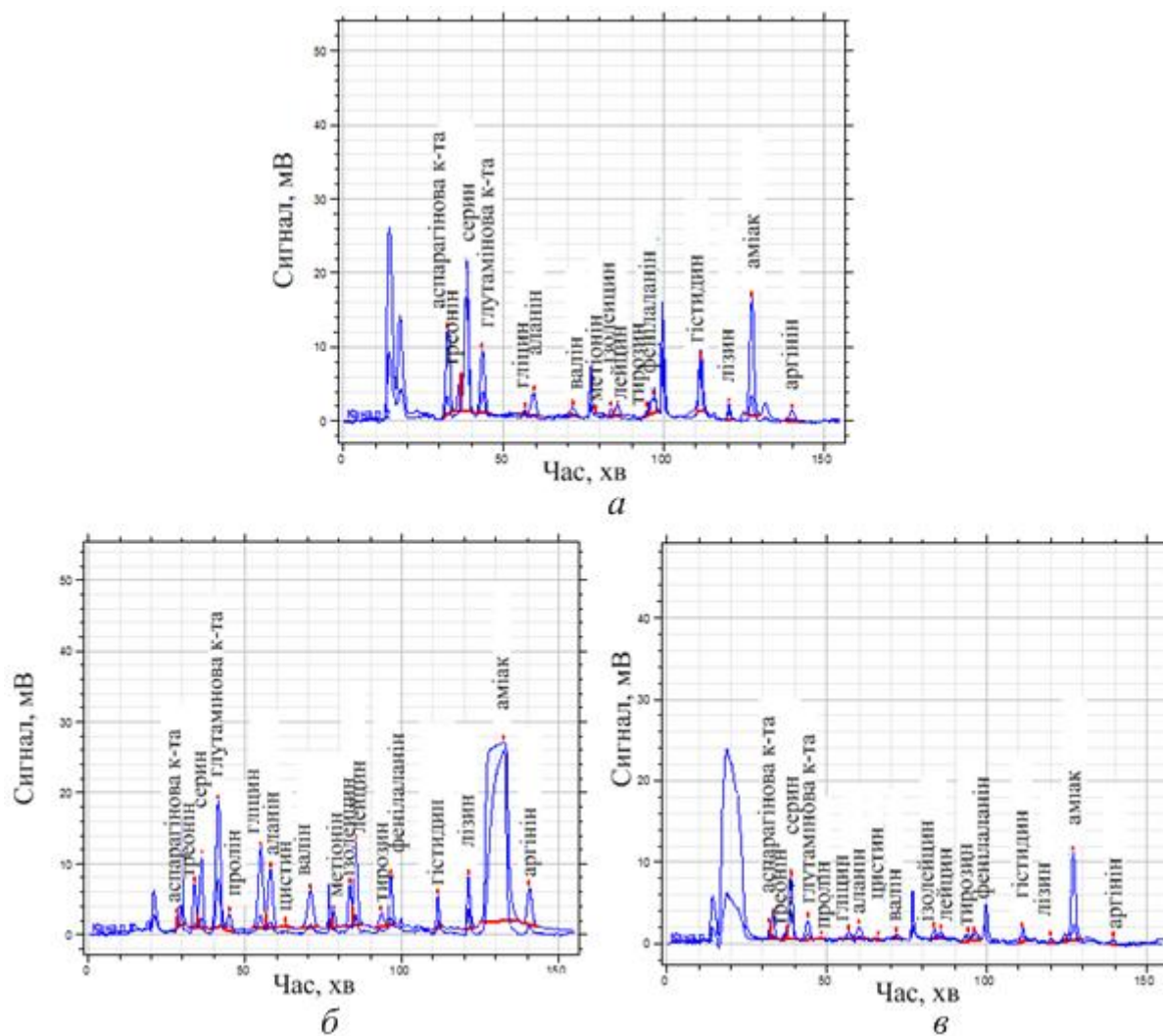


Рис.2.1. Амінокислотний склад *Viburnum opulus*: а – плодів; б – порошків; в – осмотичного розчину

До складу порошку *Viburnum opulus* входить 18 амінокислот (рис.2.1, б) у кількості 4,63 г/100 г, з них незамінних амінокислот виявлено у кількості 1,63 г/100 г (ізолейцин-0,17; лейцин - 0,37; лізин - 0,24; метіонін - 0,07; фенілаланін - 0,23; треонін - 0,19; валін - 0,23). Варто зазначити, що концентрація деяких амінокислот у порошку калини, була значно меншою, ніж у порошках із бузини та обліпихи відповідно: аспарагінової кислоти (на 0,9 та 0,86 г/100 г), серину (на 0,23 та 0,2 г/100 г). Виявлена однакова концентрація цистину у порошках із калини та обліпихи (0,02 г/100 г).

Крім того, у порошку калини виявлено незамінну амінокислоту метіонін (0,07 г/100г). Вона добре впливає на стан нирок, знижує токсичність багатьох отруйних речовин і сприяє відновленню функцій печінки. Порошки ягід містять переважну більшість основних амінокислот, серед них є майже усі незамінні, крім триптофану. Це свідчить про їх біологічну повноцінність.

При цьому, зазвичай, калиновий жмих утилізується, як відходи виробництва. Заморожування і обробка цукровим розчином покращує смакові властивості похідних продуктів переробки ягід калини. Виготовлені на їх основі порошки можуть стати функціональними добавками не лише в якості джерела харчових волокон, а й цукрів, амінокислот і вітамінів, оскільки всі режими теплової обробки, запропоновані нами, є максимально помірними.

У похідному продукті переробки (осмотованому розчині) ягід *Viburnum opulus* було визначено 7 незамінних амінокислот (рис. 2.1, в), мг/100 г: валін (0,08), лейцин (0,1), ізолейцин (0,14), лізин (0,09), гістидин (0,18), треонін (0,08), фенілаланін (0,13). При цьому загальна кількість амінокислот складала 3,63 мг/100 г. Найбільшу концентрацію із всієї кількості амінокислот становив серин (0,94 мг/100 г) та глютамінова кислота (0,54 мг/100 г). Глутамінова кислота має властивості консерванту, її похідні надають стабілізуючу дію продуктам при зберіганні. Також, глютамінова кислота є підсилювачем смаку.

Ягоди *Hipporhae rhamnoides L.* містять багато вітамінів, фенольних з'єднань, каротиноїдів та інших біологічно активних компонентів, які мають фармакологічні ефекти [61]. Обліпиха традиційно використовується як

лікарський засіб [62]. З неї добувають олію та сік, а шрот при цьому йде на корм тваринам або утилізується.

Аналіз амінокислотного профілю плодів обліпихи (рис.2.2, а) показав присутність у їх складі 17 амінокислот, найбільша концентрація припадає на серин – 84,35 мг/100 г. Також, було виявлено високу концентрацію проліну (21,93 мг/100 г), аспарагінової кислоти (12,22 мг/100 г) та фенілаланіну (5,32 мг/100 г).

Пролін необхідний для утворення колагену в організмі, який формує всі з'єднувальні тканини. Аспарагінова кислота стимулює синтез білка, знижує рівень аміаку в крові, нормалізує роботу печінки.

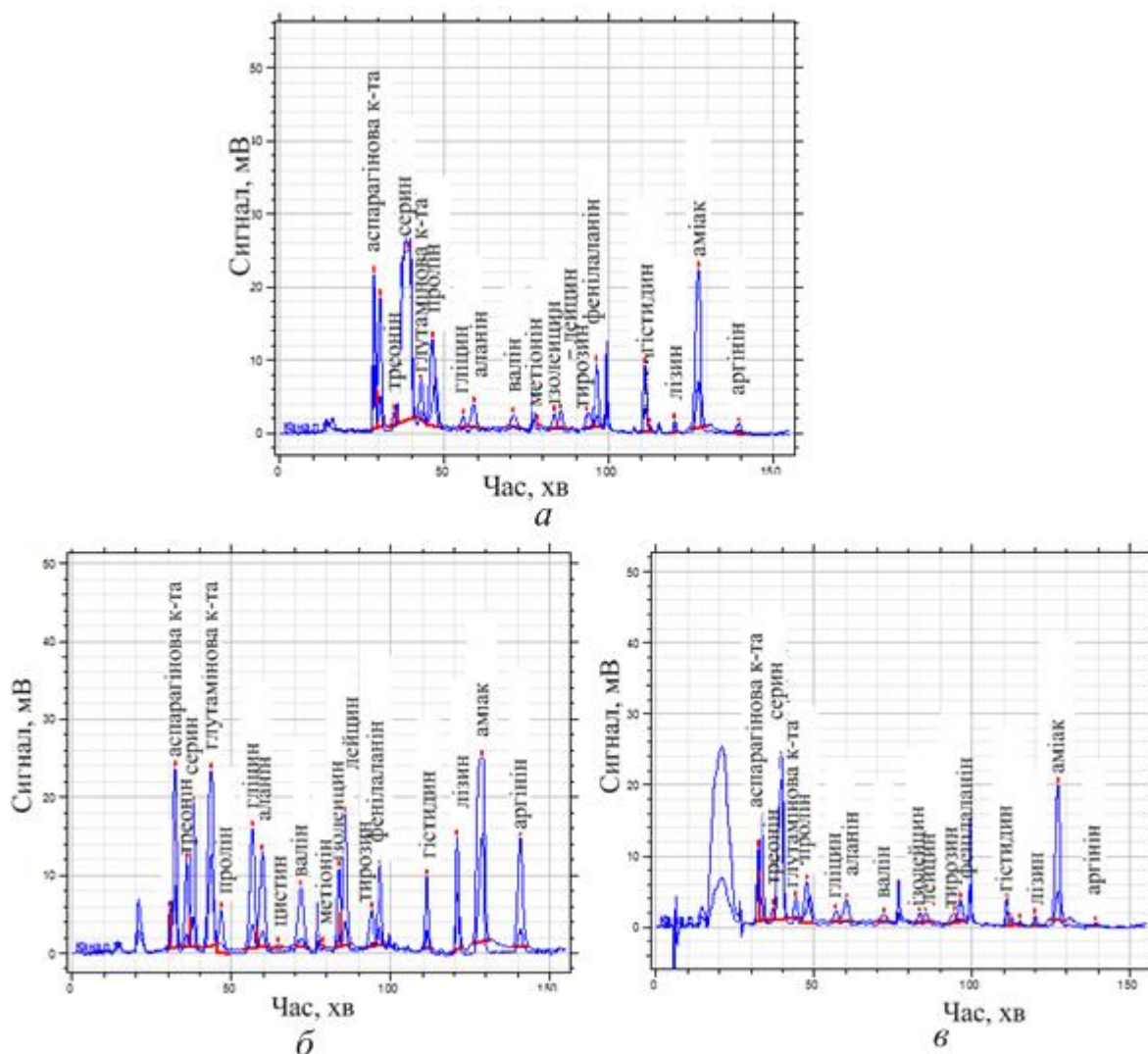


Рис.2.2. Амінокислотний склад *Hippophae rhamnoides L.*: а – плодів; б – порошоків; в – осмотичного розчину

Наші дослідження та результати інших науковців показали, що похідні переробки обліпихи містять найбільшу кількість аспарагінової та глютамінової кислоти, аргініну. Кількість незамінних амінокислот, що містяться у шроті обліпихи 23,7% [63], у м'якоті 22,6-31,0%, а за нашими результатами кількість незамінних амінокислот у похідних переробки обліпихи становить 29%.

За результатами інших досліджень [64] внаслідок визначення амінокислотного профілю встановлено, що вид отриманих хроматограм ідентичний для різних сортів висушених плодів обліпихи. У використаній елююючій системі спостерігається задовільний поділ хроматографічних зон АК, оскільки значення селективності сорбції більша за одиницю. У висушених плодах обліпихи різних сортів встановлено наявність 3 незамінних амінокислоти (аргінін, валін, фенілаланін) та 3 замінних (пролін, глютамінова кислота, гліцин).

Порошок із похідних переробки обліпихи містить 17 амінокислот (рис.2.2, б) у кількості 7,48 г/100 г, із них незамінних амінокислот - 2,17 г/100 г таких, як лейцин (0,52 г/100 г), ізoleyцин (0,28 г/100 г), лізин (0,42 г/100 г), валін (0,33 г/100 г), треонін (0,3 г/100г), фенілаланін (0,32 г/100г). Особливо корисні для дітей та людей похилого віку наступні амінокислоти, які виявлено у похідних переробки обліпихи: аргінін (0,84 г/100г) та гістидин (0,24 г/100г).

Гістидин впливає на вироблення білих і червоних кров'яних тілець, а також на зростання м'язів, він є основою для виробництва гістаміну, необхідного для регулювання циклів сну і неспання, статевої функції і вироблення мієлінової оболонки нервових клітин.

Із ягід *Hippophae rhamnoides* осмотичний розчин переходить 16 амінокислот (рис.2.2, в) у кількості 16,14 мг/100 г із яких найбільша концентрація серину (7,43 мг/100 г), проліну (2,51 мг/100 г) та аспарагінової кислоти (2,2 мг/100 г). Серед незамінних амінокислот у продукті переробки обліпихи міститься найбільше фенілаланіну (0,57 мг/100 г), який є попередником тирозину, сигнального монамінудопаміну, адреналіну та норадреналіну, а також пігменту шкіри меланіну.

Наші дослідження показали (рис.2.3, а), що в *Sambucus nigra* містяться майже всі незамінні амінокислоти, що робить її гарною сировиною для виробництва харчових продуктів з покращеним амінокислотним складом.

Було виявлено 17 амінокислот серед яких найбільшу концентрацію становили, мг/100 г: аргінін - 116,75; серин – 104,06; аланін – 98,64; тирозин – 75,2 та лейцин – 42,66.

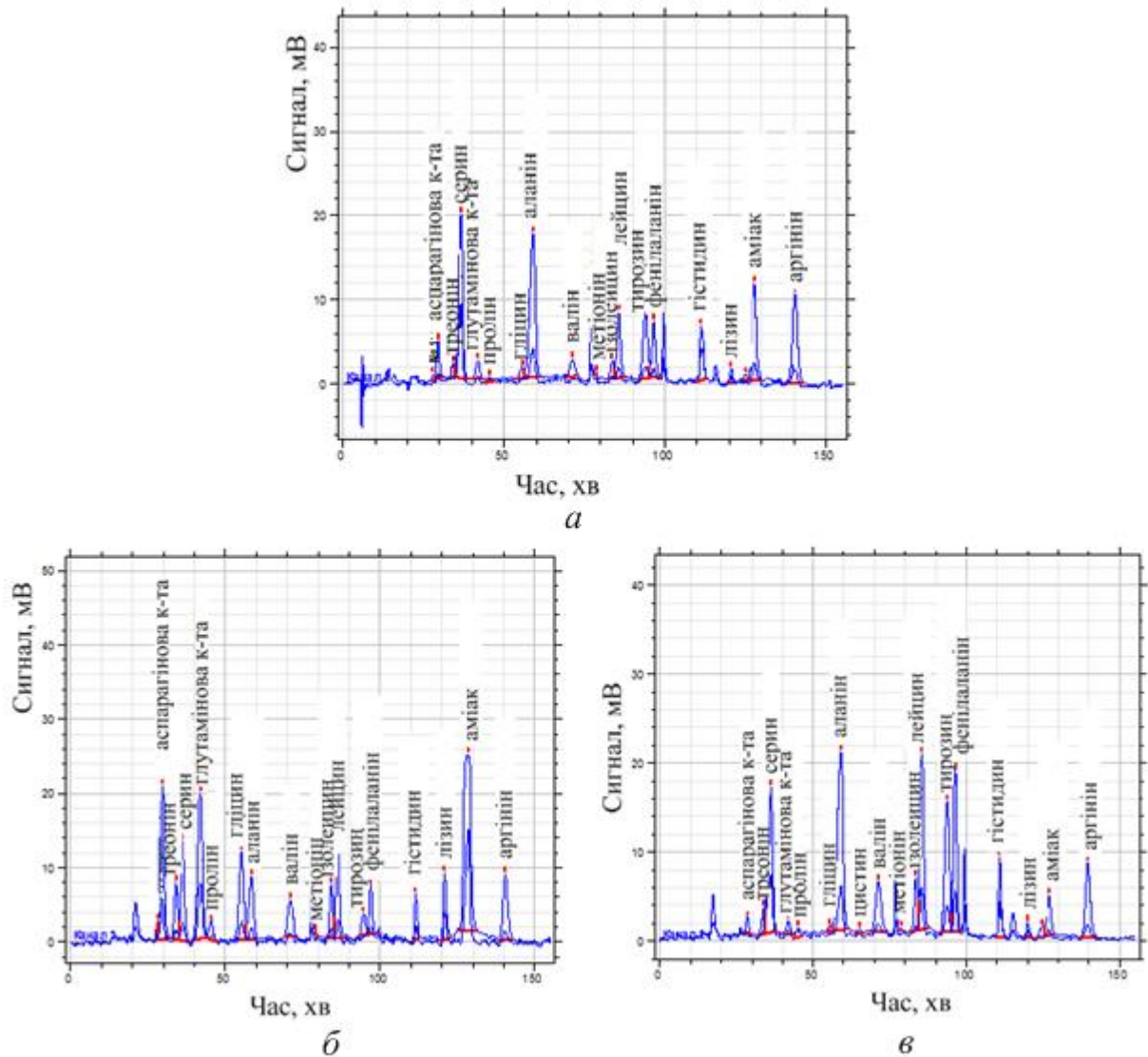


Рис. 2.3. Амінокислотний склад *Sambucus nigra* L.: а – плодів; б – порошоків; в – осмотичного розчину

У дорослої та здорової людини аргінін може вироблятися організмом. У той самий час дітей і підлітків, літніх і хворих людей ця амінокислота є справді незамінною, оскільки рівень її синтезу часто недостатній. Аргінін стимулює

викид гормону росту, який, своєю чергою, впливає на омолодження всього організму, зменшує кількість підшкірного жиру, збільшує анаболізм.

Загальна кількість амінокислот у порошку із бузини (рис.2.3, б) складає 6,65 г/100 г, з них незамінних - 2,16 г/100 г (ізолейцин - 0,26; лейцин - 0,50; лізин - 0,37; метіонін - 0,01; фенілаланін - 0,26; треонін - 0,28; валін - 0,21). Найбільше у порошках із бузини виявлено глютамінової (1,23 г/100г) та аспарагінової кислоти (0,92 г/100г). Найменша кількість метіоніну 0,01 г/100 г.

В дослідженнях амінокислотного складу соку бузини [65] було виявлено ті ж амінокислоти в кількості 8,475 г/100г, що на 1,825 г/100г більше, ніж у наших зразках, виготовлених із похідних переробки дикорослих ягід. Варто зазначити, що кількість деяких амінокислот практично не відрізняється від результатів наших досліджень (треонін - 0,182 г/100г, ізолейцин – 0,256 г/100г).

Такі результати свідчать про те, що в похідних переробки ягід залишається значна кількість амінокислот. Концентрація амінокислот у свіжих ягодах набагато менша, ніж у частково зневоднених [66] і становить лише 0,634 г/100г.

Амінокислотний спектр (рис. 2.3, в) продукту переробки ягід *Sambucus nigra* показав наявність 17 амінокислот (55,47 мг/100 г). У складі цього продукту виявлено всі незамінні амінокислоти. В тому числі, мг/100 г: валіну (2,86), лейцину (7,49), ізолейцину (1,81), лізину (0,53), гістидину (2,79), треоніну (0,97), фенілаланіну (7,52), метіоніну (0,03). Виявлено найбільшу концентрацію напівзамінної амінокислоти тирозину (9,3 мг/100 г). Із бузини у осмотичний розчин переходить досить велика кількість аргініну (5,83 мг/100 г), який бере участь в очищенні печінки і регулюванні зростання м'язової маси.

