

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

САМІЛИК МАРИНА МИХАЙЛІВНА

УДК: 664.86; 664.83

ДИСЕРТАЦІЯ
НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІННОВАЦІЙ В ПРОЦЕСАХ
ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇЇ ПОХІДНИХ
ПРОДУКТІВ

05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та
фармацевтичних виробництв»
18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Марина САМІЛИК

Київ - 2023

АНОТАЦІЯ

Самілик Марина Михайлівна. Наукове обґрунтування інновацій в процесах переробки рослинної сировини та її похідних продуктів. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв», Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023.

Дисертаційну роботу присвячено науковому обґрунтуванню та розробці інноваційних способів переробки рослинної сировини та її похідних продуктів. З цією метою досліджено вплив процесу осмотичної дегідратації на рослинну сировину (коренеплідні овочі, плоди дикорослих рослин), проведено аналіз хімічного складу та деяких показників якості похідних їх переробки, розроблено раціональні способи виробництва харчових продуктів на основі похідних переробки харчової рослинної сировини.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано раціональний спосіб переробки та застосування похідних продуктів рослинного походження, який дозволяє сформулювати новий науково-практичний напрям застосування промислових органічних відходів та отримати біологічно повноцінні продукти з доданою вартістю. Запропонований спосіб спрямований на максимальну екологізацію виробництва, зменшення числа відходів, а як наслідок – площі полігонів твердих побутових відходів.

Екологічна ефективність розробленого способу полягає у зменшенні навантаження на навколишнє середовище за рахунок: скорочення витрат на вирощування сировини (при переробці плодів дикорослих рослин); зменшення логістичних витрат за рахунок комплексної переробки сировини та виробництва декількох різноманітних харчових продуктів в межах одного підприємства; скорочення енергоносіїв за рахунок інтенсифікації процесу зневоднення рослинної сировини; зменшення числа органічних відходів, оскільки спосіб передбачає безвідходну переробку.

Соціально-економічна ефективність від впровадження розробок у практику полягає в розширенні асортименту харчових продуктів із доданою вартістю на основі нетрадиційної, але доступної сировини, збільшення числа зайнятого населення у сільській місцевості.

В якості традиційної сировини, що містить велику кількість корисних нутрієнтів, запропоновано використовувати коренеплідні овочі. Проаналізовано склад, властивості та напрями використання нетрадиційної, для харчової промисловості, дикорослої сировини.

Проаналізовано тенденції у секторі харчової та переробної промисловості, обґрунтовано доцільність комплексної переробки рослинної сировини, повторного застосування побічних продуктів виробництва, сучасні способи переробки рослинної сировини. На основі проведеного аналізу сформульовано мету і задачі досліджень.

Розроблено спосіб переробки рослинної сировини: коренеплідних овочів (буряка, моркви, пастернака, селери) та плодів дикорослих рослин (калини, бузини, обліпихи, горобини) із застосуванням осмотичної дегідратації.

Шляхом лабораторних експериментальних досліджень встановлено раціональні параметри даного процесу (температура зневоднення 50°C, концентрація цукрового розчину – 70%, гідромодуль – 1, тривалість процесу при зневодненні коренеплідних овочів – 2 год, плодів дикорослих рослин – 1 год, форма і розмір овочевої сировини – кубики 5×5×5 мм).

Розроблено конструкцію апарату для проведення осмотичної дегідратації. Апарат оснащений двома мішалками: якірною для ефективного перемішування суміші осмотичного розчину та рослинної сировини та магнітною з нагрівною поверхнею, яка забезпечує рівномірне прогрівання суміші.

Запропонована конструкція апарату для осмотичної дегідратації має ряд переваг. Магнітний якір, який занурений у розчин, вкритий тефлоном. Таке покриття запобігає будь-яким хімічним реакціям із сумішшю, що перемішується. Це покриття гарантує, що мішалка залишається інертною та не забруднює розчин. Порівняно із іншими громіздкими пристроями, магнітна мішалка

відрізняється простотою очищення та стерилізації, її можна легко виїняти з рідини.

Принцип роботи магнітної мішалки базується на фундаментальних властивостях магнітних полів, включаючи притягання між протилежними зарядами та відштовхування між однаковими зарядами. Використовуючи ці принципи, магнітна мішалка полегшує перемішування та змішування розчинів.

За рахунок системи нагріву і одночасного перемішування, яке забезпечується магнітною мішалкою, підтримується задана температура, суміш розчину та рослинної сировини відповідає встановленому технологічному режиму. Оскільки магнітна мішалка розміщена під ситом, не утворюються застійні зони, які характерні для шнекових апаратів. Рослинна сировина, що зневоднюється, знаходиться всередині сита і рівномірно змішується з осмотичним розчином за рахунок рамної мішалки. Крім того, сито забезпечує відокремлення осмотичного розчину від частково зневодненої сировини після осмотичної дегідратації.

Розраховано матеріальний та енергетичний баланс процесів зневоднення. Встановлено кількість вологи, яка видаляється із рослинної сировини при заморожуванні, дефростації, осмотичній дегідратації та сушінні. Доведено, що застосування осмотичної дегідратації дозволяє скоротити тривалість сушіння та енерговитрати на зневоднення.

При застосуванні осмотичної дегідратації для зневоднення коренеплідних овочів загальні енерговитрати знижуються на 1,12 кВт. При зневодненні плодів дикорослих рослин – на 5,75 кВт.

Обґрунтовано доцільність переробки і використання похідних переробки овочів. Проаналізовано мікроструктуру та мінеральний склад порошків, виготовлених із коренеплідних овочів. Встановлено, що рослинні порошки містять харчові волокна. Найбільше клітковини виявлено у морквяних порошках ($2,9 \pm 0,05\%$), найменше – у порошках із білого кореня ($2,6 \pm 0,05\%$). Показано, що структура порошків, виготовлених із шкірок, більш виразна і практично не змінюється під впливом температури, оскільки вони переважно складаються із

провідної тканини. Це дає підстави припускати, що вони мають більшу вологозв'язуючу здатність. Система каналців, утворена провідною тканиною, створює поверхню контакту порошкоподібної та рідкої фаз. Овочеві порошки містять мікро- та макроелементи K, Ca, Mg, P, Fe, олігоелементи S, N.

Дослідження показників якості похідних переробки коренеплідних овочів показало, що порошки виготовлені із основної частини коренеплідів та їх шкірок можуть використовуватися для виробництва багатьох харчових продуктів (в якості стабілізаторів структури, емульгаторів, вологоутримувачів та згущувачів).

Аналіз показав, що шкірки коренеплідних овочів не поступаються за хімічним складом та біологічною цінністю основній частині коренеплоду. Тому, доцільно їх переробляти у порошки та використовувати в якості харчових добавок функціонального призначення, багатих на макро- та мікроелементи.