Аспарагінова кислота стимулює синтез білка, знижує рівень аміаку в крові, нормалізує роботу печінки. Тирозин використовується для синтезу білків, утворення катехоламінів, тиреоїдних гормонів, меланіну. Дефіцит тирозину призводить до відставання у фізичному розвитку дітей. Тому, продукти збагачені *Sambucus nigra* будуть особливо корисними для дітей.

Результати амінокислотного спектру (рис.2.4, а) показали, що у плодах горобини міститься найбільша концентрація наступних амінокислот мг/100г:

серину – 65,41; проліну – 35,82, аспарагінової кислоти – 20,07, глутамінової кислоти – 14,96 та треоніну 7,23.

В наслідок ферментативного перетворення глутамінова кислота під дією ферменту глутаматдекарбоксилази перетворюється у γ -аміномасляну кислоту, яка є найважливішим медіатором процесу гальмування в нейронах головного мозку. Крім того, глутамінова кислота посилює смакові відчуття, створюючи «почуття задоволеності». Особливо посилюється гіркий смак. Похідні глутамінової кислоти надають стабілізуючу дію продуктам при зберіганні. Її у вигляді добавки E620 додають до консервів, харчоконцентратів, кулінарних виробів для підсилення їх смаку та до жирів для подовження терміну зберігання.

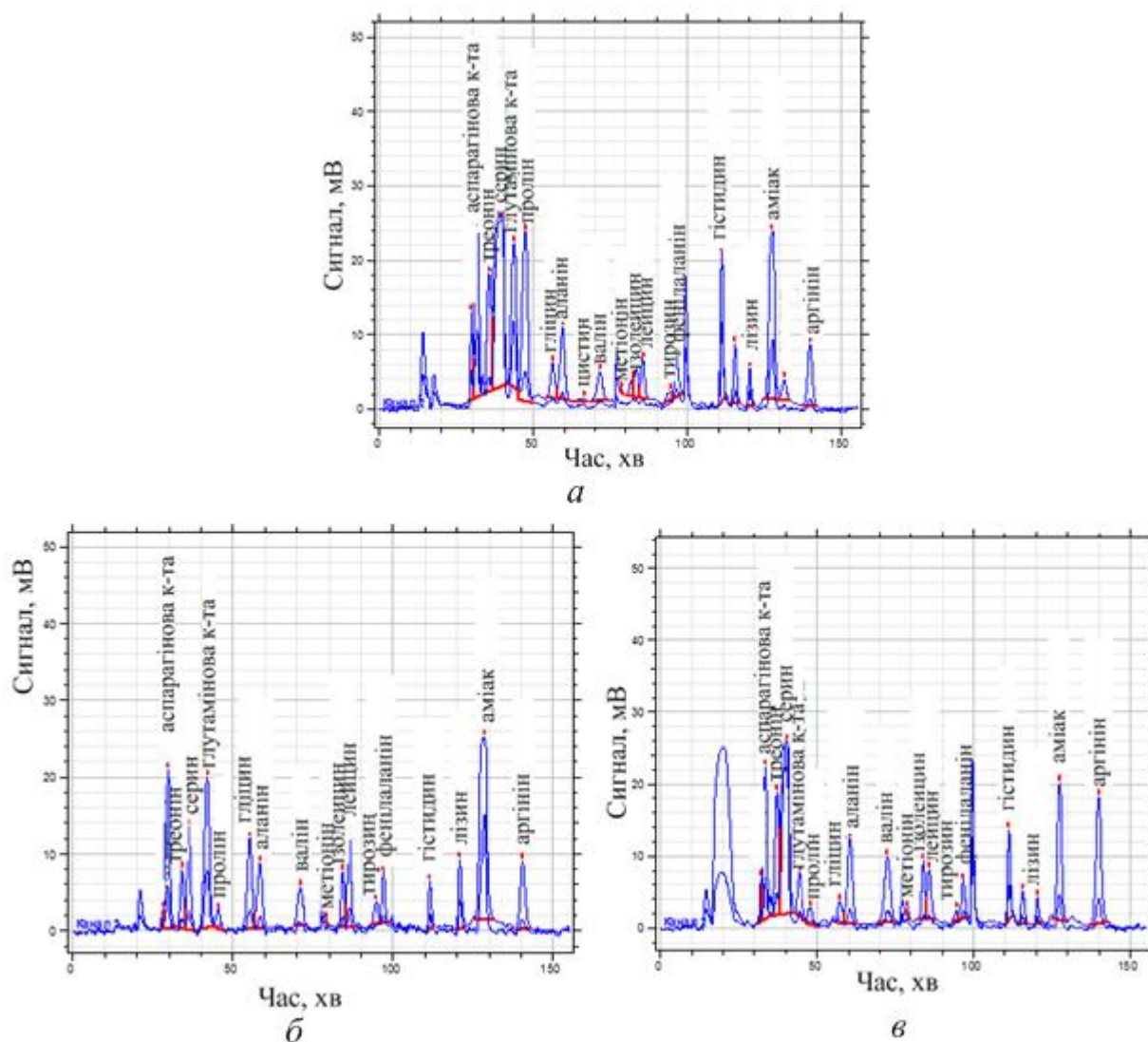


Рис.2.4. Амінокислотний склад *Sorbus aucuparia*: *а* – плодів; *б* – порошків; *в* – осмотичного розчину

Оскільки при осмотичній дегідратації використовується концентрований цукровий розчин, гіркота значно зменшується, при цьому активна дія глютамінової кислоти не зменшується. Використовуючи похідні переробки горобини при виробництві харчових продуктів, можна подовжити термін їх придатності.

При висушуванні концентрація амінокислот у кінцевому продукті значно збільшується (рис.2.4, б). У порошку горобини було виявлено 7 незамінних амінокислот, г/100 г: валін (0,29), лейцин (0,47), ізолейцин (0,26), лізин (0,23), метіонін (0,03), треонін (0,28), фенілаланін (0,28). Найбільшу концентрацію із всієї кількості амінокислот становила глютамінова кислота (1,57 г/100 г). Такі результати дають підставу припускати, що порошок із похідних переробки *Sorbus aucuparia* може стати натуральним консервантом, який не лише підвищить біологічну цінність готових виробів, а й збільшить їх тривалість зберігання.

У цукровий розчин після осмотичної дегідратації ягід *Sorbus aucuparia* (рис.2.5, в) переходить також 17 амінокислот (32,97 мг/100 г), 8 із яких є незамінними. Найбільшу кількість становлять наступні амінокислоти, мг/100 г: серин (9,96), аргінін (5,23), аспарагінова кислота (3,3), треонін (2,52) та валін (1,9), лейцин (0,97).

Концентрація валіну, метіоніну, ізолейцину та аргініну підвищується. Валін та лейцин, знайдені у всіх зразках, в тому числі у похідних переробки *Sorbus aucuparia*, пов'язані гідрофобними взаємодіями та є важливими для складання структури та тривимірної конформації білків. Валін бере участь у основних шляхах синтезу сполук, відповідальних за характерний запах плодів.

Аналіз показав, що в похідні продукти переробки дикорослих ягід *Hippophae hamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* при осмотичній дегідратації переходить певна кількість амінокислот. Застосування цих розчинів для збагачення продуктів дозволить підвищити їх біологічну цінність.

2.2. Вплив осмотичної дегідратації на фізико-хімічні показники якості похідних переробки дикорослих ягід

Важливим показником якості рослинних порошків є масова частка води, оскільки від неї залежить їх здатність до зберігання. Масова частка загального цукру в порошках виготовлених із похідних продуктів дикорослих ягід впливає не лише на їх харчову цінність, та на харчову цінність продуктів виготовлених на їх основі. Сахароза є своєрідним консервантом та надає порошкам властивостей підсолоджувачів. Проте, варто зазначити, що вміст сахарози в деяких харчових продуктах обмежується, особливо – у продуктах для дитячого харчування.

Результати дослідження фізико-хімічних показників похідних переробки дикорослих ягід методом осмотичної дегідратації представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники якості порошків

Найменування показників	Порошки із похідних переробки дикорослих ягід		
	<i>Hippophae rhamnoides L.</i>	<i>Viburnum opulus</i>	<i>Sambucus nigra</i>
Масова частка води, %	7,46	6,14	4,44
Масова частка редукувальних цукрів, %	29,9	37,1	50,0

Порошки з масовою часткою води менше 8% можуть зберігатись тривалий час без погіршення якості при майже повному збереженні вихідної харчової цінності та використовуватись у технологіях харчових продуктів широкого асортименту.

3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

3.1. Спосіб виробництва цукатів із коренеплідних овочів

Цукати – це кондитерські вироби із цілих або нарізаних плодів і ягід, зварених з цукром, підсушених і осипаних цукром або глазуrowаних. Асортимент цукатів на ринку України обмежений. Переважно використовують фруктові-ягідні цукати закордонних виробників, які мають великий вміст штучних барвників, що знижує їх біологічну цінність. Крім того, вони не доступні широкому колу споживачів внаслідок високої вартості [67]. Висока вартість пов'язана із високою вартістю сировини та інших сировинних компонентів.

Традиційна технологія виготовлення цукатів передбачає: підготовку і подрібнення сировини, бланшування парою або водою, варіння у сиропі, сушіння. На основі традиційної технології розроблено ряд удосконалених, які відрізняються способами теплової обробки, а відповідно, властивостями готового продукту.

Відомий спосіб приготування цукатів з картоплі [68], що включає приготування цукрового сиропу, підготовку овочевої сировини, різання її на шматочки, варіння в цукровому сиропі, відділення цукатів від цукрового сиропу і їх сушіння. Перед варінням шматочки додатково витримують протягом 15...30 хв. у 5,0...6,0 % розчині оцтової кислоти. Цукати із картоплі, виготовлені даним способом, мають гарні органолептичні властивості, але лише при товщині нарізання 1,5 см. Частинки такого розміру, навіть після висушування, не мають широкого кола застосування. Наприклад, не можуть використовуватися в якості наповнювачів при виробництві кисломолочних продуктів.

Спосіб виробництва цукатів з топінамбура [69] передбачає подрібнення підготовленої сировини і варку при температурі 98-100 °С протягом 53-55 хв. у

50-51 %-му сиропі з фруктози з вмістом 0,9-1 % лимонної кислоти. Отримані цукати відділяють від сиропу і підсушують при 58-60 °С протягом 2-2,5 год., після чого підсушені цукати обсипають сумішшю пектину і фруктози, а обсипані цукати сушать при температурі 58-60 °С до залишкової вологи 13,5-14 %. Недоліком цього способу є те, що висушування проводиться в два етапи, один із яких врегульований (2-2,5 год.), а інший обмежується залишковою вологою, але в процесі повторного сушіння слід визначати вологість, що викликає складність і збільшує час виробництва.

Існує спосіб одержання цукатів з гарбуза та моркви [70], що включає нарізку сировини, засипання цукром і відстій при кімнатній температурі до рясного виділення соку, варіння при температурі 60...70°C, здійснюють в електромагнітному полі частотою 20000 Гц, а саме варіння проводиться один раз протягом 2,5...3 годин. Основним недоліком даного способу є те, що варіння в електромагнітному полі потребує додаткового обладнання для підприємств, що призводить до збільшення собівартості продукції.

Відомий спосіб виробництва овочевих цукатів з коренеплодів пастернаку [71]. Відповідно до запропонованої технології, підготовлені коренеплоди пастернаку бланшують парою 8...12 хв., після чого варять у 50...52 % цукровому сиропі з вмістом 0,9...1 % лимонної кислоти, далі відділені від сиропу шматочки пастернаку підсушують при температурі 58...60 °С протягом 2...2,5 годин та обсипають сумішшю білого і ванільного цукру при співвідношенні 5:1. Недоліком цього способу є те, що при бланшуванні та варінні, яке розробниками не обмежується певним часовим проміжком, втрачається біологічна цінність продукту.

Таким чином, перспективним є розробка технології виготовлення цукатів із недорогої регіональної сировини, яка дозволить максимально зберегти її смакові та функціональні властивості. Запропоновано виготовлення цукатів із застосуванням осмотичної дегідратації.

За цією схемою (рис.3.1) сировину (коренеплідні овочі) ретельно промивають теплою проточною водою і очищають.

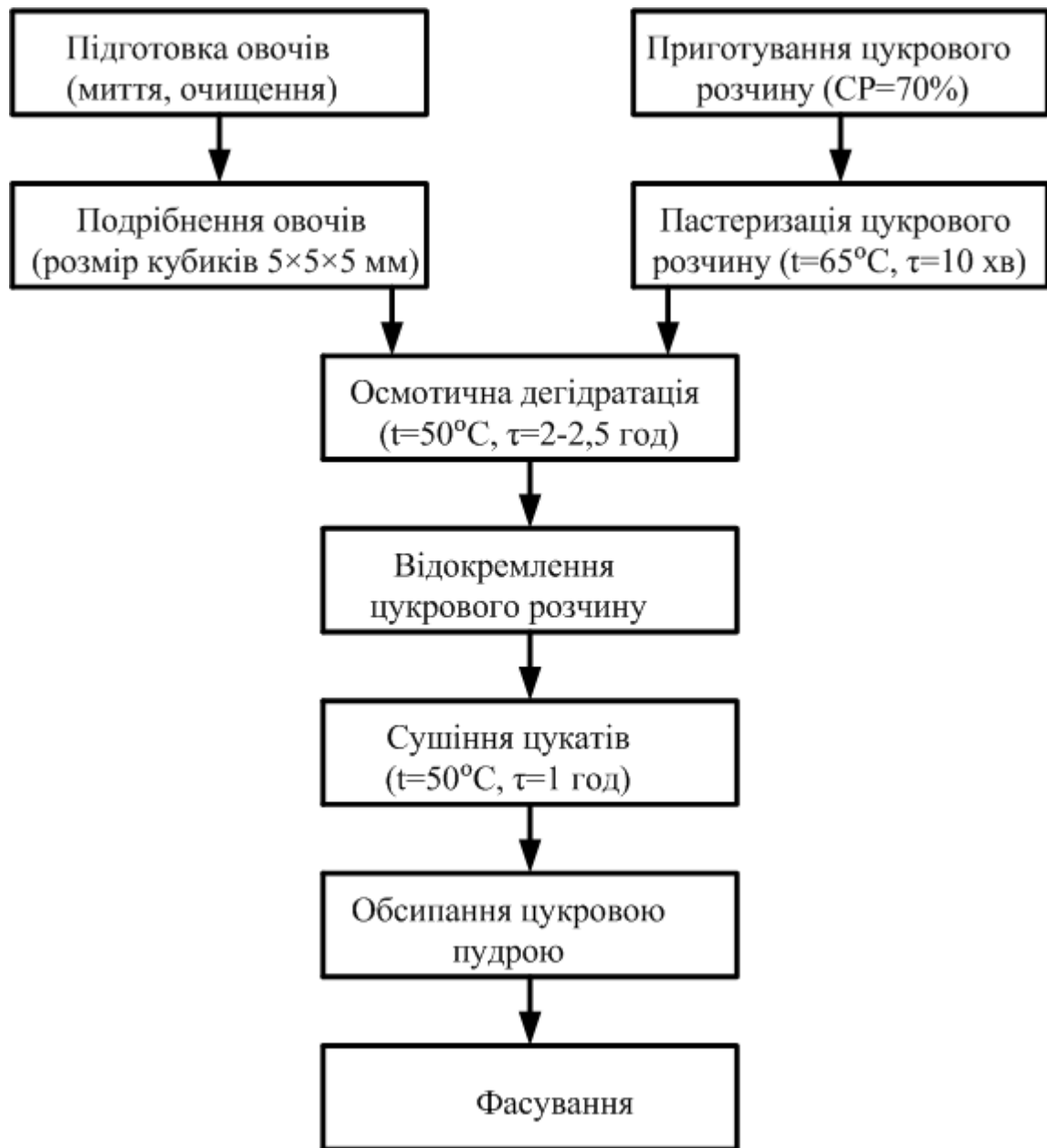


Рис. 3.1. Технологічна схема виробництва овочевих цукатів

Очищені від шкірочки коренеплоди подрібнюють на шматочки у формі кубиків розміром $5 \times 5 \times 5$ мм. Отримані шматочки поміщуються в апарат для осмотичної дегідратації.

У апарат для дегідратації спочатку подається цукор-пісок та фільтрована питна вода у співвідношенні 7:10. Суміш ретельно переміщується і нагрівається до повного розчинення кристалів. Отриманий цукровий розчин пастеризується за температури 65°C з витримкою 10 хв після чого в нього вносяться шматочки овочів. Витримування овочів у цукровому розчині з масовою часткою сахарози

70% здійснюється при температурі 50°C протягом 2,5 годин. Після чого відділяють цукати від цукрового розчину і підсушують у вакуумній сушарці протягом 1 години при температурі 50°C. Підсушені цукати обсипають цукровою пудрою і фасують.

Удосконалена технологія є універсальною для виготовлення цукатів із столових та цукрових буряків, моркви, пастернак, селери кореневої та брукви.

Особливістю, розробленої технології виготовлення овочевих цукатів, є використання осмотичної дегідратації, як альтернативи бланшування. Процес дегідратації оснований на підвищенні осмотичного тиску в клітинах шляхом збільшення концентрації сухих речовин. Це забезпечує частковий перехід води з клітин коренеплодів у цукровий розчин і, як наслідок, інактивацію ферментів. Висушування у вакуумі при температурі не вище 50°C ґрунтується на тому, що з продукту видаляється значна кількість вологи і створюються несприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, при цьому біологічна цінність овочів зберігається.

Дані, отримані при проведенні органолептичної оцінки цукатів, мали вирішальне значення при встановленні технологічних режимів оскільки задачею досліджень було створення овочевих цукатів не лише зі збереженням біологічним потенціалом, а й високими смаковими властивостями (рис.3.2).



a

б

в

г

Рис.3.2. Овочеві цукати: а – із *Beta vulgaris*; б – із *Daucus*; в – із *Pastinaca sátiva*; г – із *Apium graveolens*

Враховуючи аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників овочевих цукатів, доцільними є наступні параметри їх виготовлення:

- масова частка сахарози у цукровому розчині – 70%;
- температура розчину – 50 °С;
- тривалість дегідратації – 2-2,5 год;
- температура сушіння – 50 °С;
- тривалість сушіння – 1 год.

Запропонована технологія виготовлення цукатів, яка передбачає первинну теплову обробку овочів шляхом осмотичної дегідратації, дозволяє зберегти у їх складі вміст вітамінів, макро- та мікроелементів, за рахунок ошадного режиму теплової обробки ($t=50$ °С).

Такий спосіб виготовлення цукатів дозволяє подовжити термін їх придатності, зменшити об'ємну масу, збільшити енергетичну цінність. Цукати мають хороший аромат, характерний природній колір і можуть використовуватися як готова десертна страва та наповнювачі у виробництві кисломолочних продуктів і кондитерських виробів.

3.2. Спосіб виробництва натурального желейного мармеладу із коренеплідних овочів

Одним із напрямків розширення асортименту кондитерських виробів продуктами підвищеної біологічної цінності, є їх виготовлення на основі натуральних рослинних інгредієнтів [72]. Мармеладні вироби від решти кондитерських виробів відрізняються драгледоподібною структурою, вони є досить корисними та затребуваними.

Популярність мармеладу серед споживачів пояснюється найнижчою калорійністю серед цукристих кондитерських виробів [73]. В залежності від драгледоподібної основи мармеладні маси поділяються на: фруктові-ягідні, желейні та желейно-фруктові. Переважна більшість різновидів желейного мармеладу характеризується низьким вмістом вітамінів, макро- і мікроелементів [74].

За традиційною технологією желейний мармелад виготовляється уварюванням цукру з подальшим додаванням драглеутворюючих речовин та смакоароматичних добавок. Основним рецептурним компонентом желейного мармеладу є сироп – ненасичений розчин різноманітних цукрів (глюкози, фруктози, сахарози, лактози, мальтози та їх похідних). Концентрація сиропів для виготовлення кондитерських виробів має бути не нижче 70%. Згущення сиропів проводиться за умов підвищеного тиску або при атмосферному тиску. При цьому бажано уникати тривалої дії високих температур з метою запобігання карамелізації.

Відомо, що для підвищення харчової цінності мармеладу доцільно в рецептуру вводити овочі, ягоди, плоди, лікарські трави та інші добавки з певними функціональними властивостями [75]. Овочі є джерелом біологічно активних речовин, особливо вітамінів, мікро- і макроелементів, які містяться в легкозасвоюваній формі і оптимальних для організму людини співвідношеннях [76].

Зазвичай підприємства з переробки овочів мають вузькопрофільну спеціалізацію, використовуючи типові методи обробки сировини. Сироп, який використовується для варки овочів при виготовленні овочевих цукатів, як відхід виробництва, передається на підприємства кондитерської галузі в якості додаткової сировини [77].

Останнім часом в харчовій промисловості спостерігається збільшення попиту на натуральні пігменти, що пояснюється суворою регламентацією використання синтетичних барвників. Барвні речовини – беталаїнові пігменти (бетанін і бетаїн), що містяться в столових буряках, мають лікувальні властивості. Вони здатні укріпляти стінки кровоносних судин, їх відносять до ліпотропних речовин, які приймають активну участь у жировому обміні [78].

Існує велика кількість різноманітних способів підвищення біологічної цінності мармеладу. Технологія мармеладу з додаванням овочевих порошоків передбачає в якості наповнювача використовувати порошок із столового

буряка. Виявлено, що додавання рослинних кріодобавок сприяє утворенню міцніших драглів із підвищеною пружністю і пластичністю [79].

Досліджено можливість використання концентрованого бурякового соку в рецептурі желейного мармеладу. За результатами досліджень желейний мармелад на основі такого соку за органолептичними та фізико-хімічними характеристиками не відрізнявся від контрольного зразка на яблучному пюре [80]. Крім того, розроблено спосіб приготування мармеладу на основі гарбуза, моркви та білокачанної капусти [81].

Відповідно до розробленої універсальної технології виготовлення цукатів із коренеплідних овочів в процесі дегідратації із водою у цукровий розчин переходять розчинні нутрієнти, які надають йому певних органолептичних характеристик (рис.3.3).



Рис.3.3. Розчини після осмотичної дегідратації овочів: а – *Apium graveolens*; б – *Pastinaca sativa*; в – *Daucus carota*; г – *Beta vulgaris*

З метою розширення асортименту желейного мармеладу підвищеної харчової цінності та з мінімальними сировинними витратами, розроблено технологію комплексної переробки овочів, яка передбачає використання осмотованих розчинів, утворених після дегідратації овочів, в якості основи для виробництва желейного мармеладу.

Розроблено універсальну схему виробництва желейного мармеладу з використанням драглеутворювачів рослинного та тваринного походження (рис.3.4).

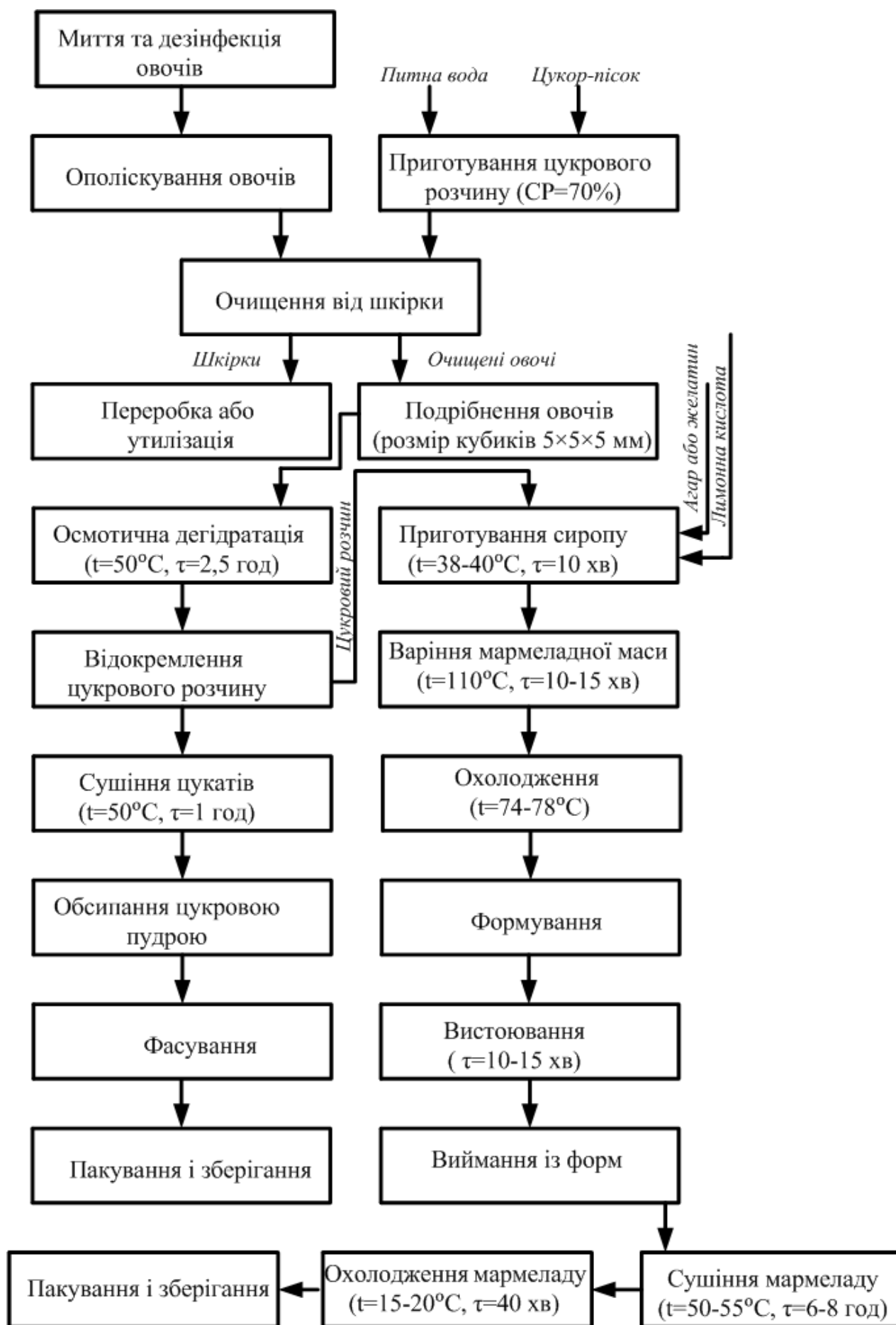


Рис. 3.4. Технологічна схема переробки овочів на цукати та мармелад

За цією схемою коренеплоди овочів ретельно відмиваються, дезінфікуються діоксином хлору. Діоксид хлору інактивує небезпечні бактерії, грибки, спори і найпростіші при низьких концентраціях. Цей дезінфікуючий засіб має здатність проникати в біоплівку на шкірці свіжих овочів і знищувати прониклі всередину патогени, усуваючи джерело псування, перш ніж продукція покине мийку.

Після дезінфекції коренеплоди ополіскуються чистою проточною водою і очищуються від шкірки. Обчищені коренеплоди подрібнюються на частинки розміром $5 \times 5 \times 5$ мм і направляються на осмотичну дегідратацію. Тривалість дегідратації 2,5 години. Частково зневоднена сировина відокремлюється від осмотованого розчину та направляється на сушіння. Після 1 годинної термічної обробки утворюються цукати із гарними органолептичними властивостями.

Після відокремлення частково зневоднених овочів від цукрового розчину, вміст сухих речовин в сиропі доводили до 70-73% шляхом згущення. Контроль за вмістом сухих речовин здійснювали за допомогою рефрактометра. Сироп після дегідратації овочів мав характерне забарвлення, яке відповідало забарвленню овочів.

Агар або желатин попередньо замочується у воді (температура $10-20^{\circ}\text{C}$) для набухання. Після набухання агар та желатин вводили у сироп температурою 40°C , туди ж додавали лимонну кислоту для запобігання утворення кристалів цукру та покращення смакових властивостей продукту.

Варіння мармеладної маси проводиться при температурі 110°C протягом 10-15 хв. Готова мармеладна маса охолоджується до температури $74-78^{\circ}\text{C}$ на холодній водяній бані і заливається у металічні форми.

Попередньо форми пропарюються. При цьому поверхневий шар частково розчиняється в результаті чого між мармеладом і внутрішньою поверхнею форми утворюється тонкий прошарок сиропу.

Після застигання готові вироби вистояються протягом 10-15 хв. і виймаються із форм. Мармелад має липку вологу поверхню, тому його піддають сушінню. Сушіння мармеладу проводиться при температурі $50-55^{\circ}\text{C}$

протягом 6-8 годин (в залежності від драглеутворювача). При сушінні видаляється частина вологи, на поверхні мармеладу утворюється тонка скоринка, яка складається із дрібної кристалічної сахарози. При цьому масова частка сухих речовин зростає до 76 - 80%.

Висушений мармелад охолоджується до температури 15-20 °С протягом 40 хв. і пакується в паперові коробки.

Цукровий сироп, отриманий після осмотичної дегідратації, є гарною основою для виготовлення овочевого мармеладу. Використовуючи цей напівфабрикат, є можливість виключити із рецептури мармеладу цукор, патоку, ароматизатори та барвники, зменшивши собівартість готового продукту.

3.3. Спосіб виробництва желейних цукерок із моркви

Цукор є одним із головних інгредієнтів, які використовуються у експортно-орієнтованій кондитерській галузі. У багатьох видах кондитерських виробів частка цукру становить майже 50% [81].

Для виробництва кондитерських виробів в основному використовуються сиропи, до складу яких входять білий кристалічний цукор, мальтоза, фруктоза, глюкоза та інші компоненти. Вироби із цукру є популярними серед споживачів в Україні та світі. Не дивлячись на високу вартість цукру та виробів із нього, ринок цукрових кондитерських виробів є достатньо розвиненим та різноманітним. Виробництво інноваційних кондитерських виробів із новими смаками, ароматами, текстурами, формами і упаковками є основним драйвером розвитку галузі. Серед трендів галузі можна виділити екологізацію та здорове харчування. Саме тому, останнім часом зростає попит на кондитерські вироби із натуральної сировини, збагачені біологічно-активними речовинами, виготовлені за мало- або безвідходними технологіями.

В якості корисних харчових добавок у кондитерській галузі використовуються рослинні порошки, екстракти, соки, сиропи із корисних та недорогих овочів: моркви, червоного столового буряку, гарбуза [82].

Як альтернатива штучним барвникам, використовуються натуральні, виготовлені на основі традиційної та нетрадиційної рослинної сировини (частіше плодово-ягідної та овочевої). Така сировина є не лише джерелом барвних речовин, а й біологічно-активних нутрієнтів [83].

Вже апробовано у виробництві технології цукерок і мармеладу із відходів переробки буряку, вичавок чорноплідної горобини, цедри цитрусових та кропиви [84].

Досліджено перспективи використання овочевих цукатів у виробництві різноманітних харчових продуктів [85,86,87].

Найнижчу калорійність серед цукристих кондитерських продуктів мають желейні вироби [88]. Для виробництва желейної маси зазвичай використовується цукор, патока, драглеутворювачі та різноманітні смако-ароматичні добавки. В якості драглеутворювачів застосовують агар, агароїд, фуцеларан, пектин, желатин та карагінан [89].

Для ефективного використання агару, враховуючи склад продукту, рекомендовано застосовувати температуру драглеутворення не нижче 60°C [90].

Пектин, як драглеутворювач, здатен утворювати драглі у водяних розчинах лише за наявності цукру й кислоти. Він забезпечує високі смакові характеристики готовим виробам [91].

Аналіз літературних джерел показав, що овочі є гарною сировиною для виготовлення кондитерських виробів, джерелом барвних та біологічно-активних речовин. Використовуючи овочі, важливим є спосіб обробки, який дозволить максимально зберегти їх корисні властивості.

Запропоновано осмотичну дегідратацію, яка дозволяє за допомогою пересиченого цукрового розчину частково зневоднити сировину. При цьому у цукровий розчин переходять корисні нутрієнти.

Розроблено безвідходну технологію переробки моркви методом осмотичної дегідратації і виробництва желейної цукеркової маси із відходів виробництва (рис.3.5).

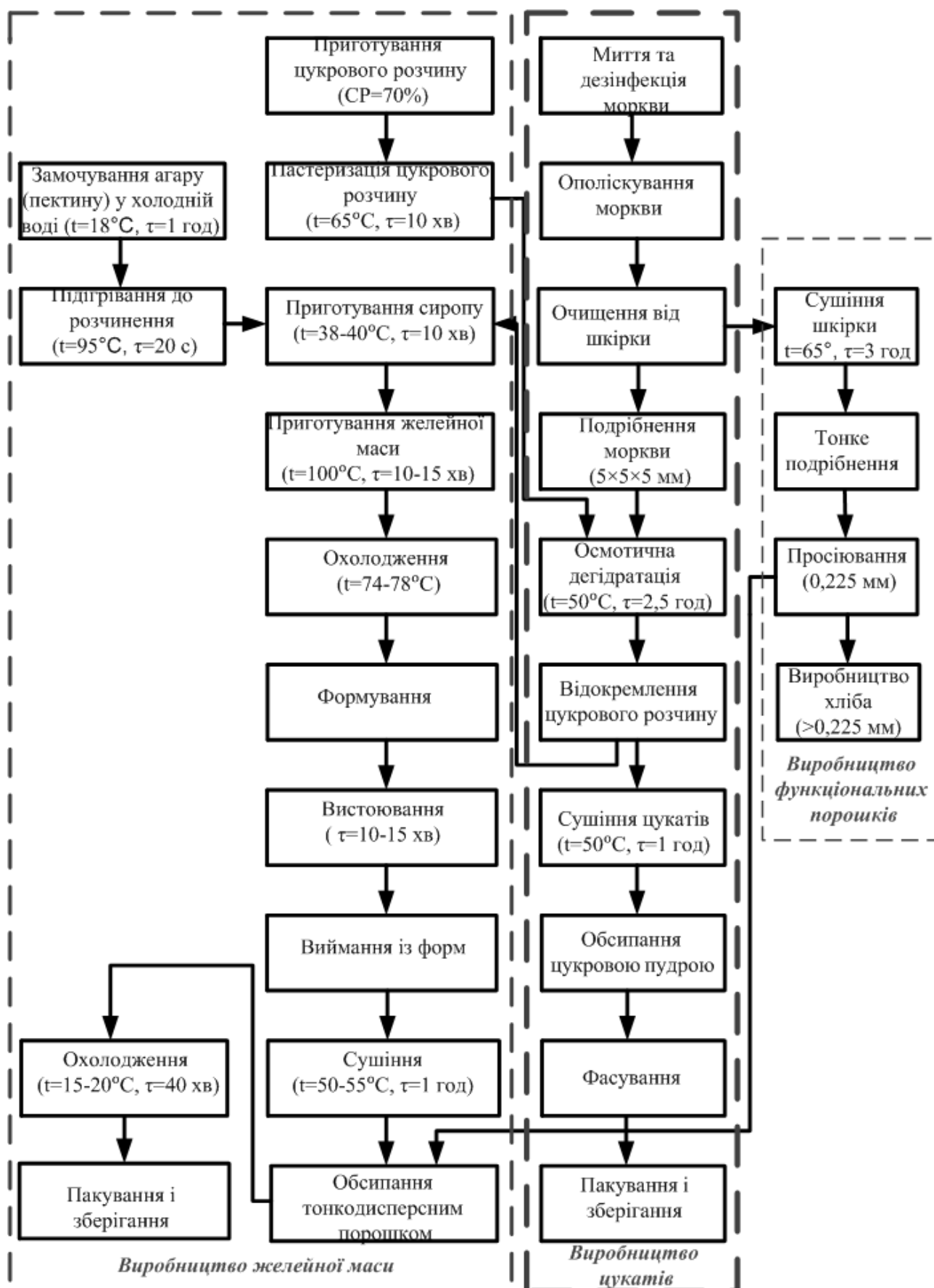


Рис. 3.5. Безвідходна технологія переробки моркви

За цією схемою коренеплоди моркви ретельно відмиваються, дезінфікуються діоксидом хлору. Очищені коренеплоди ополіскуються чистою проточною водою, обчищуються від шкірки та направляються на подрібнення.

Коренеплоди подрібнюються на частинки розміром $5 \times 5 \times 5$ мм і направляються на осмотичну дегідратацію. Тривалість дегідратації 2,5 години. Частково зневоднена сировина відокремлюється від осмотованого розчину та направляється на сушіння. Висушені цукати обсипаються цукровою пудрою та направляються на пакування і зберігання.

Осмотований розчин, відокремлений від частково зневодненої сировини, використовується в якості основи для виробництва желейних цукерок.

Агар/пектин (1,0 % до маси розчину) заливається водою (99,0 %) і залишається на 1 годину для набухання. Після набухання речовина нагрівається до повного розчинення і вноситься в цукровий розчин (співвідношення 1:10).

Отриманий розчин ретельно перемішується, а потім маса нагрівається до температури кипіння і витримується протягом 10-15 хв. Желейна маса охолоджується до 78°C і заливається у форми для утворення драглів. Через 2 години, коли маса набуває форми, проводиться її вистоювання протягом 10 хв.

Готові вироби виймаються із форм, підсушуються у конфективній сушарці при температурі 55°C протягом години і обсипаються тонкодисперсним порошком, отриманим із морквяних шкірок.

За сенсорними показниками розроблений продукт не поступається промисловим зразкам. Желейні цукерки мають притаманну драглям консистенцію, піддаються різанню і мають склоподібний злам. Колір зразків відповідає природному забарвленню моркви (рис 3.6, 3.7).



Рис. 3.6. Морквяна желейна цукерка на основі агару



Рис. 3.7. Морквяна желейна цукерка на основі пектину

Враховуючи, що запропонована технологія передбачає виробництво желейних цукерок на основі сиропу, без використання рослинних пюре та патоки, було досліджено міцність драглів при використанні різних видів драгле утворювачів. За контроль було взято желейні цукерки, виготовлені у промислових умовах.

Результати дослідження міцності драглів представлено на рисунку 3.8.

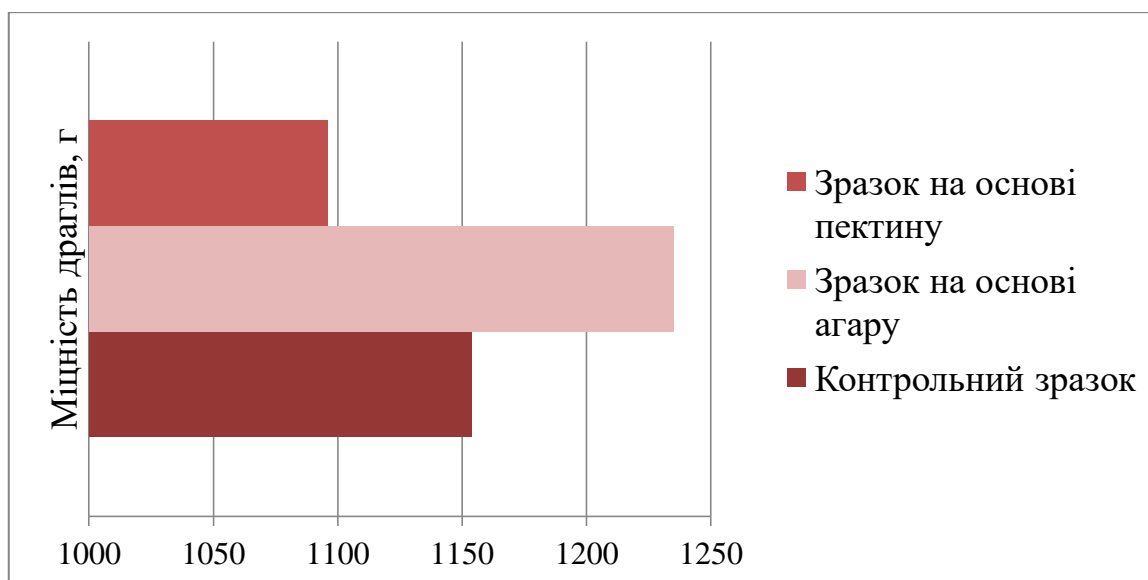


Рис.3.8. Міцність драглів

Встановлено, що при використанні агару міцність драглю (по Валенту) становила 1235 г, а у зразку на основі пектину дещо нижчу – 1096 г. В обох випадках структура була характерною желейним цукерковим масам.