Запропоновано спосіб комплексної переробки і використання похідних переробки плодів дикорослих рослин, який передбачає отримання порошків та вітамінізованих сиропів. Доведено їх біологічну цінність. За рахунок осмотичної дегідратації у порошках із плодів дикорослих рослин підвищується вміст цукрів.

Найбільша масова частка редукувальних цукрів міститься у бузинових порошках (50%), найменша – у обліпиховому (29,9%). Дослідження показали, що ці порошки, також, містять велику кількість харчових волокон. Найвищий вміст «сирої» клітковини міститься в порошках виготовлених із похідних переробки бузини ($18,2 \pm 0,05$), найменший – у порошках із похідних переробки горобини ($6,7 \pm 0,05$).

Запропонований спосіб обробки плодів дикорослих рослин, із застосуванням осмотичної дегідратації, дозволяє зберегти вміст вітаміну С в продуктах їх переробки. Встановлено, що найбільше вітамін С при осмотичній дегідратації та сушінні зберігається у порошках із калини, найменше його залишається у горобинових порошках. Найбільша кількість вітаміну С переходить із бузини у осмотичний розчин. Найменша – із обліпихи. Сумарна кількість вітаміну С у похідних переробки плодів становить, мг/100г: обліпихи –

4,16; калини – 9,5; горобини – 2,15; бузини – 5,35. Це свідчить про те, що найкращою сировиною для збагачення продуктів вітаміном С є калина та бузина.

У порошках та осмотичних розчинах, отриманих в результаті осмотичної дегідратації, виявлено 18 амінокислот, 7 з яких – незамінні. Що свідчить про те, що дані похідні переробки можуть використовуватися для збагачення харчових продуктів.

Встановлено оптимальні параметри процесу переробки рослинної сировини та розроблено математичну модель. Отримано залежність оптимальної концентрації та енерговитрат від еквівалентного розміру частинок. Визначено розмір частинок сировини, при якому сумарні енерговитрати наближуються до мінімуму. Проведено моделювання процесу осмотичної дегідратації та отримано рівняння в числах подібності. Отримана модель із високою точністю описує отримані експериментальні дані.

Розроблено інноваційні способи виробництва харчових продуктів із використанням похідних переробки рослинної сировини: збагаченого молока, цукатів із коренеплідних овочів, натурального желейного мармеладу із коренеплідних овочів, желейних цукерок із моркви, макаронних виробів та хліба збагачених порошками із плодів дикорослих рослин, натуральних харчових барвників, вермутів із квіткової сировини. Розроблено технологічні та апаратурно-технологічні схеми виробництва харчових продуктів, технологічні інструкції та технічні умови на виготовлення деяких харчових продуктів.

Доведено, що додавання порошків із плодів дикорослих рослин до макаронних виробів позитивно впливає на їх органолептичні властивості, а також підвищує їх біологічну цінність за рахунок збагачення амінокислотами, вітамінами та харчовими волокнами.

Враховуючи той факт, що найбільшу концентрацію із всієї кількості амінокислот у горобинових порошках становила глютамінова кислота (1,57 г/100 г), яка є природним консервантом відпрацьовано рецептури хліба із пшеничного та житнього борошна опарним та безопарним способом. Показано, що додавання до хліба із пшеничного борошна 10 % порошку із похідних переробки *Sorbus*

auscuparia дозволяє, як мінімум в два рази, збільшити терміни його зберігання. Встановлено, що додавання горобинового порошку дозволяє збільшити термін зберігання до 15 діб.

Похідні переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин (особливо столові буряки та бузину), отримані способом із застосуванням осмотичної дегідратації, можна також використовувати в якості натуральних барвників. 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. Антоціанові барвники містяться у плодах бузини, яка має високий вміст біофлавоноїдів. За рахунок цього бузина і продукти її переробки впливають на радіопротекторні, антиоксидантні, протизапальні властивості. Апробовано застосування цих барвників у виробництві йогуртів та цукру.

Розроблено рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження. Запропоновано раціональні моделі переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин (калини, бузини, обліпихи, горобини).

Побудова такої моделі виробництва, дозволить створювати суспільно-корисні продукти з використанням інноваційних процесів, що забезпечить сталий розвиток не лише підприємства-виробника, а й громади в цілому. Зазвичай переробка овочів має сезонний характер. Запропонована технологія передбачає постійно діюче виробництво, що дозволить збільшити кількість робочих місць, а відповідно, - число зайнятого населення.

Запропонована технологія переробки овочів є повністю безвідходною, завдяки чому зменшується вплив на екологію, оскільки відсутня потреба у переробці або утилізації відходів. Використання енергії сонця та вітру сприяє збільшенню частки невичерпних джерел енергії для покриття енергетичних потреб держави.

Економічна доцільність даного способу пояснюється підвищенням продуктивності праці та ефективним використанням ресурсів виробництва, що

поліпшує результативність їх роботи, у формуванні позитивного іміджу та репутації соціально- та природничо – відповідальної структури. Крім того, з'являється додаткова можливість залучення інвестицій.

Обґрунтовано доцільність переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу. Оскільки виробництво цукру є сезонним, переробку плодів дикорослих рослин і виробництво збагаченого цукру доцільно організувати у весняно-літній період. Сезон дозрівання плодів дикорослих рослин – осінь. Але за запропонованою технологією передбачається їх попереднє заморожування. У замороженому стані ягоди можна зберігати декілька місяців, до закінчення переробки цукрових буряків.

Впровадження даної технології у виробництво дозволить забезпечити роботу деякого числа працівників 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.

Рекомендується використовувати 10% осмотичного розчину до маси кристалічного цукру. Для визначення потреби у ягідній сировині необхідно знати бажану кількість збагаченого цукру. При цьому створювати запас ягід (5 % до цієї кількості), оскільки при дегідратації рекомендується співвідношення цукрового сиропу і ягід – 1:1.

Досліджено економічну ефективність переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу. Встановлено точку беззбитковості для збагаченого цукру та виробництва порошків із плодів дикорослих рослин. Розраховано індекс дохідності виробництва та період окупності впровадження запропонованого способу. Точка беззбитковості знаходиться в межах 54–57

відсотків номінального обсягу виробництва, що підтверджує надійність впровадження проєкту у виробництво.

Ключові слова: харчова промисловість, осмотична дегідrataція, напівпроникна мембрана, сушіння, заморожування, теплообмін, масообмін, перемішування, фаза, осмотичне середовище, концентрація розчину, плодово-ягідна дикоросла сировина, харчова рослинна сировина, коренеплідні овочі, відходи виробництва, похідні продукти, безвідходні технології, енергозбереження, математична модель, оптимізація процесу, органолептичні показники, структурно-механічні властивості, рослинні порошки, збагачений цукор, цукровий розчин, виробництво цукру.

ANNOTATION

Samilyk Maryna. Scientific substantiation of innovations in the processing of vegetable raw materials and its derivative products.

Dissertation for the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.18.12 - Processes and equipment for food, microbiological and pharmaceutical industries, National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine, Kiev, 2023.

The dissertation work is devoted to the scientific substantiation and development of innovative methods for processing plant raw materials and their derivative products. For this purpose, the influence of the process of osmotic dehydration on plant raw materials (root vegetables, fruits of wild plants) was studied, the chemical composition and some quality indicators of their processing derivatives were analyzed, and rational methods for the production of food products based on derivatives of the processing of food plant raw materials were developed.

Based on theoretical and experimental research, a rational method for processing and using derivative products of plant origin has been proposed, which allows us to formulate a new scientific and practical direction for the use of industrial organic waste and obtain biologically complete products with added value. The proposed method is

aimed at maximizing the greening of production, reducing the amount of waste, and as a consequence, the area of solid waste landfills.

The environmental efficiency of the developed method lies in reducing the burden on the environment by reducing the cost of growing raw materials (when processing the fruits of wild plants); reduction of logistics costs due to complex processing of raw materials and production of several different food products within the enterprise; reduction of energy resources due to intensification of the process of dehydration of plant materials; reducing the amount of organic waste, since the method involves waste-free processing.

The socio-economic efficiency of putting developments into practice lies in expanding the range of value-added food products based on non-traditional but accessible raw materials, and increasing the number of employed people in rural areas.

It is proposed to use root vegetables as a traditional raw material containing a large amount of beneficial nutrients. The composition, properties and directions of use of non-traditional, wild-growing raw materials for the food industry are analyzed.

Trends in the food and processing industry sector are analyzed, the feasibility of complex processing of plant raw materials, reuse of production by-products, and modern methods of processing plant raw materials are substantiated. Based on the analysis, the goals and objectives of the research were formulated.

A method has been developed for processing plant raw materials: root vegetables (beets, carrots, parsnips, celery) and fruits of wild plants (viburnum, elderberry, sea buckthorn, rowan) using osmotic dehydration.

Through laboratory experimental studies, rational parameters of this process were established (dehydration temperature 50 °C, concentration of sugar solution – 70%, hydromodulus – 1, the duration of the process during dehydration of root vegetables – 2 hours, fruits of wild plants – 1 hour, the shape and size of raw vegetable cubes 5×5×5 mm).

The design of an apparatus for carrying out osmotic dehydration has been developed. The device is equipped with two stirrers: an anchor one for effective mixing

of the mixture of osmotic solution and plant raw materials and a magnetic one with a heating surface that ensures uniform heating of the mixture.

The proposed design of the apparatus for osmotic dehydration has a number of advantages. The magnetic anchor, immersed in the solution, is coated with Teflon. This coating prevents any chemical reactions with the stirred mixture. This coating ensures that the stirrer remains inert and does not contaminate the solution. Compared to other bulky devices, the magnetic stirrer is easy to clean and sterilize, and can be easily removed from the liquid.

The operating principle of a magnetic stirrer is based on the fundamental properties of magnetic fields, including attraction between opposite charges and repulsion between like charges. Using these principles, a magnetic stirrer makes stirring and mixing solutions easier.

Due to the heating system and simultaneous mixing, equipped with a magnetic stirrer, the set temperature is maintained, the mixture of solution and plant raw materials corresponds to the established technological regime.

Since the magnetic stirrer is located under the sieve, stagnant zones characteristic of screw devices are not formed. The dehydrated plant material is located inside the sieve and is evenly mixed with the osmotic solution using a frame mixer. In addition, the sieve ensures the separation of the osmotic solution from the partially dehydrated raw material after osmotic dehydration.

The material and energy balance of dehydration processes was calculated. The amount of moisture that is removed from plant materials during freezing, defrosting, osmotic dehydration and drying has been established. It has been proven that the use of osmotic dehydration can reduce the drying time and energy consumption for dehydration. When using osmotic dehydration for dehydration of root vegetables, the total energy consumption is reduced by 1,12 kW. When dehydrating the fruits of wild plants – by 5,75 kW.

The feasibility of processing and using vegetable processing derivatives is substantiated. The microstructure and mineral composition of powders made from root vegetables were analyzed. It has been established that vegetable powders contain

dietary fiber. The most fiber was found in carrot powders ($2,9 \pm 0,05\%$), the least in parsnip powders ($2,6 \pm 0,05\%$). It has been shown that the structure of powders made from skins is more distinct and practically does not change under the influence of temperature, since they consist predominantly of conductive tissue.

This suggests that they have greater moisture-binding capacity. A system of tubules formed by conductive tissue creates a contact surface between the powder and liquid phases. Vegetable powders contain micro- and macroelements K, Ca, Mg, P, Fe, oligoelements S, N. A study of the quality indicators of derivatives from the processing of root vegetables showed that the powders are made from the main part of root vegetables and their skins can be used for the production of many food products (as structure stabilizers, emulsifiers, moisture holders and thickeners).

The analysis showed that the skins of root vegetables are not inferior in chemical composition and biological value to the main part of the root vegetable. Therefore, it is advisable to process them into powders and use them as functional food additives rich in macro- and microelements.

A method for complex processing and use of derivatives of processing the fruits of wild plants is proposed, which involves the production of powders and fortified syrups. Their biological value has been proven. Due to osmotic dehydration, the sugar content in powders from the fruits of wild plants increases. The largest mass fraction of reducing sugars is found in elderberry powders (50%), the smallest in sea buckthorn powder (29,9%). Research has shown that these powders also contain high amounts of dietary fiber. The highest content of “crude” fiber is found in powders from derivatives of elderberry processing ($18,2 \pm 0,05$), the lowest – in powders from derivatives of rowan processing ($6,7 \pm 0,05$).

The proposed method for processing the fruits of wild plants using osmotic dehydration makes it possible to preserve the vitamin C content in their processed products. It has been established that vitamin C is retained most of all during osmotic dehydration and drying in viburnum powders; the least of it remains in rowan powders. The largest amount of vitamin C passes from elderberry into the osmotic solution. Least of all – from sea buckthorn. The total amount of vitamin C in fruit processing

derivatives is, mg/100g: sea buckthorn – 4,16; viburnum – 9,5; mountain ash – 2,15; elderberry – 5,35. This indicates that the best raw materials for enriching foods with vitamin C are viburnum and elderberry.