Обробка желевної маси морквяним порошком дозволяє виключити із рецептури виробу цукор, передбачений для обсипання. Цукерки, оброблені порошком, мають приємний зовнішній вигляд та смак.

Технології переробки коренеплідних овочів із застосуванням процесу осмотичної дегідратації можуть бути впроваджені на діючих підприємствах із виробництва мармеладу, пастели та інших цукрових кондитерських виробів.

Апаратно-технологічна схема переробки коренеплідних овочів на мармеладні вироби та цукати представлена на рисунку 3.9.

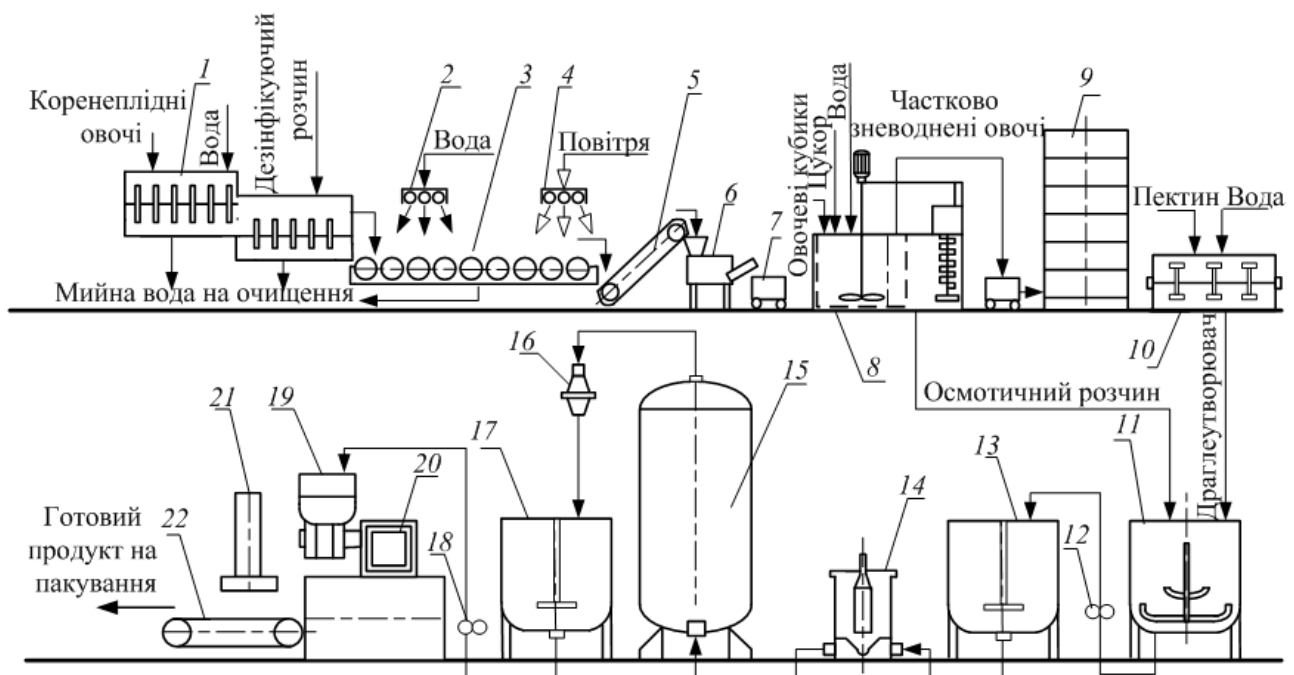


Рис. 3.9. Апаратно-технологічна схема переробки коренеплідних овочів

За цією схемою коренеплідні овочі відмиваються у коритній мийці із двома рівнями води 1. У відділенні з низьким рівнем води відбувається перетирання коренеплодів одне об одне, за рахунок чого з поверхні змиваються залишки ґрунту. У відділенні з високим рівнем води овочі остаточно ополіскуються та дезінфікуються. За допомогою системи роликів транспортерів 3 овочі направляються на наступний процес, при цьому через форсунки 2 із них чистою проточною водою змиваються залишки мийної води

та дезінфікуючого розчину (діоксину хлору). За рахунок обдувши повітрям через повітродувку 4, із поверхні коренеплодів прибираються залишки води.

Стрічковим транспортером 5 коренеплоди потрапляють у різальну машину 6, де відбувається їх подрібнення на кубики. Подрібнені кубики розміром 5×5×5 накопичуються у візках 7, а далі завантажуються у апарат для проведення осмотичної дегідратації.

Попередньо у апарат осмотичної 8 дегідратації подається цукор-пісок та вода, готується цукровий розчин концентрацією 70%. Співвідношення розчину до кількості сировини – 1:1. Температура дегідратації підтримується на рівні 50-55°C протягом всього часу зневоднення (2-2,5 години).

По закінченню терміну дегідратації решітка, в якій знаходиться рослинна сировина, піднімається за допомогу кранового механізму, при цьому осмотований розчин відокремлюється від сировини.

Після остаточного стікання розчину частково зневоднені овочі вивантажуються із решітки у візок і завантажуються до терморадіаційної сушарки 9. Висушування інфрачервоними променями здійснюється протягом 1 години. Готові вироби – овочеві цукати можна одразу направляти на фасування та пакування, а можна додатково обсипати цукровою пудрою (в залежності від подальшого призначення).

Осмотичний розчин виводиться із нижньої частини апарату для осмотичної дегідратації і направляється у варочний котел з мішалкою 11. Сюди ж подається і попередньо підготовлений драглеутворювач.

Для підготовки драгле утворювача пектин у вигляді порошку та вода подаються у апарат для розчинення та набухання пектину 10. За рахунок мішалки суміш ретельно перемішується до утворення стійкої рівномірної суміші. Тривалість набухання пектину 12-15 хв, масова частка сухих речовин в утвореній суші становить 7%.

Утворена у варочному котлі 11 суміш цукрового розчину із пектином насосом 12 перекачується в проміжну ємність 13, а звідти плунжерним насосом 14 подається у змієвиковий варочний апарат 15, де уварюється до вмісту сухих

речовин ($76,5 \pm 1,5$) %. Уварений сироп через паровідокремлювач 16 зливається у терморегулюючу ємність 17, в якій охолоджується до $80-85^{\circ}\text{C}$.

При необхідності в цю ємність можуть додаватися фруктово-ягідні припаси або інші смако-ароматичні добавки. Мармеладна маса перекачується насосом 18 у змішувач 19, який встановлений над бункером відлив очної голівки формовочного агрегата 20. У змішувач об'ємним дозатором можуть також подаватися суміш із кислоти, есенції та барвника.

Мармеладовідливний агрегат складається з відливальної голівки, конвеєра з формами, камери охолодження, механізму вибірки виробів з форм.

Вибраний із форм мармелад стрічковим транспортером 22 переміщується на обсіпку цукром або порошком. Цукор подається ковшовим елеватором 21.

Обсіпаний готовий продукт фасується, пакується і направляється на зберігання.

3.4. Спосіб переробки дикорослої ягідної сировини

Ягоди вважаються суперфудами оскільки містять багато фітохімічних речовин, харчових волокон, вітамінів і мінералів. Особливої уваги заслуговує дикоросла сировина, яка є джерелом багатьох фітохімічних речовин. Фітохімічні речовини містять фенольні кислоти та флавоноїди – біологічно активні сполуки пов'язані зі значними антиоксидантними, протидіабетичними, протизапальними та протипухлинними властивостями [92].

Крім того, зазвичай дикорослі ягоди виростають на екологічно безпечних ресурсах, без використання пестицидів, агрохімікатів та інших стимуляторів росту. Дикорослі ягоди та продукти їх переробки можуть бути додатковими джерелами корисних нутрієнтів, тому актуальним питанням є розробка технології їх переробки.

Особливий інтерес для досліджень викликають обліпіха (*Hippophae rhamnoides L.*), калина (*Viburnum opulus*) та бузина чорна (*Sambucus nigra*) та горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*).

Ягоди обліпихи (*Hippophae rhamnoides L.*) є найбільш поживними і багатими на вітаміни, незамінні жирні кислоти, амінокислоти, фітостерини та флавоноїди, вітамін Е (160 мг/100 г), В1, В2, К, каротиноїди (314 до 2139 мг/100 г), пігменти та ліпопротеїди [93].

Зазвичай ягоди обліпихи складаються із м'якоті (68%), насіння (23%) і шкірки (7,75%). Вміст вологи в ягодах коливається в межах 80-87%. Вони мають кислий смак та в'язку консистенцію, їх неприємно їсти сирими. Для зниження терпкості рекомендується їх заморожувати або змішувати із солодкими речовинами [94].

Плоди бузини (*Sambucus nigra*) багаті на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші полі феноли [95].

Бузина є одним з найбільших джерел антиоксидантів [96] використовується як сировина для промислового виробництва антиоксидантів, барвників та біологічно активних сполук. Традиційно їх використовують як лікарські компоненти та харчові інгредієнти у фруктах, вареннях, соках.

Вони також використовуються у виробництві різноманітних лікерів. Бузина є джерелом білків, амінокислот, харчових волокон, фітохімічних речовин, вітамінів В, А і С. Ягоди бузини містять поліненасичені жирні кислоти [97].

Бузина є одним з найбагатших джерел біологічноактивних сполук, таких як флавоноли, флаваноли, фенольні кислоти, проантоціанідини та антоціани [98]. Феноли підвищують їх антиоксидантну активність, але й містять шкідливі ціаногенні глікозиди, число яких знижується при тепловій обробці. Ягоди бузини характеризуються також протизапальними, антибактеріальними та противірусними властивостями, нормалізують тиск [99].

Встановлено, що вичавки бузини є перспективним недорогим біосорбентом для високоефективного відновлення заліза зі стоків та покращення якості води [99, 100].

Калина (*Viburnum opulus*) має не лише естетичну цінність, із її плодів готують варення, мармелад, соки, пироги та трав'яні чаї [101, 102]. Ягоди

калини містять біологічноактивні сполуки, такі як фенольні сполуки (включаючи фенольні кислоти, антоціани та хлорогенові кислоти), органічні кислоти (включаючи аскорбінову та L-яблучну кислоти), каротиноїди, тритерпени, іридоїди, ефірні олії, сапоніни та харчові волокна.

Калина є природним джерелом різних сполук з антиоксидантними властивостями, таких як аскорбінова кислота (вітамін С), α -токоферол (вітамін Е), каротиноїди, хлорофіли та фенольні сполуки [103]. Вміст вітаміну С у плодах *Viburnum opulus* був різноманітним і становив від 12,4 до 164 мг/100 г свіжої маси залежно від місця вирощування та генотипів [104,105].

Свіжі ягоди калини мають неприємний, гіркий смак, пов'язаний з тим, що вони містять сапонін глікозиди та вінбурнін, які вважаються малотоксичними і потребують заморожування перед вживанням [106]. Незважаючи на високу антиоксидантну активність [107], використання плодів калини в промислових масштабах, як і інших дикорослих ягід, дуже обмежене [108]. Горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*) кисла на смак, вона таки містить широкий спектр корисних компонентів. Ягоди горобини містять фітохімічні речовини, такі як вітаміни, каротиноїди та фенольні кислоти, а також важливі мінерали (залізо, калій та магній).

Крім того, ягоди горобини містять солодкий на смак цукровий спирт сорбіт, який повільно метаболізується в організмі людини і тому підходить як підсолоджувач для людей, які страждають на діабет [109]. У плодах горобини вміст сорбіту досягає 7%. Шестіатомні спирти — кристалічні сполуки, розчинні у воді та спирті. Сорбіт і маніт виявляють солодкий смак. Солодкість сорбіту вдвічі менша солодкості сахарози [110].

В роботі [111] було оцінено механізми біоактивності *Sorbus aucuparia* L., як засобу при лікуванні цукрового діабету та серцево-судинних хвороб. Було доведено, що екстракти горобини значно інгубують утворення кінцевих продуктів глікування, нейтралізують оксид анти, які утворюють *in vivo*, підвищують неферментативну антиоксидантну здатність плазми людини і захищають компоненти плазми.

В горобинових екстрактах було знайдено 51 феноли, флавоноли, похідні флаванолу та прості фенольні кислоти. Екстракти показували високу інгібіторну активність. Ці результати підтверджують, що горобина має лікувальні властивості проти діабету [112]. Велику кількість фенолів у складі *Sorbus aucuparia L.* було підтверджено і іншими дослідниками [113, 114].

Є дослідження, присвячені вивченню протидіабетичної дії плодів *S. Aucuparia*. Досліджень, що показують протидіабетичну активність плодів *S. torminalis*, не було виявлено. У цих дослідженнях антидіабетичний ефект екстракту плодів *S. Aucuparia* визначали шляхом вимірювання інгібуючої активності α -амілази [115] та інгібуючої активності α -глюкозидази [116].

Плоди горобини звичайної містять велику кількість дубильних речовин. Дубильні речовини здатні виявляти антисептичні, бактерицидні, судинозвужувальні, кровоспинні, протизапальні властивості, а також брати участь у формуванні повноти та свіжості смаку у створюваних продуктах [117].

До складу горобини входить парасорбінова кислота (надає їй гіркої смаку). Ця кислота знаходиться як у вільному стані так і у вигляді моноглікозиду, який руйнується при заморожуванні, а концентрація сорбінової кислоти зростає [117].

Аналіз літературних джерел показав, що дикоросла сировина має величезний потенціал щодо використання у харчовій промисловості. Проте, враховуючи специфічні органолептичні властивості, важливо правильно підібрати спосіб її обробки перед застосуванням. Осмотична дегідратація дозволяє зберегти колір, аромат, вміст нутрієнтів та цінність збереження смакових сполук. Технологія переробки дикорослих ягід із застосуванням осмотичної дегідратації представлена на рис.3.10.

За цією схемою ретельно відмиті ягоди заморожуються (-18°C), а безпосередньо перед переробкою дефростуються для покращення смакових властивостей. Розморожені ягоди змішуються у співвідношенні 1:1 із 70-% розчином сахарози, нагрітим до 65°C .

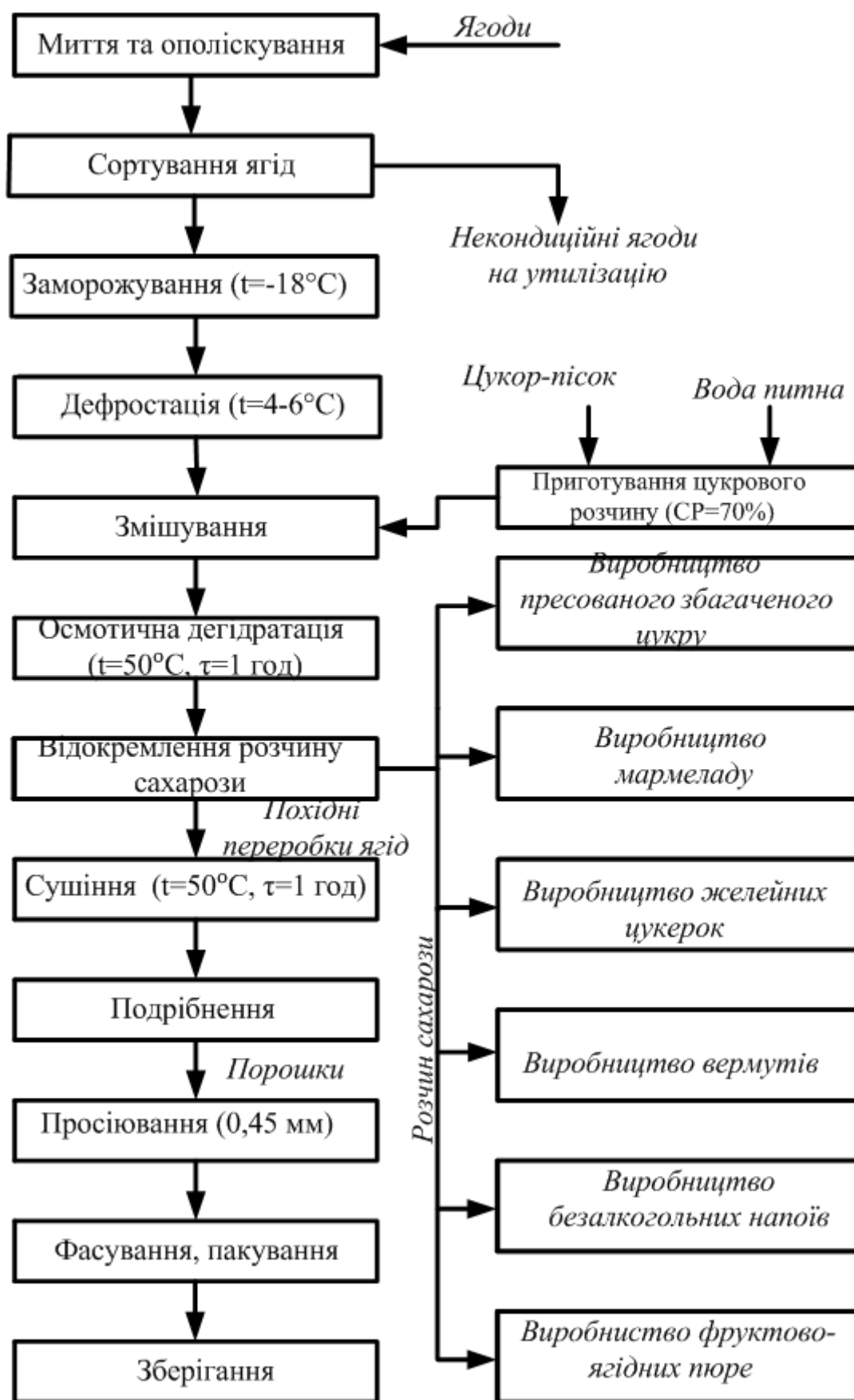


Рис. 3.10. Технологічна схема комплексної переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides L.*, *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia*

Протягом 1 години суміш ретельно перемішується за постійної температури 50°C. Внаслідок цього відбувається часткове зневоднення ягід. Видалення води відбувається за рахунок дифузії та капілярного потоку.

За рахунок осмотичного тиску, створеного високою концентрацією сахарози в цукровому розчині, вода проникала через напівпроникні мембрани ягід. При цьому вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшується на 10-12%.

Частково зневоднені ягоди відокремлюються від осмотованого розчину та направляються на висушування в інфрачервоній сушарці при температурі 50°C. Після висушування ягоди подрібнюються до тонко дисперсного стану і просіюються на дві фракції – більше і менше 0,45 мм.

Фракція менше використовується в якості натуральних барвників та смакоароматичних добавок. Крупніша фракція може застосовуватися як добавка для підвищення вмісту харчових волокон в харчових продуктах.

Висушені похідні ягід подрібнюються у порошки (рис.3.11).

*a**б**в**г*

Рис. 3.11. Порошки із похідних переробки ягід: *a* - *Hippophae rhamnoides* L.; *б* - *Viburnum opulus*; *в* - *Sambucus nigra*; *г* - *Sorbus aucuparia*

Отримані за цією технологією порошки можна використовувати для виробництва хліба [118], макаронних [119], кондитерських виробів, кисломолочних продуктів [120] та інш.