In powders and osmotic solutions obtained as a result of osmotic dehydration, 18 amino acids were found, 7 of which are essential. This indicates that these processed derivatives can be used to fortify food products.

The optimal parameters of the process of processing plant raw materials have been established and a mathematical model has been developed. The dependence of the optimal concentration and energy consumption on the equivalent particle size was obtained. The particle size of the raw material has been determined, at which the total energy consumption approaches a minimum. The process of osmotic dehydration was simulated and an equation in similarity numbers was obtained. The resulting model describes the obtained experimental data with high accuracy.

Innovative methods have been developed for the production of food products using derivatives from the processing of plant raw materials: fortified milk, candied fruits from root vegetables, natural jelly marmalade from root vegetables, jelly sweets from carrots, pasta and bread fortified from floral raw materials. Technological and hardware-technological schemes for the production of food products, technological instructions and technical conditions for the production of some food products have been developed.

It has been proven that the addition of powders from the fruits of wild plants to pasta has a positive effect on their organoleptic properties, and also increases their biological value due to the enrichment of amino acids, vitamins and dietary fiber.

Considering the fact that the highest concentration of the total amount of amino acids in rowan powders was glutamic acid (1,57 g/100 g), which is a natural preservative of the worked out recipe for bread made from wheat and rye flour in the sponge and straight method. It has been shown that adding 10% powder from processed derivatives of *Sorbus aucuparia* to bread made from wheat flour can at least double its shelf life. It has been established that the addition of rowan powder can increase the shelf life to 15 days.

Derivatives from the processing of root vegetables and fruits of wild plants (especially table beets and elderberries), obtained by using osmotic dehydration, can be used as natural dyes. The natural dye betalain, found in red beets (*Beta vulgaris*), has two groups of pigments: betacyanins (red-purple) and betaxanthin (yellow). Together these pigments produce a range of shades of red. Betacyanin, found primarily in red beet roots, is known as betanin. Anthocyanin dyes are found in elderberry fruits, which have a high content of bioflavonoids. Due to this, elderberry and its processed products have an effect on radioprotective, antioxidant, and anti-inflammatory properties. The use of these dyes has been tested in the production of yoghurts and sugar.

Recommendations for the practical use of the research results have been developed. Rational models for processing root vegetables and fruits of wild plants (viburnum, elderberry, sea buckthorn, rowan) are proposed.

Building such a production model will make it possible to create socially useful products using innovative processes, which will ensure sustainable development not only of the manufacturing enterprise, but also of society as a whole. Typically, vegetable processing is seasonal. The proposed technology involves permanent production, which will increase the number of jobs and, accordingly, the number of employed people.

The proposed technology for processing vegetables is completely waste-free, which reduces the impact on the environment, since there is no need for processing or disposal of waste. The use of solar and wind energy helps to increase the share of inexhaustible energy sources to cover the energy needs of the state.

The economic feasibility of this method is explained by an increase in labor productivity and the efficient use of production resources, which improves the effectiveness of their work in forming a positive image and reputation of a socially and naturally responsible structure. In addition, there is an additional opportunity to attract investment.

The feasibility of processing the fruits of wild plants in a sugar factory is substantiated. Since sugar production is seasonal, it is advisable to organize the

processing of wild plant fruits and the production of fortified sugar in the spring and summer. The ripening season for the fruits of wild plants is autumn. But according to the proposed technology, they are supposed to be pre-frozen. When frozen, the berries can be stored for several months until the sugar beets are processed.

The introduction of this technology into production will ensure the work of a certain number of workers throughout the year. The osmotic dehydration apparatus occupies a small production area and can be installed in the crystallization department. Mixing sugar with an osmotic solution can be carried out in existing clearing mixers. If enriched granulated sugar is produced, drying can be done in existing convection dryers. If it is pressed, it becomes necessary to install additional equipment - rotary presses and tunnel dryers.

It is recommended to use 10% osmotic solution to the mass of crystalline sugar. To determine the need for berry raw materials, you need to know the desired amount of fortified sugar. At the same time, create a supply of berries (5% of this amount), since during dehydration, the recommended ratio of sugar syrup and berries is 1:1.

The economic efficiency of processing the fruits of wild plants in the conditions of a sugar factory has been studied. A break-even point has been established for fortified sugar and wild fruit powder production. The index of profitability of production and the payback period for the introduction of the proposed method are calculated. The break-even point is within 54-57 percent of the nominal production volume, which confirms the reliability of the project implementation into production.

Keywords: food industry, osmotic dehydration, semi-permeable membrane, drying, freezing, heat transfer, mass transfer, mixing, phase, osmotic medium, solution concentration, wild fruit and berry raw materials, root vegetables, production waste, derivatives, derived products, waste-free technologies process optimization, organoleptic indicators, structural and mechanical properties, vegetable powders, fortified sugar, sugar solution, sugar production.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Монографії

1. **Самілик М. М.** Теоретичні та практичні передумови вибору осмотичної дегідратації для переробки рослинної сировини: монографія / М. М. Самілик; Сумськ. нац. аграр. ун-т. Одеса: Астропринт, 2023. 100 с. ISBN 978–966–927–894–4.
2. **Samilyk M. M.** Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business (Powders from derivatives of wild plant fruit processing): Scientific monograph / Samilyk M. M. Demydova Ye. V. – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. 724 p. ISBN 978-9934-26-328-6. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-328-6-21>.

Статті у закордонних та у фахових українських виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах

3. **Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., Nazarenko Y.** Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2, No 11(104). P. 46–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527>. (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CAplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).
4. **Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Potapov V., Sabadash S.** The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, No 11 (105). P. 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664>. (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index

Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CАplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).

5. **Samilyk M.**, Lukash S., Bolgova N., Helikh A., Maslak N., Maslak O. Advances in Food Processing based on Sustainable Bioeconomy. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol.11, No 5. P. 1105-1113. [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5\(45\).08](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5(45).08). (Журнал «*Journal of Environmental Management and Tourism*» індексується в **Scopus**, ProQuest, EBSCO, RePEC, CABELL'S Directorys, CEEOL).
6. Xuanxuan Qin, **Samilyk M.**, Luo Y., Sokolenko V. (2021). Influence of sesame flour on physicochemical properties of sour milk drinks. *Eastern-european Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 3, No 11(111),. P. 6–16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.234752>. (Журнал «*EEJET*» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CАplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).
7. **Samilyk M.**, Bolgova N., Tsyrylyk R., Ryzhkova T. Prospects for processing and use of root vegetable waste in food production. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, No 4. P. 60–68. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2253>. (Журнал «*Food Science and Technology*» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в ESCI, **Core Collection Web of Science (WoS)**, Food Science and Technology Abstracts, WorldCat, Google Scholar, AGRIS, CrossRef та ін.).
8. **Samilyk M.**, Demidova E., Bolgova N., Savenko O., Cherniavska T. Development of bread technology with high biological value and increased shelf life. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No 11 (116). P. 52–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255605>. (Журнал «*EEJET*» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index

Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CАplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).