Утворений після дегідратації сироп має високі органолептичні характеристики (рис.3.12). В осмотичний розчин переходять розчинні

речовини, які містяться в клітинному соці. При цьому його концентрація зменшується на 10-12 % за рахунок переходу клітинного соку.

*a**б**в**г*

Рис. 3.12. Осмотичний розчин після дегідратації ягід: *a* – *Hippophae rhamnoides*; *б* – *Viburnum opulus*; *в* – *Sambucus nigra*; *г* - *Sorbus aucuparia*

Запропонована технологія переробки дикорослих ягід є безвідходною (за виключенням некондиційних ягід). Дана технологія має ряд переваг порівняно з класичними технологіями переробки ягідної сировини:

- ефективне використання ресурсів, завдяки осмотичній дегідратації час сушіння скорочується на 2 години, а відповідно і витрати енергії на процес;
- попереднє заморожування сировини дозволить здійснювати переробку протягом всього року, а зазвичай переробка ягід має сезонний характер;
- зменшується вплив на екологію, оскільки відсутня потреба у переробці або утилізації відходів;
- впровадження цієї технології дозволить збільшити число зайнятого населення в сільській місцевості, оскільки дикорослі ягоди в основному зростають там і переробляти їх доцільно в місці збору.

3.5. Спосіб виробництва пресованого цукру із додаванням продуктів переробки дикорослих ягід

Залежно від способу вироблення цукор поділяють на кристалічний, сахарозу для шампанського, цукрову пудру і пресований. До цукру додають різноманітні добавки, для надання яскравого забарвлення та гарних смако-

ароматичних властивостей. Особливий інтерес серед споживачів викликає «природний» цукор.

Природний цукор – це неочищений (нерафінований) продукт коричневого кольору, який містить макроелементи (калій, кальцій, натрій), мікроелементи (цинк, мідь, залізо), вітаміни B1 і B2, амінокислоти (гліцин, лізин та інші), мінеральні солі, біологічно активні речовини. На відміну від білого, він має загальнозміцнюючий, антикарієсний і антисклеротичний вплив на організм людини. Використання терміну «природний» підвищує цінність виробу через нову тенденцію щодо споживання продуктів, що містять тільки натуральні інгредієнти [121].

Враховуючи, що останні 20 років у суспільстві ведеться антипропаганда щодо вживання цукру, питання розширення асортименту цукру, збагаченого корисними нутрієнтами є надзвичайно важливим. Для збагачення цукру насінням ретинілпальмітату (RP, вітамін-A) було розроблено процес переривчастої кристалізації з охолодженням [122]. Дана технологія є дуже складною і довготривалою. Розроблено експериментальний цукоровмісний продукт-пісок з мальтодекстрином, тростинною патокою та ламінарією японською [123]. В дослідженні відсутня інформація щодо орієнтовної вартості такого цукровмісного продукту. Враховуючи ринкову вартість добавок, можна припустити, що ціна може зрости вдвічі. Досліджено можливість використання екстрактів шипшини, глоду і цитрусових у співвідношенні 2:2:1 у кількості 10–15 % для збагачення цукру. Технологія гранульованого цукру дозволяє отримати продукти, що мають однорідний склад і краще збереження нативних властивостей внесених добавок. Проте, використання екстрактів підвищує енерговитрати на процес сушіння цукру [124].

Відомий спосіб одержання кристалічного цукру для спортивного харчування. Спосіб передбачає введення мінеральних функціональних компонентів в розчинений цукор і його повторне викристалізування. Але при цьому погіршуються органолептичні властивості цукру, оскільки мінерали включаються у кристалічні решітки [125].

Відомо, що споживачі віддають перевагу натуральним добавкам, а не синтетичним [126]. Використання синтетичних добавок та проблеми, пов'язані з їх негативним впливом на здоров'я, формують негативне ставлення споживачів, асимілюючи ці сполуки з потенційними канцерогенними та алергенними ефектами. Рослини, фрукти та прянощі визнані найкращою сировиною для отримання натуральних добавок завдяки наявності у їх складі сполук, корисних для здоров'я. До складу рослин входять біологічно-активні речовини (антиоксиданти), антимікробні засоби, ароматизатори, барвники та інші [127].

Варто зазначити, що побічні та супутні продукти переробки рослинної сировини не менш багаті біологічно активними молекулами. Їх можна використовувати в якості добавок, таких як ароматизатори, підсолоджувачі та антиоксиданти [128].

Попередні дослідження, щодо застосування дикорослих ягід в харчовій промисловості, мали позитивні результати. Проте, дослідження про застосування дикорослих ягід для збагачення цукру відсутні. Враховуючи, що цукор, це продукт, який має розчинятися, слід обрати таку технологію переробки ягід, котра дозволить вилучити з них корисні речовини при цьому не маючи негативного впливу на органолептичні властивості цукру.

Одним із таких способів переробки рослинної сировини є осмотична дегідратація. При осмотичному зневодненні у осмотичний розчин переходить частина біологічно цінних речовин, в тому числі барвних та смако- та ароматоутворюючих. Під час осмотичної дегідратації у цукровий розчин переходить велика кількість біологічно-активних речовин. Режими температурної обробки дозволяють надати осмотичним розчинам гарних органолептичних характеристик, що робить їх якісною сировиною для збагачення цукру натуральними компонентами. Розроблена технологія застосування дегідратації при виробництві пресованого цукру (рис.3.13).

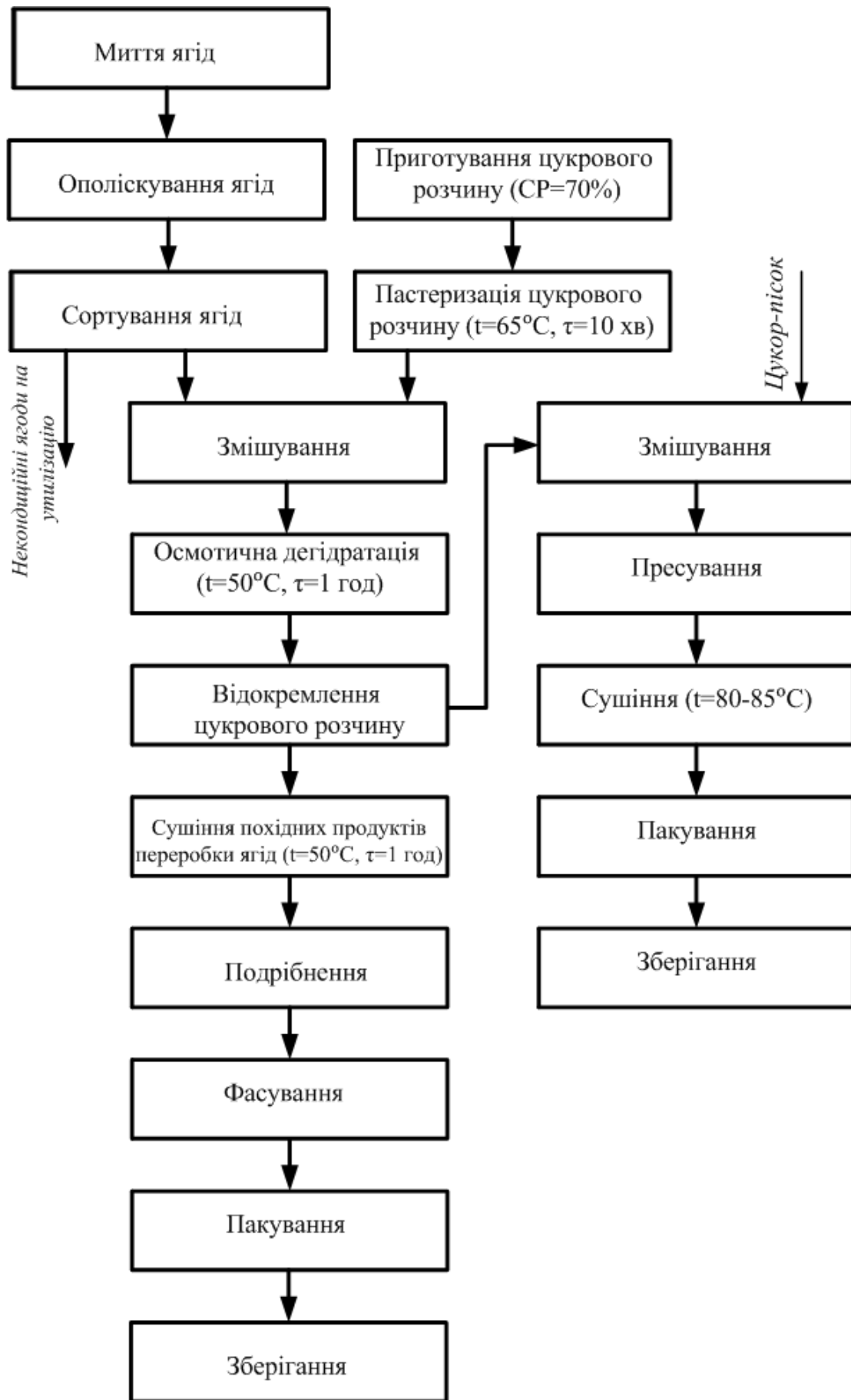


Рис. 3.13. Технологія виробництва пресованого збагаченого цукру

Після дегідратації ягоди відокремлюються від осмотичного розчину і висушуються. Отриманий розчин, температурою 40–45 ° у кількості 10 % використовується в якості зволожуючої основи для пресування цукру-піску.

Масова частка вологи у кристалічному цукрі, в залежності від його категорії, повинна становити 0,06–0,15 %. Вологість цукру перед пресуванням має бути в межах 1,6–3,5 %, а його оптимальна температура – 45–55 °С. Зазвичай, у промислових умовах, цукор перед пресуванням зволожують сиропом або гарячою артезіанською водою.

За цією схемою суміш цукру-піску та осмотованого розчину, отриманого після дегідратації дикорослих ягід ретельно перемішується і пресується. Спресований цукор висушується при температурі 80–85 °С.

Цукри, збагачені похідними продуктами переробки дикорослих ягід *Viburnum opulus*, *Hippophae rhamnoides L.*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* представлені на рис.3.14.

*a**б**в**г*

Рис.3.14. Пресований цукор збагачений похідними продуктами переробки дикорослих ягід: *a* – *Viburnum opulus*; *б* – *Hippophae rhamnoides L.*; *в* – *Sambucus nigra*; *г* – *Sorbus aucuparia*

Впровадження даної технології у виробництво дозволить забезпечити роботу деякого числа працівників цукрових заводів протягом всього року. Апарат для проведення осмотичної дегідратації займає невелику виробничу площу, його можна встановити у кристалізаційному відділенні. Змішування цукру із осмотичним розчином можна проводити у існуючих клерувальних мішалках. Якщо виробляти збагачений цукор-пісок, висушування можна

здійснювати у існуючих на виробництві конвективних сушарках. В разі його пресування виникає необхідність встановлення додаткового обладнання – карусельних пресів та тунельних сушарок.

Апаратурно-технологічна схема переробки дикорослих ягід в умовах цукрового заводу представлена на рис. 3.15.

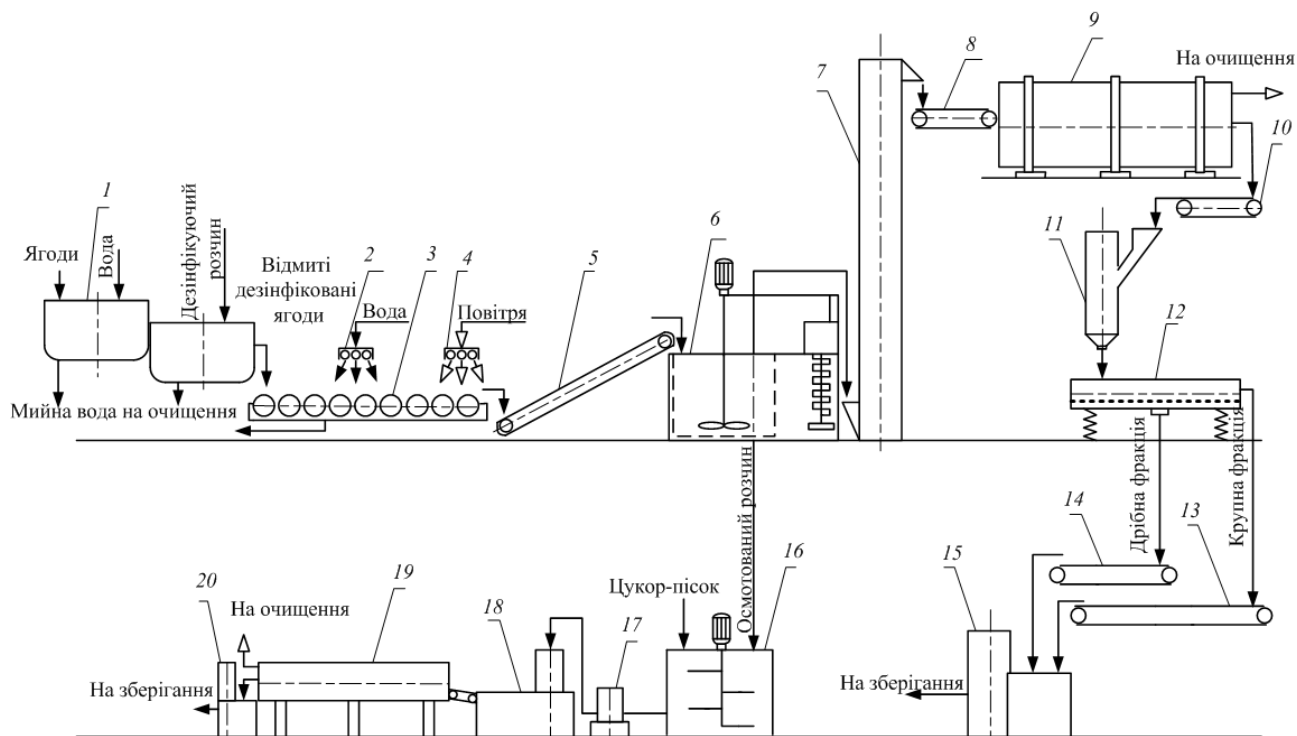


Рис. 3.15. Апаратурно-технологічна схема переробки дикорослих ягід в умовах цукрового заводу

За цією схемою заморожені ягоди завантажуються у першу ванну барботажної мийної машини 1. Сюди ж подається питна вода температурою 10 °С, при цьому відбувається одночасне відмивання та дефростація. Дефростовані ягоди переміщуються у другу ванну мийної машини, в якій вони обробляються дезінфікуючим розчином. Кількість дезінфікуючого розчину встановлюється технологічним регламентом в залежності від його кількості та концентрації.

Відмиті дезінфіковані ягоди вивантажуються на транспортер з модульною стрічкою 3, над яким встановлено форсунки 2 для подачі води, призначеної для ополіскування ягід та форсунки для подачі повітря 4. Під час обдування

повітрям із ягід видаляються залишки мийної води. Відпрацьована мийна вода направляєється на поля фільтрації.

Стрічковим транспортером 5 ягоди завантажуються у апарат осмотичної б дегідратації, в якому попередньо готується концентрований цукровий розчин (70%).

Решітка із частково зневодненими ягодами виймається із апарату за допомогою кран-балки. Після остаточного стікання осмотованого розчину, ягоди завантажуються у елеватор 7, яким піднімаються у сушильне відділення.

За допомогою стрічкового транспортеру 8 ягоди подаються у барабанну конвективну сушарку 9, висушуються гарячим повітрям температурою 85°C. Висушені ягоди стрічковим транспортером 10 подаються у дезінтегратор 11, подрібнюються до тонко дисперсного стану.

Утворений порошок розділяється на дві фракції (менше і більше 0,45 мм) за допомогою вібраційного грохота 12 і транспортерами 13, 14 направляєється у фасувальну машину 15. Зберігати ягідні порошки можливо у складі для зберігання цукру, оскільки вимоги до зберігання у них однакові.

Осмотований розчин виводиться із нижньої частини апарату для осмотичної дегідратації і направляєється у клерувальну мішалку 16, туди ж подається і цукор пісок (співвідношення 1:10). Із клерувальної мішалки суміш утфельним насосом 17 перекачується на прасування. Для пресування цукру можна використовується карусельний прес 18. Пресований цукор висушується в тунельній сушарці 19 і пакується за допомогою пакувальної машини 20.

Технічний результат осмотичного зневоднення пояснюється тим, що попередня обробка сировини перед процесом сушіння, підвищує його ефективність за рахунок зменшення енергетичних витрат, поліпшує структуру готового продукту, запобігає знебарвленню плодів, спричиненому ферментативним окисненням.

На основі проведених досліджень встановлено можливість виробництва желейних цукеркових мас на основі продуктів переробки моркви. Готові вироби характеризуються оригінальними органолептичними показниками, що

дозволяє говорити про розширення асортименту натуральних желейних цукеркових виробів на вітчизняному ринку корисних кондитерських виробів.

Така технологія дозволяє значно знизити витрати цукру у виробництві, оскільки в якості сировини для желейних мас не використовували білий кристалічний цукор взагалі. Цукровий сироп готувався на основі осмотичного середовища та драгле утворювачів. В якості обсіпки застосовували порошки, виготовлені із шкірок моркви. Крім того, технологія є екологічно спрямованою, дозволяє знизити кількість твердих промислових відходів.

3.6. Спосіб виробництва натуральних харчових барвників

Під час виробництва якісних харчових продуктів важливим завданням є не лише надати їм певних смакових та фізико-хімічних властивостей, а й привабливого вигляду.

Для цього у промисловості використовуються різноманітні харчові барвники [129]. Більшість споживачів віддають перевагу натуральним барвникам, оскільки вони не мають негативного впливу на організм людини. Проте, їх вартість перевищує вартість штучних барвників. Разом з тим, вони менш стабільні при зберіганні та переробці [130].

Джерелом природних барвників є різноманітні частини зелених рослин, ягоди, овочі та відходи їх переробки. Проте, їх вміст у сировині не перевищує 4% і залежить від умов зростання та пори збирання рослин. Вони швидко псуються через дію мікроорганізмів. На яскравість барвників впливає рН середовища та спосіб термічної обробки [131].

Забарвлення натуральних барвників визначається пігментами, що містяться у рослинах [132]. Антоціани дають можливість отримати синє, синьо-фіолетове та рубінове забарвлення. Каротиноїди утворюють різні відтінки жовтого та помаранчевого. Бетаніни утворюють ряд різновидів червоного кольору. Флавоноїди – коричневі пігменти рослин, а хлорофіли – зелені.

Актуальною проблемою харчової галузі є визначення способу переробки рослинної сировини, який дозволить отримати безпечні натуральні барвники.

Природний барвник беталаїн, який міститься у червоному буряку (*Beta vulgaris*), має дві групи пігментів: бетаціаніни (червоно-фіолетовий) та бетаксантин (жовтий). Разом ці пігменти дають ряд відтінків червоного кольору. Бетаціанін, присутній в основному в корінні червоного буряка, відомий як бетанін [133].

Стабільність бетаніну залежить від його рН, який коливається від 3 до 7, при оптимальному рН від 4 до 5. Його спектр варіюється від рожевого до червоного. Цей барвник нестабільний у присутності світла і кисню, під впливом високих температур він розкладається. Можливість регенерації бетаніну при 30, 40 і 50 °С мінімальна. Це важливий фактор, оскільки регенерація бетаніну може перешкоджати кінетиці деградації [134].

Антоціанові барвники виробляються із ягід чорниці, чорної смородини, квітів волошки синьої, мальви, червоної троянди, маку і т.п.. Велику кількість цих пігментів виявлено в деревині деяких хвойних дерев. Існують технології одержання антоціанів із відходів, утворених при переробці їстівних ягід [135].