9. **Samilyk M.**, Korniienko D., Bolgova N., Sokolenko V., Boqomol N. Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 3, No 11 (117). P. 39–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>. (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CАplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).
10. **Marina M. Samilyk**, Evgenia V. Demidova, Natalia V. Bolgova. Waste-free technology of processing wild plant raw materials. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30, No 3. P. 394–403. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i3.256924>. (Журнал «Journal of Chemistry and Technologies» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, **Web of Science**, Index Copernicus International, Chemical Abstract Service, BASE, OCLC WorldCat, CrossRef, CiteFactor, Open Academic Journals Index, Worldwide Scientific and Educational Library та ін.).
11. **Samilyk M.**, Tsyrylyk R., Bolgova N., Vechorka V., Ryzhkova T., Severin R., Lysenko H., Heida I. Devising a technique for improving the biological value of A2 milk by adding carrot powder. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 44–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266924>. (Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в **Scopus**, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CАplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.).

12. Qin X., **Samilyk M.**, Luo Y. (2023). Optimization of technical and technological indicators of kefir added with defatted sesame flour and rice bran. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 1 No 11 (121). P. 15–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272029>. (*Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в Scopus, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CAplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.*).
13. **Samilyk M.**, Demidova E., Nazarenko Y., Tymoshenko A., Ryzhkova T., Severin R., Hnoievyyi I., Yatsenko I. (2023). Formation of the quality and shelf life of bread through the additive of powder from rowanberry. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (11 (123)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.278799>. (*Журнал «EEJET» входить до затвердженого МОН переліку наукових фахових видань України з технічних наук категорії «А», індексується в Scopus, CrossRef, Index Copernicus International, Journals Master List, Applied Science & Technology Source, CAplus, Computers & Applied Sciences Complete, Google Scholar, DOAJ та ін.*).
14. Qin X., **Samilyk M.**, Luo Y. (2022). The Influence of the Introduction of Fibre-rich Bran on the Quality of Kefir. International Journal of Ecological Economics and Statistics, 43(3), 61-77. ISSN 0973-1385 (Print), ISSN 0973-7537 (Online). (*Журнал «International Journal of Ecological Economics and Statistics» індексується в Web of Science, IndexCopernicus, International Statistical Institute (ISI, Netherlands) Journal Index, Academic keys, Ulrich's Periodicals Directory, Indian Science Abstracts, Newjour, JournalSeek; Getcited, Zentralblatt MATH, Mathface Index.*).

Теза доповіді та матеріали конференції, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science

15. Maryna M. Samilyk., Anna O. Gelih, Oksana V. Kalinkevich, Natalia V. Bolgova, Igor V. Shelest, Yana V. Trofimenko, Yevgen Zinchenko, Vadim Chivanov,

Aleksei Kalinkevich. Radiomodifying Effect of X-Ray Radiation on Microflora of Yogurts with Ultradisperse Powders of *Beta vulgaris*. 2020 IEEE 10th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP). Sumy, Ukraine, 9–13 Nov. 2020. pp. 02IT05-1-02IT05-5, doi: 10.1109/NAP51477.2020.9309550. (індексується в *Scopus, Web of Science*).

Статті у закордонних фахових виданнях

16. **Samilyk M.**, Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 3. P.38–45. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001210. (Журнал «*EUREKA: Life Sciences*» індексується в *Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.*).
17. **Samilyk M.**, Demidova E., Bolgova N., Kapitonenko A., Cherniavska T. Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products. «*EUREKA: Life Sciences*». 2022. Vol. 2. P.28–35. DOI: 10.21303/2504-5695.2022.002410. (Журнал «*EUREKA: Life Sciences*» індексується в *Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.*).
18. **Samilyk M.** Scientific substantiation of the use of plant processing derivatives for enrichment of ferrous milk drinks. *EUREKA: Life Sciences*. 2022. Vol. 5. P. 58–64. doi:<https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002659>. (Журнал «*EUREKA: Life Sciences*» індексується в *Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.*).
19. **Samilyk M.**, Korniienko D., Demidova E., Tymoshenko A., Bolgova N., Yeskova O. Substantiation of the efficiency of the method for processing viburnum by the method of osmotic dehydration. *EUREKA: Life Sciences*. 2022. Vol. 6. P. 60–68. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002693>. (Журнал «*EUREKA: Life Sciences*» індексується в *Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.*).
20. **Samilyk M.**, Paska M. (2023). Sugar in the hospitality industry. *EUREKA: Life Sciences*. Vol. 3. P. 44–50. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.002971>.

(Журнал «EUREKA: Life Sciences» індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, WorldCat, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Neliti та ін.).

Статті у фахових виданнях України

21. **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. Вип. 30(69), №3. С. 97–102. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/18>. (Журнал «Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету м.. В.І. Вернадського»» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в Index Copernicus International).
22. **Samilyk M.,** Qin X., Luo Y. The influence of the introduction of rice bran on fermented milk drink. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies.* 2021. Vol. 23. No 96. P. 39–45. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9608>. (Журнал «Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, DOAJ, BASE, Scientific Electronic Library Cyberleninka, National Scientific Agricultural Library та ін.).
23. **Самілик М.,** Болгова Н., Топоркова Ю. (2021). Розробка технології желейних цукеркових мас із продуктів переробки моркви. *Продовольчі ресурси.* 2021. Вип. 9, №17. С. 137–144. <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-17-14>. (Журнал «Продовольчі ресурси» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б»).
24. **Самілик М.М.** Болгова Н. В., Перцевий Ф. В., Биков О. П. (2021). Розширення асортименту натурального желейного мармеладу із вторинної сировини. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки.* № 25. С. 98–105. DOI:

- <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-13>. (*Вісник ЛТЕУ. Технічні науки* внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Ulrich's Periodicals, Index Copernicus, Google Scholar, World Cat*).
25. **Самілик М. М.,** Цирулик Р. В. Використання морквяних порошоків для збагачення молока мінеральними елементами. *Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»*. 2022. Вип. 1. С. 23–29. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2021-1-4>. (*Журнал «Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»»* внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*).
26. **Самілик М. М.** Розроблення безвідходної технології одержання натуральних барвників із рослинної сировини. *Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»*. 2022. Вип. 1. С. 49–54. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-8>. (*Журнал «Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»»* внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*).
27. **Самілик М. М.** Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації як способу обробки коренеплідних овочів. *Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2022. Вип. 4, №46. С. 55–59. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.4.8>. (*Журнал «Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів»* внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International, Google Scholar, ResearchBib, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського*).
28. **Самілик М. М.** Вплив осмотичної дегідратації на амінокислотний склад *Sorbus aucuparia*. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. Вип. 3. С. 168–174. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.19>. (*Журнал «ТНУ. Серія: Технічні науки»* внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *CrossRef*).

29. **Самілик М. М.**, Сюаньсюань Цзінь, Болгова Н. В. Розширення асортименту кисломолочних напоїв з підвищеною біологічною цінністю. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, №1. С. 141–151. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-14. (Журнал «Науковий вісник ТДАТУ» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в Google Scholar, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського).
30. **Самілик М.**, Корнієнко Д. Розроблення технології одержання збагаченого цукру. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології*. 2022. Вип. 24, №98. С. 25–29. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9805>. (Журнал «НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, DOAJ, BASE, Scientific Electronic Library Cyberleninka, National Scientific Agricultural Library та ін.).
31. **Самілик М. М.** Технологічне та апаратурне забезпечення осмотичної дегідратації ягід бузини. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Вип. 28, №5. С. 46–53. DOI: 10.24263/2225-2924-2022-28-5-7. (Журнал «Наукові праці НУХТ» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в Index Copernicus International, Google Scholar, EBSCO).
32. **Самілик М. М.**, Демидова Є. В. Використання похідних продуктів переробки обліпіхи у виробництві здобних булочок. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. Вип. 4. С. 94–101. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.4.12>. (Журнал «ТНУ. Серія: Технічні науки» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в CrossRef).
33. **Самілик М.**, Демидова Є. Використання нетрадиційної сировини у технології виробництва йогурту. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2022. Вип. 5, №2. С. 281–291. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.5.2.2022.270113>. (Науковий журнал «Ресторанний і готельний

консалтинг. Інновації» є науковим рецензованим виданням відкритого доступу).

34. Рижкова Т. М., **Самілик М. М.**, Болгова Н. В., Губа С. О., Соколенко В. В. Удосконалення технології сиркових мас із використанням порошку калини. *Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2023. Вип. 3, №49. С. 69–74. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.3.10>. (Журнал «Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*, *Google Scholar*, *ResearchBib*, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського).
35. **Самілик М. М.**, Шешеня І. О. Розроблення раціонального способу переробки плодів обліпихи. *Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2023. Вип. 4, №50. С. 98–102. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.4.15>. (Журнал «Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*, *Google Scholar*, *ResearchBib*, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського).
36. **Самілик М. М.**, Цирулик Р. В., Вороненко Н. І. Застосування морквяних порошоків для збагачення молочних продуктів. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип.13, №.2. С. 28. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2-28. (Журнал «Науковий вісник ТДАТУ» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Google Scholar*, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського).
37. **Самілик М. М.**, Каруна К.В. Дослідження показників якості десертного хліба з овочевими цукатами *Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»*. 2023. Вип. 1. С. 5–9. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2023-1-1>. (Журнал «Науковий вісник ПУЕТ. Серія «Технічні науки»» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*).

38. **Самілик М. М.**, Назаренко Ю. В., Синенко Т. П., Кіліпута А. В., Мазний Ю. О. Розроблення сухих сніданків на основі похідних переробки моркви. *Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2023. Вип. 2, № 52. С. 65–70. <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.10>. (Журнал «Вісник СНАУ. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів» внесений до затвердженого МОН переліку фахових видань України категорії «Б», індексується в *Index Copernicus International*, *Google Scholar*, *ResearchBib*, Національна бібліотека України ім. В. Вернадського).

Патенти

39. Йогурт із буряковими цукатами: пат. 142689 Україна. №u201911514. заявл. 28.11.2019; опубл. 25.06.2020, бюл. № 12/2020.
40. Спосіб виготовлення цукатів із коренеплодів: пат. 125733 Україна. №a202002540. заявл. 23.04.2020; опубл. 25.05.2022, Бюл. №21. 4 с.
41. Спосіб виготовлення маси сиркової солодкої: пат. 125734 Україна №a202002541. заявл. 23.04.2020; опубл. 25.05.2022, бюл. №21. 3 с.

Тези доповідей та матеріали конференцій

42. **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, The Czech Republic, 27–28 Des. 2019. P. 90–92.
43. **Самілик М. М.**, Цирулик Р.В. Створення функціональних кисломолочних продуктів. *International scientific and practical conference «Technical sciences: histori, the present time, the future, EU experience»*. Wloclawek, Republic of Poland, 27-28 Sep. 2019. P.118-121.
44. **Самілик М. М.**, Цьомка Н. В. Залежність екологічної безпеки регіону від ефективного використання природних ресурсів. *The 5th International scientific and practical conference Eurasian scientific congress*. Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, 17–19 May. 2020. P. 30–32. ISBN 978-84-15927-31-0.

45. Риндич Р. В., **Самілик М. М.** Використання порошку пастернаку у виробництві збалансованих кисломолочних напоїв. *Priority directions of science and technology development. Abstracts of the 3rd International scientific and practical conference*. Kyiv, Ukraine, 22–24 Nov. 2020. P. 373–376.
46. **Самілик М. М.**, Цьомка Н. В. Безвідходні технології, як спосіб управління промисловими відходами. *Збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму*. м. Запоріжжя, 15–17 Жовт. 2020. С.478–481.
47. Демидова Є. В., **Самілик М. М.** Технологія порошкових харчових добавок на основі похідних переробки дикорослих ягід. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв»* : мат. всеукр. наук.-практ. конф. «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв». м. Полтава, 21 груд. 2021. С. 79–83.
48. Теленкова Д. А., **Самілик М. М.** Застосування осмотичної дегідратації для зневоднення дикорослих ягід. *Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв»* : мат. всеукр. наук.-практ. конф. «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв». м. Полтава, 21 груд. 2021. С. 66–70.
49. Теленкова Д. А., **Самілик М. М.** Технологія переробки похідних від рослин продуктів на цукор з підвищеною біологічною цінністю. *І Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»* : мат. І всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науковотехнічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». м. Запоріжжя, 19–21 жовт. 2021. С.503–504.
50. Маландій Є. В., **Самілик М. М.** Доцільність використання похідних переробки рослин у харчовій промисловості. *І Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих*

вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» : мат. І всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науковотехнічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя, 19–21 жовт. 2021. С.484–485.