Серед доступної сировини антоціанових барвників великий інтерес викликає бузина чорна (*Sambucus nigra*), яка має високий вміст біофлавоноїдів. За рахунок цього бузина і продукти її переробки впливають на радіопротекторні, антиоксидантні, протизапальні властивості [136].

Із соку бузини шляхом концентрування можна отримати харчовий барвник, колір якого регулюється, задаючи певних значень рН середовища [137].

Як правило, екстрагування антоціанових пігментів проводиться підкисленими водними та водно-спиртовими розчинами. З метою оптимізації умов екстрагування антоціанових пігментів з рослинної сировини проведено дослідження впливу на їх ступінь вилучення й стабільність таких параметрів, як сировина, розчинник, рН середовища, температура та час. В якості екстрагенту досліджено воду, етанол, гліцерин і водно-гліцеринові суміші, як рослинну

сировину обрано чорноплідну горобину, чорну смородину, виноград та пелюстки червоної троянди [138].

В основі більшості технологій виробництва натуральних харчових барвників покладено процес екстрагування. Запропоновано технологію виготовлення барвників із висушених і подрібнених вижимок (побічних продуктів виробництва соку) темного сорту винограду [139]. В якості екстрагентів авторами апробовано воду, етанол, гліцерин і водно-гліцеринові суміші. Отримані барвники мали гарні технологічні показники.

Одним із способів підвищення стабільності натуральних барвників є інкапсуляція, яка створює бар'єр між матеріалом серцевини та навколишнім середовищем. Бар'єр, утворений інкапсулюючим агентом, захищає матеріал, роблячи кінцевий продукт стабільнішим [140].

В роботі [141] авторами запропоновано екстракцію виноградних вижимок багаторазовим екстрагуванням та концентруванням під вакуумом. Запропонована технологія є досить складною і потребує великої кількості різноманітного технологічного обладнання.

Розроблено технологічну схему виробництва сухих барвників із кизилу і терену. За цією схемою сировина ретельно миється і поміщається в апарат Сокслета. Екстракція барвних речовин проводиться парами чистої води (гідромодуль 1:4). Тривалість повної екстракції становить 5–5,5 год для кизилу та 6–6,5 год – для терену. Отриманий пермеат концентрується у ротаційному випарнику та висушується. Вихід сухих барвників становить 0,97–0,98 % (кизиловий) та 1,0–1,09 % (тереновий). Недоліком даної технології є значна тривалість та складність промислового впровадження [142].

Аналіз показав, що більшість сучасних технологій отримання натуральних барвників є досить складними, трудомісткими та тривалими. При цьому вихід готового продукту дуже низкий. Важливо було не просто розробити технологію виготовлення барвників, а зробити її безвідходною. Вибір сировини пояснюється її популярністю і доступністю для більшості регіонів України.

Запропоновано сировину обробляти методом осмотичної дегідратації. Відповідно до розробленої технологічної схеми (рис.3.16) коренеплоди *Beta vulgaris* (Бордо 237) ретельно промиваються теплою проточною водою. Відмиті коренеплоди подрібнюються на шматочки у формі кубиків розміром 3×3×3 мм і поміщуються в апарат для осмотичної дегідратації.

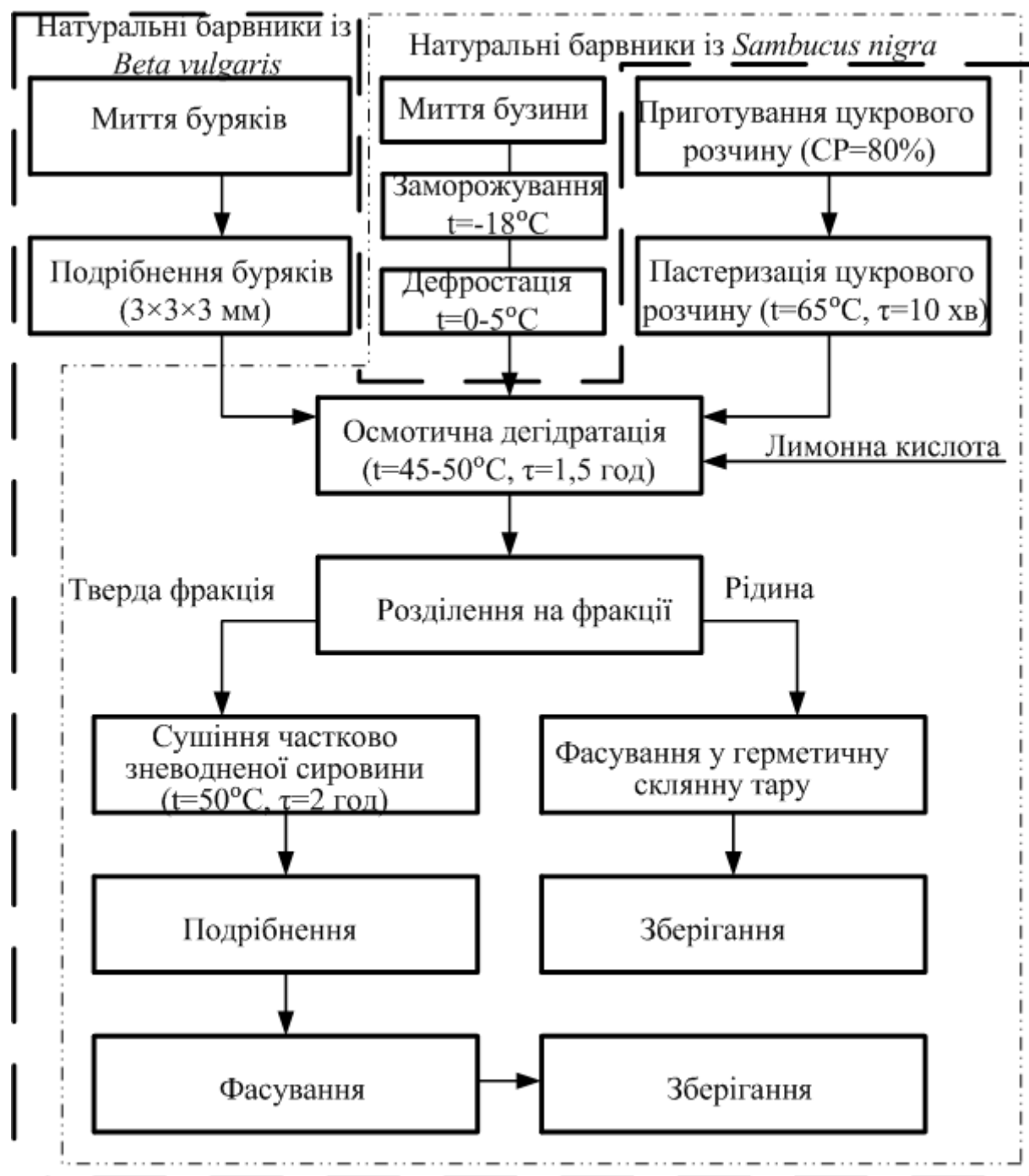


Рис.3.16. Технологічна схема виробництва натуральних барвників

У апарат для дегідратації спочатку подається цукор-пісок та фільтрована питна вода у співвідношенні 8:10. Суміш ретельно перемішується і нагрівається до повного розчинення кристалів. Отриманий цукровий розчин пастеризується за температури 65 °С з витримкою 10 хв після чого в нього вносяться шматочки овочів. Для зниження рівня рН, з метою збереження властивостей барвних речовин, у цукровий розчин вноситься лимонна кислота (1% до маси сиропу).

Витримування овочів у цукровому розчині з масовою часткою сахарози 80% здійснюється при температурі 45-50 °С протягом 2 годин. Під час осмотичної дегідратації у осмотичний розчин разом із клітинним соком переходять барвні речовини. По закінченню процесу осмотичної дегідратації осмотичний розчин набуває яскраво бордового кольору. Його відокремлюють від шматочків коренеплодів проціджуванням, фасують у стерильний посуд і направляють на зберігання.

Частково зневоднена сировина (буряки або ягоди бузини), відділені від цукрового розчину, висушуються у інфрачервоній сушарці протягом 2 годин при температурі 50 °С. Отримані тонкодисперсні порошки можна використовувати в якості порошкового барвника та харчової добавки, багаті на вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна.

Технологія переробки *Sambucus nigra* подібна до представленої вище технології, але виключається операція подрібнення сировини перед осмотичною дегідратацією. Натомість, перед переробкою, відмиті ягоди заморожуються. Це дозволяє забезпечити їх переробку не залежно від пори року. Результати проведених досліджень показали, що розроблена технологія вироблення натуральних харчових барвників із продуктів переробки *Beta vulgaris* та *Sambucus nigra* є безвідходною і набагато простішою, порівняно з іншими технологіями отримання натуральних барвників.

Вміст сухих речовин у рідких барвниках дозволяє забезпечити термін їх зберігання після відкриття герметичної тари протягом 2 тижнів. Враховуючи відносно високий вміст сахарози у барвниках, вони ідеально підійдуть для

виробництва цукристих кондитерських, хлібобулочних виробів, молочних десертів і т.п.

3.7. Спосіб переробки квіткової сировини

Квіти дикорослих рослин є потенційно привабливою сировиною для виробництва лікерів, вермутів та безалкогольних напоїв. Крім свого багатого складу нативних речовин, вони мають гарні смако-ароматичні властивості. Вибір методу обробки квіткової сировини є актуальним питанням.

Вермути — ароматизовані алкогольні напої, виготовлені на основі виноградних виноматеріалів із додаванням натуральних ароматичних екстрактів чи ароматних спиртів із рослинної сировини та, у разі потреби спирту етилового ректифікованого, лимонної кислоти, цукру чи цукровмісних матеріалів і колеру [143]. Вермути поділяють на міцні (18% спирту, 8% цукру) та десертні (16 % спирту, 16 % цукру). Залежно від виду вина, із якого вони виготовляються, поділяються на білі, червоні і рожеві.

Сировиною для більшості напоїв, які виробляються в Україні на сьогоднішній день, є імпортовані екстракти та смако-ароматичні речовини. Зазвичай це композиції синтетичного походження. Сировинні ресурси нашої країни багаті на природну екологічно чисту фруктову-ягідну та рослинну пряно-ароматичну сировину. Вона може бути альтернативою небезпечних синтетичних харчових добавок [144].

Обов'язковою сировиною для виробництва вермутів є пряно-ароматична сировина. До складу пряно-ароматичної сировини входять флаваноїди, прості феноли та їх глікозиди, фенолкислоти, фенолспирти, антоціани, олігофеноли, гідролізовані та конденсовані поліфеноли [145]. Досліджено можливість використання пряно-ароматичної сировини Закарпаття у технології вермутів. Запропоновано використання фенхелю, лофанту, чаберу гірського, лаванди, м'яти перцевої, ісопу, чаберу запашного, меліси та материнки. Результати показали високий вміст ефірних олій в сировині, що дозволяє отримати вермути з різними сенсорними характеристиками [146]. Пряно-ароматична

сировина містить ряд біологічно-активних речовин, які крім покращення смакових властивостей виробу, підвищують його біологічну цінність. Так, меліса містить 0,05–0,35 % ефірної олії з лимонним запахом, 0,007–0,01 % каротину, близько 5 % дубильних речовин та органічних кислот [147]. Коріандр у своєму складі містить гераніол, ліналоол, алкалоїди, стероїди, каротин, вітамін С, рутин [148]. У полину гіркому міститься від 0,5 до 2,0 % ефірної олії, гіркі глікозиди, терпенові сполуки, дубильні та смолисті речовини, сапоніни, алкалоїди, вітаміни. Вона збуджує апетит, стимулює діяльність шлунка та кишківника, володіє снодійною дією [149].

У складі цедри апельсину містяться (% на суху речовину - СВ): цукор 31,36; розчинні речовини 53,69; нерозчинні речовини 25,8; гідролізовані вуглеводи 8,12; загальний азот 1,028; розчинний азот 0,503; клітковина 17,68; гесперидин 2,42. У шкірці апельсина міститься ефірна олія - від 1,2 до 2,1%. Забарвлення шкірки плода апельсина залежить від вмісту каротиноїдів [150].

Ароматичні та лікувальні властивості виявляють різні частини рослин. Наприклад, насіння (коріандр, кмин), листя (лавр, петрушка, базилік), квітки (шафран), квіткові бруньки (гвоздика), плоди (кардамон, фенхель), кореневища (імбир, куркума), кора (кориця) [151]. Щодо оптимальної тривалості екстрагування пряно-ароматичної сировини дані літературних джерел відрізняються. Встановлено, що оптимальний термін, при якому максимально вилучаються біологічно-активні речовини становить 10 діб [152, 153].

Винно-спиртовий настій виробляється методом одноразового або дворазового заливу ароматичної сировини винно-спиртовим розчином. При одноразовому заливі подрібнена і відсортована сировина заливається винно-спиртовим розчином міцністю 50 % об. у співвідношенні: сировина (кг) до винно-спиртового розчину (дм³) – 1:10 і настоюється протягом 10 діб.

В процесі настоювання суміш перемішується 1-2 рази на добу. Після настоювання рідина зливається, а рослинна сировина заливається питною водою і настоюється 1-2 доби з періодичним перемішуванням. Злита водно-спиртова рідина утилізується. При дворазовому заливі сировина спочатку

заливається винно-спиртовим розчином міцністю 70 % об., а потім винно-спиртовим розчином міцністю 40 % об. і настоюється кожного разу від 5 до 10 діб. Злиті перший і другий настій об'єднуються. Міцність об'єданого винно-спиртового настою має бути не меншою 45 % об.

Купаж готується в резервуарах шляхом послідовного введення сухих столових чи кріплених виноматеріалів, настою рослинної сировини чи ароматного спирту та, у разі потреби, цукру чи цукровмісних матеріалів, спирту етилового ректифікованого, лимонної кислоти і колеру. Купаж фільтрується і направляється на вистоювання не менше ніж на 10 діб для досягнення гармонійних смако-ароматичних характеристик. Після вистоювання проводиться контрольне фільтрування, з метою видалення осаду. Після чого вермут подається на розлив. Розлив, пакування, маркування, транспортування та зберігання вермуту здійснюється у відповідності з вимогами чинних нормативних документів.

Цукор відіграє важливу роль у формуванні смаку лікєро-горілочаних виробів. Він надає напою солодкість, пом'якшує смак, сприяє асиміляції ароматичних речовин, формує необхідну в'язкість. З метою запобігання бродіння цукровий сироп готується концентрацією сахарози не менше 65-73% гарячим і холодним способами. Типовий сироповарочний котел являє собою закритий сталевий резервуар циліндричної форми зі сферичним днищем. Котел оснащений паровою сорочкою і механічною мішалкою. Тривалість варіння сиропу не повинна перевищувати 30 хв, оскільки тривале нагрівання призводить до карамелізації сахарози, яка супроводжується потемнінням сиропу.

Відповідно до розробленої технології отримання вермутів, із застосуванням осмотичної дегідратації, сироповарочний котел можна виключити із технологічної схеми (рис.3.17). Це дозволить значно скоротити енергетичні витрати на підприємстві. В якості сировини для виробництва вермутів запропоновано використовувати свіжі квіти бузини *Sambucus*, півонії рожевої *Paeonia* (сорт Rome) та акації *Acacia*.

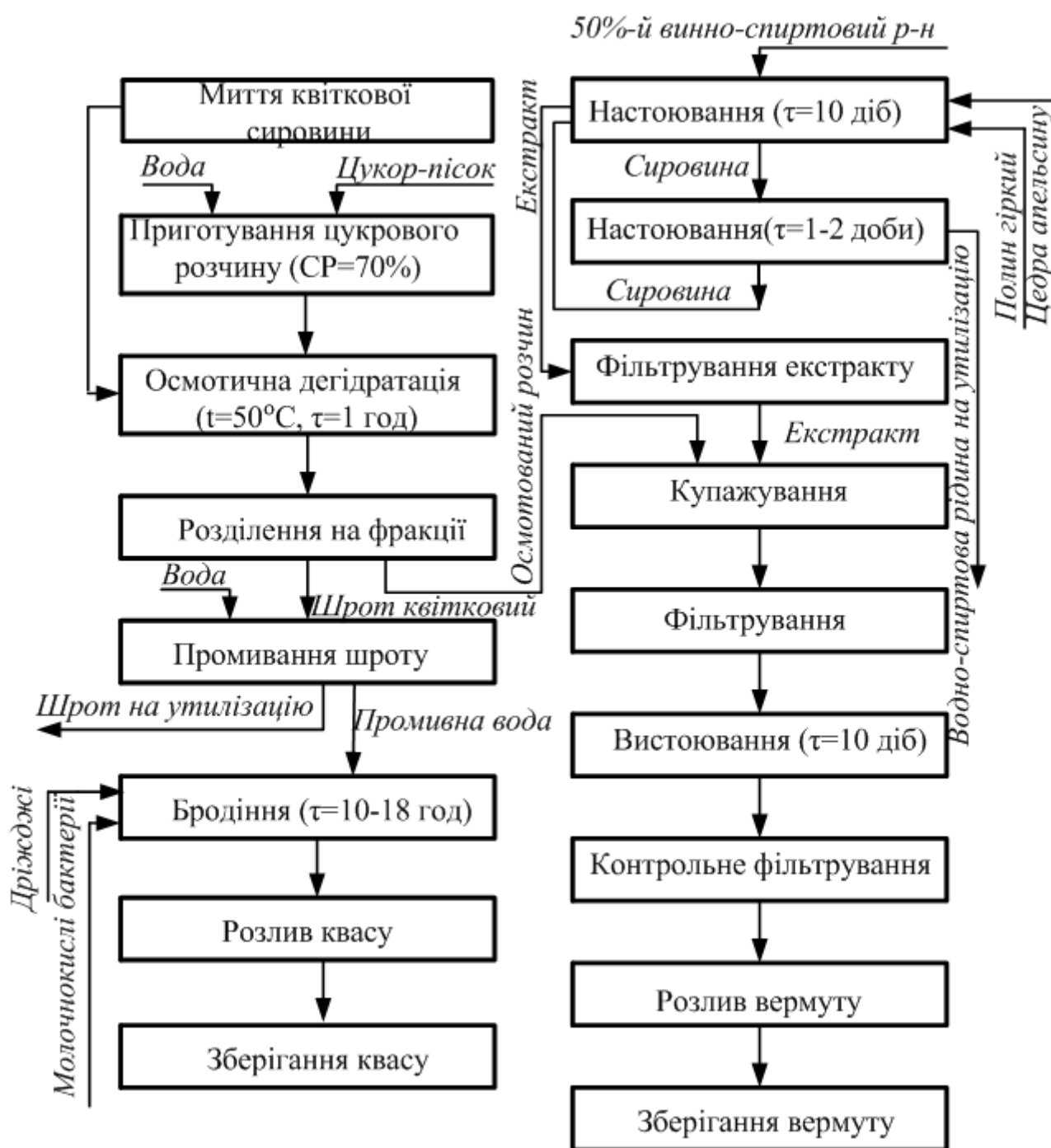


Рис.3.17. Технологія виробництва вермуту та квасу із квіткової сировини

Період цвітіння запропонованих видів рослин однаковий (початок червня). Для вилучення смако-ароматичних речовин квітів пропонується застосовувати осмотичну дегідратацію. Нативні речовини гіркокого полину *Artemisia absinthium*, м'яти польової *Méntha arvensis* та cedри апельсину *Citrus*

sinensis рекомендується екстрагувати винно-спиртовою сумішшю, використовуючи метод одноразового зливу.

Перед осмотичною дегідратацією квіти промиваються холодною проточною водою. Після зціжування залишків води вони поміщуються в апарат осмотичної дегідратації, де знаходиться попередньо підготовлений цукровий сироп із масовою часткою сахарози 70%. Співвідношення квітів до сиропу – 1:1. Тривалість дегідратації становить 1 години, цього часу достатньо, щоб у розчин перейшли смако-ароматичні компоненти. Дегідратацію квітів різних видів рекомендується проводити окремо. При купажуванні додавати потрібну кількість для створення гармонійного смаку та аромату. Після відокремлення сиропу квітковий шрот промивається холодною водою та направляється на утилізацію.