51. Демидова Є. В., **Самілик М. М.** Йогурти із похідних переробки бузини. *II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні»* : мат. II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Інформаційні та інноваційні технології у готельноресторанному бізнесі, туризмі та дизайні». м. Дніпро, 1–2 груд. 2021 року. С. 35–36.
52. Теленкова Д. А., **Самілик М. М.** Спосіб збагачення цукру плодами обліпихи. *II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні»* : мат. II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Інформаційні та інноваційні технології у готельноресторанному бізнесі, туризмі та дизайні». м. Дніпро, 1–2 груд. 2021 року. С.39–40.
53. Цирулик Р. В., **Самілик М. М.** Розробка каротиновмісної харчової добавки на основі морквяних порошків. *II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні»* : мат. II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Інформаційні та інноваційні технології у готельноресторанному бізнесі, туризмі та дизайні». м. Дніпро, 1–2 груд. 2021 року. С. 41–42.
54. Демидова Є. В., **Самілик М. М.** Використання похідних переробки ягід бузини у виробництві кисломолочних продуктів. *Міжнародна наукова інтернет-конференція Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 70)* : матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22–23 вер. 2022. С. 149–151. ISSN 2522-932X.

55. Цирулик Р. В., **Самілик М. М.** Важливість комплексної переробки рослинної сировини регіонального значення. *II Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»* : мат. II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 18–20 жовт. 2022 С. 421–423.
56. Qin Xuanxuan, **Samilyk M.**, Luo Yanghe. The influence of dietary fiber in defatted sesame flour on kefir. *The 15th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”*. Vancouver, Canada, 12-14 Oct. 2022. P. 21-28.
57. Qin Xuanxuan, **Samilyk M.**, Luo Yanghe. The influence of dietary fiber in rice bran on kefir. *The 1st International scientific and practical conference “Science and technology: problems, prospects and innovations”*. Osaka, Japan, 19-21 Oct. 2022) P. 19-27.
58. Демидова Є. В., **Самілик М. М.** Технологія переробки ягід обліпихи. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції* : програма та тези матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції, м. Київ: НУХТ, 8 лист. 2022. С.149-153.
59. Демидова Є. В., Тимошенко А. Ю., **Самілик М. М.** Оцінка якості хліба із додаванням горобинового порошку. *Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів* : матеріали X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Полтава: ПУЕТ, 24 березня 2023 року. С.149-151.
60. Демидова Є. В., **Самілик М. М.** Вплив порошків із ягід бузини на органолептичні властивості макаронних виробів. *Інновації, гостинність, туризм: наука, освіта, практика* : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, м. Львів: ЛДУФК ім. І. Боберського, 18 травня 2023 року. С. 276-277.

ЗМІСТ

	С.
СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	34
ВСТУП	35
РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА СПОСОБІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ	44
1.1. Тенденції у секторі харчової та переробної промисловості	44
1.2. Важливість комплексної переробки рослинної сировини для системи харчування	46
1.3. Побічні продукти переробки рослинної сировини та напрями їх застосування	51
1.4. Рослинна сировина придатна до безвідходної переробки	58
1.4.1. Коренеплідні овочі	58
1.4.2. Плоди дикорослих рослин	62
1.5. Найбільш поширені промислові способи переробки рослинної сировини	71
1.5.1. Заморожування	71
1.5.2. Сушіння	75
Висновки до розділу 1	83
РОЗДІЛ ІІ. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	84
2.1. Об'єкт, предмети та матеріали дослідження	84
2.2. Методика дослідження овочевих порошків	95
2.2.1. Дослідження масової частки вологи	95
2.2.2. Дослідження мікроструктури	95
2.2.3. Дослідження мінерального складу	96
2.2.4. Дослідження функціональної дії морквяних порошків на харчові продукти	96
2.2.4.1. Підготовка дослідних зразків збагаченого молока	96
2.2.4.2. Визначення вмісту каротиноїдів у молоці збагаченому морквяним порошком	97
2.2.4.3. Визначення амінокислотного складу молока збагаченого морквяними порошками	99
2.2.5. Дослідження йогуртів збагачених буряковими порошками	99
2.2.6. Дослідження йогуртів збагачених буряковими цукатами	101
2.3. Дослідження процесу осмотичної дегідратації	103
2.3.1. Розроблення лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень	103
2.3.2. Методика визначення оптимальних розмірів частинок коренеплідних овочів для проведення осмотичної дегідратації	105
2.3.3. Дослідження масової частки цукрів у похідних продуктах після осмотичної дегідратації	105
2.4. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення овочів	106

2.5. Методика дослідження похідних переробки плодів дикорослих рослин	107
2.5.1. Методика визначення раціонального режиму осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин	107
2.5.2. Методика проведення мікробіологічного аналізу порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин	108
2.5.3. Методика визначення показників безпечності порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин	109
2.5.4. Дослідження амінокислотного складу похідних переробки плодів дикорослих рослин	110
2.5.5. Дослідження вмісту вітаміну С похідних переробки плодів дикорослих рослин	111
2.5.6. Дослідження вмісту вітаміну Е у порошках із плодів обліпихи	111
2.5.7. Методика дослідження вмісту харчових волокон у похідних переробки плодів дикорослих рослин	112
2.6. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення похідних переробки плодів дикорослих рослин	113
2.7. Дослідження кінетики процесу сушіння порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин	114
2.8. Методика моделювання та оптимізація процесу осмотичної дегідратації	115
2.9. Методика статистичного аналізу	115
РОЗДІЛ III. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ ПРОВЕДЕННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	116
3.1. Теоретичні основи процесу осмотичної дегідратації	116
3.2. Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації	122
3.3. Вплив розмірів частинок овочевої сировини на характер зневоднення	127
3.4. Раціональний режим осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин	129
3.5. Вплив осмотичної дегідратації на тривалість процесу зневоднення плодів дикорослих рослин	131
3.6. Конструкція апарату для осмотичної дегідратації	133
3.7. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення	136
3.8. Розрахунок витрат енергії на процес зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин	138
Висновки до розділу 3	142
РОЗДІЛ IV. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ВІД РОСЛИН ПРОДУКТІВ	144
4.1. Обґрунтування доцільності переробки і використання похідних переробки овочів	144