Утворена після промивання вода використовується для приготування квасу. При цьому не рекомендується додатково використовувати цукор, оскільки у промивній воді його накопичується достатня кількість. Для цього у воду вноситься закваска чистих культур дріжджів та молочнокислих бактерій. Бродіння відбувається при $t = 28...30$ °C 12 годин. Дріжджі і бактерії потім відокремлюють декантацією (зсіданням). Молодий квас купажується додаванням 75 % цукрового сиропу (можливо використовувати осмотичний розчин після зневоднення квітів або дикорослих ягід), охолоджується до 10-12 °C і розливається. Відокремлений від дегідратованих квітів розчин направляється на купажування, в якості основи для виробництва вермуту. Частка осмотичного розчину у рецептурі вермуту - 30% (співвідношення розчинів різних видів квітів може відрізнятись).

Для приготування 50% винно-спиртової суміші рекомендується використовувати біле сухе вино сорту Шардоне міцністю 9%. Настоявання пряно-ароматичної сировини (полин 50%, цедра апельсину 50%) проводиться протягом 10 діб, співвідношення сировини та винно-спиртової суміші – 1:10. Після відокремлення екстракту, сировина повторно використовується, при цьому до неї додаються свіжі рослинні порошки (співвідношення 1:2). Кількість

екстракту, який направляється на купажування становить 70% до загальної кількості вермуту. В процесі купажування суміш ретельно перемішується, для максимального врівноваження концентрації, після чого фільтрується і направляється на 10 денне вистоювання. Протягом вистоювання відбувається максимальна взаємодія всіх компонентів. Після повторного фільтрування вермут розливається та охолоджується до температури зберігання – 5-10°C.

Осмотичні розчин, збагачений біоактивними компонентами квітів має гарні сенсорні властивості (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Квіти рослин та похідні їх переробки: а – *Sambucus*; б – *Paeonia*; в – *Acacia*

Застосування осмотичної дегідратації для обробки квітів бузини дозволяє максимально зберегти її смако-ароматичні властивості та сприяє переходу важливих біоактивних компонентів у осмотичний розчин (фенольних з'єднань, амінного азоту, вітамінів).

Запропоновану технологію можна реалізувати на лікєро-горілочаних підприємствах, з використанням існуючого технологічного обладнання. Апаратурно-технологічна схема переробки квітів у вермути та квас представлена на рисунку 3.19. За цією схемою квіткова сировина відмивається

у барботажних мийках 1. Відмиті квіти вивантажуються на транспортер з модульною стрічкою 3, над яким встановлено форсунки 2 для подачі води, призначеної для ополіскування квітів та форсунки для подачі повітря 4. Під час обдування повітрям із квітів видаляються залишки мийної води. Відпрацьована мийна вода направляєється на поля фільтрації.

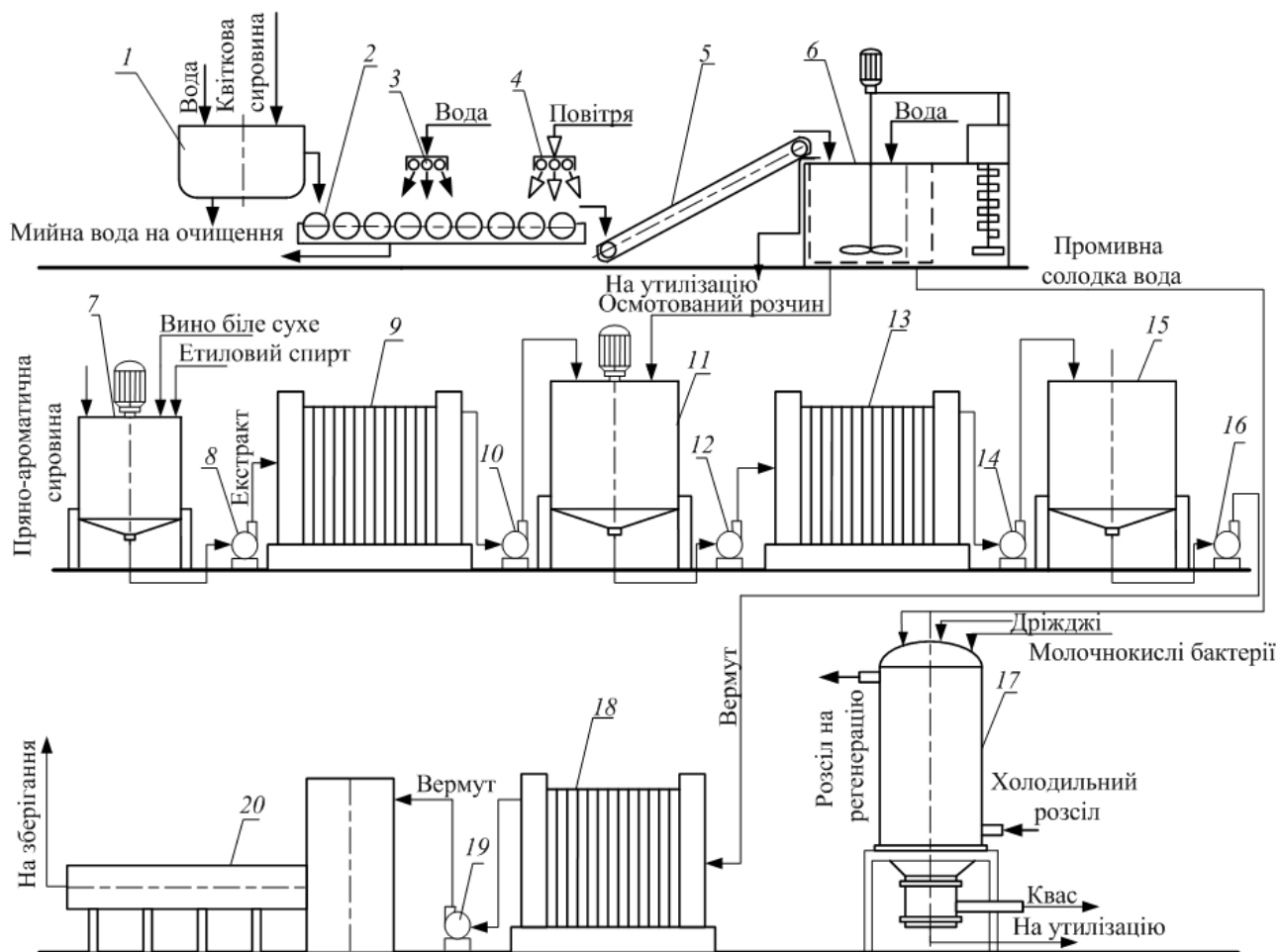


Рис. 3.19. Апаратурно-технологічна схема переробки квітів

Стрічковим транспортером 5 квіткова сировина завантажуються у апарат осмотичної 6 дегідратації, в якому попередньо готується концентрований цукровий розчин (70%). Тривалість дегідратації 1 година при температурі 50°C. Після чого осмотований розчин виводиться із нижньої частини апарату і направляєється у апарат для купажування 11. Після повного відбору осмотованого розчину із дегідрататора, туди подається чиста питна вода, для промивання квіткового шроту від залишків цукрового сиропу. Утворена солодка промивна вода направляєється у бродильно-купажний апарат 17. Туди ж

подаються чисті культури дріжджів та молочнокислі бактерії. Температура бродіння 30°C, тривалість процесу 10-18 годин. За рахунок анаеробного бродіння в готовому виробі накопичується певна кількість спирту (1-1,2%). Готовий продукт із нижньої частини бродильно-купажного апарату виводиться у автоцистерни або направляється на лінію розливу. Крім осмотованого розчину у апарат для купажування 11 подається попередньо підготовлений екстракт пряно-ароматичної сировини.

Для приготування екстракту суміш пряно-ароматичної сировини вноситься у екстрактор періодичної дії 7. В якості екстрагента в екстрактор попередньо вносяться біле сухе вино та етиловий спирт. Готується винно-спиртова суміш міцністю 50%. Співвідношення рослинної сировини до винно-спиртової суміші – 1:10. Тривалість настоювання 10-12 діб. Під час настоювання суміш переміщується декілька разів на добу з метою інтенсифікації процесу екстрагування.

Отриманий екстракт відцентровим насосом 8 перекачується на фільтрування. Під час фільтрування на фільтр-пресах 9 видаляється осад (мікрочастинки рослинної сировини). Вільтрований екстракт насосом 10 перекачується у апарат для купажування 11, туди ж подається і осмотований розчин, утворений після обробки квіткової сировини. Купаж насосом 12 перекачується на фільтрування на фільтрах 13, а далі направляється на вистоювання (відпочинок) протягом 10 діб. Підчас вистоювання напій набуває особливих смако-ароматичних компонентів. Після вистоювання проводиться контрольне фільтрування вермуту і готовий напій перекачується насосом 19 на лінію розливу. Розлив, пакування, маркування, транспортування та зберігання вермуту здійснюються у відповідності з вимогами чинних нормативних документів.

Застосування запропонованих технологій комплексної переробки квіткової сировини дозволить розширити асортимент алкогольних та безалкогольних напоїв продуктами з підвищеною біологічною цінністю.

ВИСНОВКИ

Осмотична дегідратація є одним із можливих способів підвищення терміну придатності продуктів рослинного походження. Процес забезпечує мінімальну термічну деградацію поживних речовин за рахунок низькотемпературного видалення води.

Для оптимізації процесу та забезпечення максимальної якості продукції, важливо розуміти фактори, що впливають на масопередачу при осмотичній дегідратації. Серед таких можна виділити вид осмотичного агента і його концентрацію, температуру обробки, інтенсивність перемішування та тривалість.

Проведені дослідження з обробки коренеплідних овочів та дикорослої рослинної сировини, дозволили встановити оптимальні параметри їх обробки.

Будучи простим процесом, осмотичне зневоднення, полегшує переробку рослинної сировини із збереженням її вихідних характеристик, а саме, кольору, аромату та вмісту харчових сполук. Застосування осмотичної дегідратації дозволяє підвищити біологічну цінність продуктів переробки рослин. Як наслідок – є можливість отримати корисні рослинні продукти впродовж всього року.

Осмотична дегідратація дозволяє зберегти амінокислотний склад продуктів рослинного походження, розподіляючи амінокислоти між всіма продуктами їх переробки. Таким чином, цей процес може стати основою для створення багатьох безвідходних технологій харчових продуктів.

Розроблена конструкція апарату для осмотичної дегідратації, що дозволить проводити попередню обробку сировини перед процесом сушіння. Ефективність дії запропонованого обладнання забезпечується за рахунок зменшення енергетичних витрат на процес зневоднення, поліпшенням структури готового продукту, запобіганням знебарвлення плодів, спричиненому ферментативним окисненням.

Розроблено ряд технологій виготовлення різноманітних харчових продуктів із застосуванням процесу осмотичної дегідратації.

Овочеві цукати, отримані за цією технологією, мають хороший аромат, характерний природний колір і можуть використовуватися як готова десертна страва та наповнювачі у виробництві кисломолочних продуктів і кондитерських виробів. Час сушіння цукатів скорочується в 5 разів, в порівнянні з існуючими способами. Застосування температур не більше 50°C дозволяє максимально зберегти біологічну цінність та органолептичні показники продукту.

Запропоновано технологію виготовлення желейного мармеладу із похідних продуктів виробництва овочевих цукатів. За основу рекомендовано використовувати осмотичний розчин, який використовується для зневоднення овочів. Природні смакоароматичні характеристики сировини дають можливість при виробництві мармеладу відмовитися від синтетичних барвників, ароматизаторів та інших харчових добавок. Технологія желейних цукерок із моркви передбачає застосування крім осмотичного розчину в якості основи, ще й порошки, виготовлені із морквяних шкірок, для обсипання цукерок зовні взамін цукру.

Особливістю запропонованої технології переробки дикорослих ягід є спосіб, який дозволяє вилучити із плодів частину біологічно цінних нутрієнтів таких, як амінокислоти, барвні речовини, смако- та ароматоутворюючі речовини.

Попереднє заморожування ягід дозволяє зменшити їх гіркість, а осмотичний розчин на основі концентрованого цукрового розчину, утворений після дегідратації, є гарною добавкою для пресованого цукру, кондитерських виробів та вермутів. Сенсорні характеристики осмотичних розчинів позитивно впливають на органолептичні показники готових продуктів.

Розроблено безвідходну технологію виробництва рідких барвників на основі осмотичного розчину та порошкових із основної частини сировини.

Таким чином, ресурсний потенціал сировини використовується в повному обсязі.

В якості сировини для виробництва десертних вермутів та квасу запропоновано використовувати квіти бузини, оброблені способом осмотичної дегідратації. Відсутність теплової обробки робить готовий продукт не лише смачним, а й корисним, за рахунок збереження біологічно-активних компонентів рослинної сировини.

Показана можливість впровадження розроблених технологій в умовах типових підприємств кондитерської, цукрової та лікєро-горілочної галузі. Запропоновано способи використання типового обладнання, що сприятиме впровадженню розроблених технологій у виробництво.

Всі розроблені технології є мало- або безвідходними, екоорієнтованими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Reviews on osmotic dehydration of fruits and vegetables / Shete YV. et al. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. 7(2). P. 1964-1969.
2. Сучасний стан розвитку технологій зберігання плодів і овочів / Дубініна А.А. та ін. *Young Scientist*. 2016. № 11 (38). С. 23-30.
3. Самілик М.М. Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації як способу обробки коренеплідних овочів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2021. 4 (46). С. 55-59. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.4.8>.
4. Бичков Я.М., Дмитрюк Т.І. Способи отримання сухих порошоків з рослинної сировини. *Наукові праці*. 2014. Вип. 46, Т. 1. С. 204-208.
5. Izli N., Izli G., Taskin O. Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*. 2017. Vol. 37, Issue 4. P. 604–612. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.28316/>
6. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder / Caparino O.A. et al. *Journal of Food Engineering*. 2012. 111(1). P. 135-148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>.
7. Effects of distinct drying methods on the quality changes of granular edamame / Qing-guo H. et al. *Drying Technology*. 2006. 24(8). P. 1025-1032. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930600776217>.
8. FAO/WHO/UNU. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the united nations Rome, 2013. 92. 57 p.
9. Снежкін Ю., Гусарова О., Шапар Р. Інтенсифікація вологовидалення при зневодненні плодовоовочевої сировини. *Наукові праці*. 2017. 81, 1. С. 90–93. doi: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.681>.

10. The application of solar technologies for sustainable development of agricultural sector / Mekhilef S. et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. 18. P. 583–594. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.049>
11. Design and Construction of Solar Dryer for Drying Agricultural Products. Pravin M. et al. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. 04(03). P. 1946–1951.
12. Vacuum–pressure spray–drying method and vacuumpressure spray–drying device: Pat. US2013126102 (A1), MPK B01D1/14 / Kitamura Yutaka, Yamazaki Kazuhiko; No. 20130126102; declared: 07.2010; published: 23.05.2013.
13. Padma Ishwarya S., Anandharamakrishnan C., Andrew G.F. Stapley. Spray–freeze–drying: A novel process for the drying of foods and bioproducts. *Trends in Food Science & Technology*. 2015. 41 (2). P. 161–181. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.10.008>.
14. Real–Time Monitoring of Organic Carrot (var. Romance) During Hot–Air Drying Using Near–Infrared Spectroscopy / Roberto Moscetti et al. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. 10(11). P. 2046–2059. doi: 10.1007 / s11947–017–1975–3
15. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Пазюк В.М. Гідротермічна обробка функціональної сировини. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2012. 41(1). С. 13–18.
16. Дослідження структуроутворення та змін форми зв'язку вологи в пектинових гелях методом диференціально–сканувальної калориметрії / Крапивницька І.О. та ін. *Восточно–европейский журнал передовых технологий*. 2015. 1/6(73). С. 48–52.
17. Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса. *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-30-37.

18. Singh C., Sharma K.H., Sarkar C.B. Influence of process conditions on the mass transfer during osmotic dehydration of coated pineapple samples. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2010. 34. P. 700-714.
19. Ashok Kumar Yadav, Satya Vir Singh. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Food Sci Technol*. 2014. 51(9). P. 1654–1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2.
20. Shi J, Xue JS. Application and development of osmotic dehydration technology in food processing. In Ratti, C. (Ed). *Advances in food dehydration*, CRC Press. USA, 2009.
21. Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 2012. № 22(2). P. 71–85.
22. Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. *Food Process Technol*. 2011. № 2. P. 1–6.
23. A Study on Tomato Candy Prepared by Dehydration Technique Using Different Sugar Solutions / Hasanuzzaman, M. et al. *Food and Nutrition Sciences*. 2014. 5. P. 1261-1271 doi: 10.4236/fns.2014.513137.
24. Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol*. 2014. № 51 (9). P. 1654–1673.
25. Azoubel P.M., Murr F.E.X., Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*. 2004. 61, no. 3. P. 291-295. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00132-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00132-8).
26. Lazarides, H.N. Reasons and possibilities to control solid uptake during osmotic treatment of fruit and vegetables. In Fito, P., Chiralt, A., Barat, M.J., Spiess, E.W. and Behnillian, D. *Osmotic dehydration and vacuum impregnation*. Technomic Publishing Company. USA, 2001. 336 p.
27. Rahman M.S. A Review of “Handbook of Food Preservation”. *Journal of Agricultural & Food Information*. 2009. 10. <https://doi.org/10.1080/10496500902813376>.

28. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings / Beristain CI. et al. *Food Sci Technol*. 1990. 25(5). P. 576–582. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01117>.
29. Khin M.M., Zhou W., Perera C. A study of mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*. 2006. 77. P. 84-95.
30. Collignan A. Raoult-Wack A.L., Themelin A. Energy study of food processing by osmotic dehydration and air drying. *International Agricultural Engineering Journal*. 1992. № 1(3). P. 125–135.
31. Phisut N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*. 2012. 19(1). P. 7-18.
32. Gupta R, Singh B, Shivhare US. Optimization of Osmo-convective Dehydration Process for the Development of Honey-ginger Candy Using Response Surface Methodology. *Drying Technology*. 2012. 30. P. 750-759.
33. Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin. *International Food Research Journal*. 2017. № 24(5). P. 1903-1909.
34. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry / da Conceição S.M.A. et al. *LWT – Food Science and Technology*. 2012. № 45. P. 246–252.
35. Corzo O., Gomez ER. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. *J Food Eng*. 2004. 20. 64. P. 213–219. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.575>.
36. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum* L.): effect of freezing pre-treatment / Bchir B. et al. *Food Process Eng*. 2012. № 35. P. 335–354.
37. Bhagyashree N.P., Suchita V.G., Vaishali R.W. Response Surface Methodology of Osmotic Dehydration for Sapota Slices. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*. 2014. № 5(4). P. 249-260.

38. Kaur K, Kumar S, Alam MS. Air drying kinetics and quality characteristics of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) influenced by osmotic dehydration. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. 2014. 16(3). P. 214-222.
39. Ahmed I, Qazi IM, Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2016. (34). P. 29-43.
40. Brochier B, Ferreira Marczak LD, Zapata Norena CP. Use of Different Kinds of Solutes Alternative to Sucrose in Osmotic Dehydration of Yacon. *Braz. Arch. Biol. Technology*. 2015. 58(1). P. 34-40.
41. Phisut N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*. 2012. 19(1). P. 7-18.
42. Tortoe Ch. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*. 2010. 4(6). P. 303-324.
43. Effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai- Namphaung) / Pattanapa K. et al. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. № 45. P. 1918-1924.
44. Falade K.O., Igbeka J.C., Ayanwuyi F.A. Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*. 2007. 80, no. 3. P. 979-985. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.033>.
45. Singh B., Kumar A., Gupta A.K. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *Journal of Food Engineering*. 2007. 79, no. 2. P. 471-480. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.074>.
46. Khoyi MR., Hesari J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Food Eng*. 2007. 78. P. 1355–1360. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.0.

47. Akbarian M, Ghasemkhani N, Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences*. 2014. 4(1). P. 42-57.
48. Effect of osmotic dehydration on the physical and chemical properties of Mexican ginger / Jose A. Garcia-Toledo et al. *Journal of Food*. 2016. 14(1). P. 27-34.
49. Tortoe Ch. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*. 2010. 4(6). P. 303-324.
50. Acevedo D., Tirado D., Guzmán L. Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración, *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 2014. 17, no. 1. P. 123–130.
51. Chavan U.D., Amarowicz R. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Research*. 2012. Vol. 1, No. 2. P. 202-209. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202/>
52. Matuska M., Lenart A., Lazarides N.H. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*. 2006. 72. P. 85-91.
53. Krokida M.K., Maroulis Z.B., Saravacos G.D. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*. 2001. 36, no. 1. P. 53-59. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00426.x/>
54. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer / Rastogi NK. et al. *Trends in Food Science and Technology*. 2002. 13. P. 48-59.
55. The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables / Samilyk M. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 3(11). C. 13-20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664.>

56. Розширення асортименту натурального желейного мармеладу із вторинної сировини / Самілик М.М. та ін. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. № 25. С. 98-105. doi: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-13>.
57. Самілик М.М., Болгова Н.В., Топоркова Ю.С. Розробка технології желейних цукеркових мас із продуктів переробки моркви. *Продовольчі ресурси*. 2021. Т. 9. № 17. С.137-144.
58. Теленкова Д. А., Самілик М. М. Спосіб збагачення цукру плодами обліпихи. *Informational and innovative technologies in the hotel and restaurant business, tourism and design: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конф., Дніпро, 1-2 груд. 2021 р. Dnipro – Opole: AS «DF M&B KUC»*, 2021. С.39-40.
59. Пилат Т. П. Биологически активные добавки к пище. Теории, производство, применение. Москва: Аввалон, 2002. 710 с.
60. Influence of in vitro human digestion on the bioavailability of phenolic content and antioxidant activity of *Viburnum opulus* L. (European cranberry) fruit extracts / Barak Timur Hakan et al. *Industrial Crops and Products*. 2019. 131. P. 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.037>.
61. Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries / Wei E. et al. *Int J Biol Macromol*. 2019. 13(123). P. 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.074>.
62. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review / Zuzana Ciesarová et al. *Food Research International*. 2020. 133, 109170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>
63. Кошелев Ю.А., Агеева Л.Д. Облепиха: монография. Бийск. НИЦ БПГУ им. В.М. Шукшина. 2004. 320 с.
64. Исследование профиля свободных аминокислот плодов облепихи крушиновидной различных сортов методом тонкослойной хроматографии / Тринеева О.В. и др. Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. Т. 20. № 2. С. 277-283 DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/2783.

65. Kintsurashvili K.M., Hvedelidze V.G., Melkadze R.G. Fiziko-himicheskie pokazateli i aminokislotnyiy sostav soka iz yagod buzinyi travyanistoy (Sambucus edulusl.). Himiya rastitelnogo syirya. 2008. (3), 93–95.
66. Burak L.C. The use of elder marc in the food industry. *New Technologies*. 2020. 16(5). P. 20–27. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-16-5-20-27>
67. Удосконалення технології сиркових виробів з цукатами з гарбуз / Сливка Н.Б. та ін. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології*. 2019. 21(92). С. 47-52. doi: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9209>.
68. Спосіб приготування цукатів із картоплі: пат. на кор. мод. 103612 Україна: МПК А23L 1/064 / Мельник Л.М., Матко С.В., Бессараб О.С., Костючок Н.В., Мартинова Я.О. № u201505692; заявл. 09.06.2015 ; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 4.
69. Спосіб виробництва цукатів з топінамбура: пат. на кор. мод. 83283 Україна: МПК А23L 1/06 / Тележенко Л.М., Золовська О.В.; № u201305222. заявл. 23.04.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 4.
70. Спосіб виробництва цукатів з гарбуза та моркви: пат. на кор. мод. 57419 Україна: А23L 1/06 / Непочатих Т.А., Захаренко В.О.; № u2002107839. заявл. 03.10.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
71. Спосіб приготування овочевих цукатів з коренеплоду: пат. на кор. мод. 108602 Україна: МПК (2016.01) А23L 2/39 / Голінська Я.А., Біленька І.Р.; № u201600377. заявл. 18.01.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14.
72. Артамонова М.В., Шматченко Н.В. Технология мармелада с использованием плодовоовощных криопаст и криопорошков. *Хлебопек.* 2015. № 6. С. 36–37.
73. Расширение ассортимента желейного формового мармелада на основе овощного пюре / Тефилова С.Н. и др. *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т.80. №2. С.165–174. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-165-174.
74. Processing potential of jellies from subtropical loquat cultivars / Curi P.N., et al. *Food Science and Technology. Campinas*. 2017. V.31. №1. P.70–75. doi:<https://doi.org/10.1590/1678-457x.07216>.

75. Kapoor S., Ranote P.S. Antioxidant components and physico-chemical characteristics of jamun powder supplemented pear juice. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. V.53. №5. P.2307–2316. doi: 10.1007/s13197-016-2196-x.
76. Anvoh K.Y.B., Zoro A.Bi, Gnakri D. Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation into Marmalade. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2009. № 8(2). P.129–133. doi: 10.3923/pjn.2009.129.133.
77. Advances in food processing based on sustainable bioeconomy / Samilyk M. et al. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. 11(5), P.1105–1113. doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5\(45\).08](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5(45).08).
78. Характеристика пігментного комплексу столового буряку та закономірності змін його кольору / Дубіна А.А. та ін. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2013. 4/10 (64). С.43-47.
79. Лобосова Л.А., Журахова С.Н., Свиридова О.Я. Порошок из столовой свеклы в составе мармелада. *Наука XXI века: проблемы и перспективы*. 2016. №1. С. 61–63.
80. Магомедов М.Г. Разработка способа получения порошкообразного свекловичного полуфабриката и кондитерских изделий на его основе: дисс. на соискание ученой степени канд. тех. наук: 16.12.2005. Воронеж, 2006. 186 с
81. Способ производства пищевого кондитерского продукта из овощей: пат. Росія: №2160996; заявл. 06.06.2000, опубл. 27.12.2000, Бюл. № 36.
82. Пересічна С. Поживна цінність борошняних кондитерських виробів з лецитином соєвим. *Товари і ринки*. 2008. № 1. С. 91–96.
83. Магеррамов М. Роль плодовоовощных соков при обогащении кондитерских изделий функционального назначения. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2008. № 1. С. 35–37.

84. Кричман Е. С. Некоторые аспекты применения пищевых красителей в производстве кондитерских изделий. *Кондитерское производство*. 2007. № 2. С. 24–25.
85. Доржиев В. В., Цибилова Д. Ц. Использование БАД из нетрадиционного сырья в кондитерском производстве. *Пищевая промышленность*. 2002. № 4. С. 33–35.
86. Самілик М.М., Расамакіна Ю.В. Перспективи використання бурякових цукатів у виробництві йогуртів. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету м.. В.І. Вернадського»*. Серія: Технічні науки. 2019. Т. 30 (69), № 3. С. 97-102.
87. Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. Samilyk M. et al. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 3. P.38-45.
88. Samilyk M., Zarubina M. Prospects for the use carotin candieds in the production of cheese mass. *International scientific and practical conference “Science, engineering and tehnology: global and current trends”* Prague, Desember 27-28, 2019. P. 90-92.
89. Филлипс Г.О., Вильямс П.А. Справочник по гидроколлоидам. СПб.: ГИОРД, 2006. 536 с.
90. FDA Evaluation of Health Aspects of Agar-agar as a Food Ingredient Food and Drug Administration. PB-265502, Federation of American Societies for Experimental Biology. Bethesda MD. USA, 2003. 200 p.
91. Артамонова М.В., Лисюк Г.М., Туз Н.Ф. Технологія мармеладу желейного з використанням кріаспорошків рослинного походження. *ХДУХТ*. 2015. – 134 с.
92. Bioactive Compounds, Antioxidant Activities, and Health Beneficial Effects of Selected Commercial Berry Fruits: A Review / Boris V. et al. *Journal of Food Research*. 2020. 9(5). P. 78–101. <https://doi.org/10.5539/jfr.v9n5p78>
93. Zielińska A., Nowak I. Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil. *Lipids Health Dis*. 2017. 16 (95). <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0469-7>

94. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmeceuticals / Lalit M. et al. *Food Research International*. 2011. 44(7). P. 1718-1727. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.002>.
95. *Sambucus nigra* L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities / Sandrine S. *Food Reviews International*. 2020. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1788578>
96. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties / Rubén Domínguez et al. *Food Chemistry*. 2020. 330. 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>.
97. Krüger S., Mirgos M., Morlock G.E. Effect-directed analysis of fresh and dried elderberry (*Sambucus nigra* L.) via hyphenated planar chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2015. 1426. P. 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.11.021>.
98. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins, and selected polyphenols / Veberic R. et al. *Food Chemistry*. 2009. 114(2). P. 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.080>
99. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative / Mateja Senica et al. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. 72. P. 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.056>.
100. Sidor A., Gramza-Michałowska A. Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food-A review. *Journal of Functional Foods*. 2015. 18(B). P. 941–958. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.012>
101. Polka D., Podśędek A. Koziółkiewicz M. Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Fruit, Flower and Bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods Hum Nutr*. 2019. 74. P. 436–442. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00759-1>.

102. Ersoy N., Ercisli S., Gündoğdu M. Evaluation of European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes for agro-morphological, biochemical and bioactive characteristics in Turkey. *Folia Horticulturae*. 2017. 29(2). P. 181–188. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0017>
103. Diversity on fruits of wild grown European cranberrybush from coruh valley in Turkey / Ozkan G. et al. *Erwerbsobstbau*. 2020. 62(3). P. 275–279. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00489-8>.
104. Cam M., Hisil Y., Kuscü A. Organic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of fruit flesh and seed of *Viburnum opulus*. *Chemistry of Natural Compounds*. 2007. 43(4). P. 460–461. <https://doi.org/10.1007/s10600-007-0161-7>
105. Biochemical and agro-biological diversity of *Viburnum opulus* genotypes / Cesoniene L. et al. *Cent. Eur. J. Biol.* 2010. 5. P. 864–871. <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0088-z>.
106. Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes / Kraujalytė V. et al. *Food Chem.* 2013. 141(4). P. 3695–702. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.054>
107. Antioxidant properties of Guelder rose (*Viburnum opulus* var. *edule*) / Rop O. et al. *Molecules*. 2010. 15(6). P. 4467–4477. <https://doi.org/10.3390/molecules15064467>
108. The aldose reductase inhibitory capacity of *Sorbus domestica* fruit extracts depends on their phenolic content and may be useful for the control of diabetic complications / Termentzi A. et al. *Die Pharmazie - An International Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2008. 63(9). P. 693–696(4). <https://doi.org/10.1691/ph.2008.8567>.
109. Novel insight into biological activity and phytochemical composition of *Sorbus aucuparia* L. fruits: Fractionated extracts as inhibitors of protein glycation and oxidative/nitrative damage of human plasma components /

- Rutkowska M. et al. *Food Research International*. 2021 Vol.147. 110526. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110526>.
110. Hasbal G., Yilmaz Ozden T, Can A. In vitro Antidiabetic Activities of Two *Sorbus Species*. *Eur J Biol*. 2017. 76(2). 57-60.
111. Olszewska MA, Michel P. Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus species* in relation to their polyphenolic composition. *Nat Prod Res*. 2009. 23(16). 1507-21.
112. Phenolic profiling and bioactivities of fresh fruits and jam of *Sorbus species* / Mrkonjić ZO. et al. *Serb Chem Soc*. 2017. 82(6). 651-64.
113. Grussu D, Stewart D, McDougall GJ. Berry polyphenols inhibit α -amylase in vitro: identifying active components in rowanberry and raspberry. *Agr Food Chem*. 2011. 59(6). 2324-31.
114. Boath AS, Stewart D, McDougall GJ. Berry components inhibit α -glucosidase in vitro: Synergies between acarbose and polyphenols from black currant and rowanberry. *Food Chem*. 2012. 135(3). 929-36.
115. Комракова Н.А., Филонова Г. Л. Рациональный уровень углеводов, вносимых в безалкогольные напитки с использованием составляющих из растительного сырья. *Пиво и напитки*. 2014. №5. С. 20-25.
116. Федорова О. В., Филонова Г. Л. Напитки и полуфабрикаты из натурального сырья. *Пиво и напитки*. 2012. № 4. С. 74–75.
117. Доцільність використання плодів горобини для попередження пліснявіння хліба / Гуменюк О.Л. та ін. *Харчова промисловість*. 2016. №19. 66-72.
118. Development of bread technology with high biological value and increased shelf life / Samilyk M. et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 2 (11 (116)). P. 52–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255605>.
119. Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products / Samilyk M. et al. «*EUREKA: Life Sciences*». 2022. Num. 2. P.28-35. DOI: 10.21303/2504-5695.2022.002410.

120. Маландій Є.В., Самілик М. М. Обґрунтування доцільності виробництва йогуртів із похідних переробки рослин: мат. Всеукраїнської наук. Конф. студентів та аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента. Суми, 15-19 листопада 2021 р. / СНАУ. Суми, 2021. С. 498.
121. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products / Kumar Y. et al. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2015. 14. P. 796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>.
122. Quintana-Hernandez, P., Maldonado-Caraza, D., Cornejo-Serrano, M., & Villalobos-Oliver, E. (2019). Development of a process for sugar fortification with vitamin-A. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*, 19(3), 1163–1174. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Proc841>
123. Исследование возможности применения гранулированного сахара в производстве продукта с функциональными добавками при производстве желе из начинки / Славянский А. и др. *Food Processing: Techniques & Technology*. 2021. 51(4). С. 859–868.
124. Разработка новых видов функциональных продуктов на основе сахарозы / Митрошина Д. и др.. *Сахарное производство*. 2022. 2. С. 32–37. doi.org/10.24412/2413-5518-2022-2-32-37.
125. Кристаллы сахарозы как основа сахаросодержащих продуктов / Николаева Н. и др. *Сахарное производство*. 2021. 8. С. 34–38. doi.org/10.24412/2413-5518-2021-8-34-38.
126. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Compr / Carocho M. et al. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014. 13. P. 377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
127. Gokoglu N. Novel natural food preservatives and applications in seafood preservation: A review. *Sci. Food Agric.* 2019. 99. P. 2068–2077. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9416>.
128. Food Additives from Fruit and Vegetable By-Products and Bio-Residues: A Comprehensive Review Focused on Sustainability / Ueda J.M. et al. *Sustainability*. 2022. 14, 5212. <https://doi.org/10.3390/su14095212>.

129. Використання барвників вітчизняними виробниками харчової продукції / Гуменюк О.Л. та ін. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2013. № 2 (65). С. 244–248.
130. Оптимизация условий экстрагирования антоциановых красителей из растительного сырья / Переверткина И.В. и др. *Химия растительного сырья*. 2014. № 2. С 137–141.
131. Назарко І. Безпечність використання харчових барвників. *Природничі науки та інформаційні технології: матеріали XVII наукової конф.*, Херсон, 2013 / ТНТУ ім. І. Пулюя. Херсон, 2013. С.75.
132. Папченко В.Ю., Кузнецова Л.М. Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників. *Вісник НТУ «ХП»*. 2015. № 44 (1153). С.65–68.
133. Current protocols in food analytical chemistry / Elbe J.H.V. et al. *John Wiley and Sons Inc*. 2001. P. F3.1.1–F3.1.7.
134. Botrel Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins / Eloá Lourenço do Carmo. et al. *Food Chemistry*. 2018. №249. P.51–59 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.076>.
135. Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage / Vergara C. et al. *Food Chemistry*. 2014. №157. P. 246–251.
136. Бурак Л. Перспективи використання бузини чорної в харчовій промисловості. *Продовольча індустрія АПК*. 2012. № 4 (18). С. 31–33.
137. Коберник І., Стеценко Н. Обґрунтування доцільності використання ягід бузини чорної для виробництва натурального барвника. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, Київ, 14–15 листопада 2019 р. / Київ, 2019. С. 41–43.
138. Janiszewska E. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*. 2014. №264. P.190–196.

139. Perevertkina I. V., Volkov A. D., Bolotov V. M. Vliyanie golicerina na ehkstragirovanie antocianovyh pigmentov iz rastitel'nogo syr'ya. *Himiya rastitel'nogo sir'ya*. 2011. No.2. P. 187–188.
140. Savvin P. N., Bolotov V. M. Issledovanie antioksidantnyh svoystv zheleinogo marmelada. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2008. No. 4. P. 177–179.
141. Технологія виробництва натуральних харчових барвників / Ковалевський К.А. та ін. *Вісник ХНТУ*. 2017. № 2(61). С.155–159.
142. Квасніков А.А. Натуральні барвники з кизилу і терену дикорослих для варених ковбасних виробів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2010. № 1(46). С.79–83.
143. Вермути. Загальні технічні умови: ДСТУ 6035:2008. – [Чинний від 2010-06-01]. – К.:Держспоживстандарт України, 2009. – 17 с. – (Національний стандарт України).
144. Вітряк О.П. Технологічні аспекти використання пряноароматичної сировини у технології напоїв. Проблеми екологічної біотехнології. 2014. № 2. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2014_2_4.
145. Абу Захер Кхалед, Журавлев Н.С., Деримедведь Л.В. Фармакологическое изучение антиоксидантных и мембраностабилизирующих свойств суммы катехинов и лейкоантоцианидинов. *Вісник фармації (Спецвипуск)*. 2001. № 3 (27). С. 170.
146. Добоний И. В., Билько М. В., Кораблева О. А. Научный подход к составлению композиций из пряноароматического сырья для вермутов. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2012. №1. С. 17–19.
147. Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: справочник. Київ: Наукова думка, 1989. 304 с.
148. Синх, Н. К. Настольная книга производителя и переработчика плодо-овощной продукции / Н. К. Синх, И . Г. Хью; пер. с англ. Профессия, 2013. С. 489–505.

149. Пряные травы для здоровья и долголетия / Гаврилова А. С. и др. Москва: Олма Медиа Групп, 2010. 224 с.
150. Филонова Л.Г. Пряно-ароматическое сырье для создания позитивной безалкогольной продукции. *Пиво и напитки*. 2015. №5. С.58-61.
151. Комракова Н. А., Филонова Г. Л. Настой хрена в композиции цитрусовых в составе оригинальных безалкогольных напитков. *Пиво и напитки*. 2017. №2. С.14-16.
152. Осипова Л.А., Капрельянц Л.В. Функциональные напитки на основе пряно-ароматического растительного сырья. *Пищевая промышленность*. 2007. № 9. С. 74 – 75.
153. Ткаченко М.Г. Разработка технологии производства ароматизированных напитков на основе использования растительного сырья юга Украины: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.07 / М.Г. Ткаченко. Ялта: 2001. – 19 с.

Наукове видання

Самілик Марина Михайлівна

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ
ПЕРЕДУМОВИ ВИБОРУ ОСМОТИЧНОЇ
ДЕГІДРАТАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ
РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Монографія

За редакцією автора

Підп. до друку 27.06.2022. Формат 60x84/16. Друк офсетний.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 0,00. Ум. фарб.-відб. 0,00.

Обл.-вид. арк. 0,00. Тираж 100 пр. Вид. № 31.

Видавець і виготовлювач:

ВВП «Мрія-1». 40000, Суми, Кузнечна, 2. Тел. 22-13-23, 679-215.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ДК, № 36 від 19.04.2000.