4.1.1. Показники якості похідних переробки овочів без застосування осмотичної дегідратації	144
4.1.1.1. Результати дослідження масової частки вологи у овочевих порошках	144
4.1.1.2. Результати аналізу мікроструктури овочевих порошків	145
4.1.1.3. Результати дослідження вмісту клітковини у овочевих порошках	147
4.1.1.4. Результати дослідження масового вмісту мікроелементів у овочевих порошках	149
4.1.2. Показники якості похідних переробки овочів із застосуванням осмотичної дегідратації	155
4.1.2.1. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості овочевих цукатів	155
4.1.2.2. Результати дослідження вмісту клітковини у овочевих цукатах	159
4.2. Результати дослідження молока збагаченого морквяним порошком	160
4.2.1. Результати дослідження амінокислотного спектру молока	160
4.2.2. Результати дослідження вмісту каротиноїдів у збагаченому молоці	162
4.3. Результати дослідження йогуртів збагачених буряковими порошками та цукатами	163
4.3.1. Аналіз залежності кислотності продукту від властивостей наповнювачів	163
4.3.2. Дослідження вологоутримуючої здатності йогуртів	166
4.3.3. Дослідження впливу структурно-механічних властивостей наповнювачів на консистенцію йогуртів	167
4.4. Обґрунтування доцільності переробки і використання похідних переробки плодів дикорослих рослин	168
4.4.1. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості порошків із плодів дикорослих рослин	168
4.4.2. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості сиропів із плодів дикорослих рослин	171
4.4.3. Результати аналізу мікроструктури порошків із плодів дикорослих рослин	173
4.4.4. Результати дослідження вмісту клітковини у порошках із плодів дикорослих рослин	175
4.4.5. Результати дослідження масового вмісту мікроелементів у порошках із похідних переробки плодів дикорослих рослин	176
4.4.6. Результати мікробіологічного аналізу порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин	179
4.4.7. Результати дослідження безпечності порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин	182
4.4.8. Результати дослідження вмісту вітаміну С у похідних переробки плодів дикорослих рослин	182

4.4.9. Вплив осмотичної дегідратації на амінокислотний склад похідних переробки плодів дикорослих рослин	185
Висновки до розділу 4	194
РОЗДІЛ V. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ	197
5.1. Загальні положення	197
5.2. Апроксимація даних (отримання функцій по властивостям продуктів)	200
5.3. Оптимізація процесу	201
5.4. Моделювання процесу осмотичної дегідратації	207
5.5. Узагальнення експериментальних даних	211
Висновки до розділу 5	214
РОЗДІЛ VI. ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОХІДНИХ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	215
6.1. Способи виробництва харчових продуктів із використанням похідних переробки овочів	215
6.1.1. Спосіб виробництва збагаченого молока	215
6.1.2. Спосіб виробництва цукатів із коренеплідних овочів	221
6.1.3. Спосіб виробництва натурального желейного мармеладу із коренеплідних овочів	227
6.1.4. Спосіб виробництва желейних цукерок із моркви	231
6.2. Способи виробництва харчових продуктів із використанням похідних переробки плодів дикорослих рослин	238
6.2.1. Спосіб комплексної переробки дикорослих ягід	238
6.2.2. Спосіб виробництва макаронних виробів збагачених порошками із плодів дикорослих рослин	241
6.2.3. Спосіб виробництва хліба збагаченого порошками із плодів дикорослих рослин	243
6.2.4. Спосіб виробництва натуральних харчових барвників	252
6.2.5. Спосіб переробки квіткової сировини	257
Висновки до розділу 6	265
РОЗДІЛ VII. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	266
7.1. Побудова ефективної моделі взаємодії виробника сировини та переробного підприємства	266
7.2. Адаптування запропонованої моделі при переробці плодів дикорослих рослин	270
7.3. Спосіб переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу	273
Висновки до розділу 7	279
РОЗДІЛ VIII. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ	281

8.1. Розрахунок капітальних витрат на придбання, транспортування та монтаж устаткування технологічної лінії	281
8.2. Розрахунок калькуляції собівартості продукції	283
8.3. Розрахунок економічної ефективності переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу	286
Висновки до розділу 8	292
ВИСНОВКИ	293
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	296
ДОДАТКИ	341
Додаток А. Акт виробки дослідно-промислової партії макаронних виробів із порошком селери	342
Додаток Б. Акт виробки дослідно-промислової партії йогуртів із буряковими цукатами	343
Додаток В. Акт виробки дослідно-промислової партії сиркової маси з цукатами із селери	344
Додаток Д. Акт виробки дослідно-промислової партії вітамінізованого молока А2	345
Додаток Е. Акт про виготовлення дослідної партії макаронних виробів з підвищеним вмістом харчових волокон	346
Додаток Ж. Акт про виготовлення дослідної партії хліба з подовженим терміном придатності на основі порошку із похідних переробки горобини	347
Додаток З. Акт про виготовлення дослідної партії вітамінізованого пресованого цукру	348
Додаток К. Акт про виготовлення дослідно-промислової партії вітамінізованого пресованого цукру	349
Додаток Л. Технологічна інструкція на виробництво овочевих цукатів	350
Додаток М. Технологічна інструкція на виробництво рослинних порошків із похідних переробки ягід (калини, бузини, обліпихи, горобини)	351
Додаток Н. Технологічна інструкція на виробництво вітамінізованих сиропів	352
Додаток П. Технологічна інструкція з виготовлення хліба з подовженим терміном придатності	353
Додаток Р. Технологічна інструкція на виробництво макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон	354
Додаток С. Технологічна інструкція на виробництво сухих сніданків з підвищеною біологічною цінністю	355
Додаток Т. Технологічна інструкція на виготовлення вітамінізованого пресованого цукру	356
Додаток У. Патент на винахід. Спосіб виготовлення маси сиркової солодкої	357
Додаток Ф. Патент на винахід. Спосіб виготовлення цукатів із коренеплодів	360
Додаток Х. Патент на корисну модель. Йогурт із буряковими цукатами	363

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ППР	Похідні переробки рослин
ПРП	Похідні від рослин продукти
ППДЯ	Похідні переробки дикорослих ягід
ПППДР	Похідні переробки плодів дикорослих рослин
ППЗО	Похідні переробки зернових та олійних
ПП	Побічні продукти
РВ	Рисові висівки
ЗКБ	Знежирене кунжутне борошно
ПДР	Плоди дикорослих рослин
ППО	Похідні переробки овочів
ОП	Овочеві порошки
ОЦ	Овочеві цукати
ППДР	Порошок із плодів дикорослих рослин
ХВ	Харчові волокна
СЗМЗ	Сухий знежирений молочний залишок
ЧЗО	Частково зневоднені овочі
ШКТ	Шлунково-кишковий тракт
МАФАМ	мезофільні аеробні і факультативно-анаеробні мікроорганізми
КУО	Колонієутворюючі одиниці
ВНД	Внутрішня норма дохідності
ЧДД	Чистий дисконтований дохід
ІД	Індекс дохідності
Т	Період окупності проекту
ЧГП	Чистий грошовий потік

ВСТУП

Актуальність теми. Створення ресурсозберігаючих способів переробки рослинної сировини та технологій біологічно повноцінних продуктів із доданою вартістю є одним з актуальних та пріоритетних напрямків сучасної харчової промисловості.

Протягом останніх 50 років у всьому світі спостерігається глобалізація агропромислового комплексу. Впровадження інновацій та стрімкий розвиток промисловості сприяли зміні клімату, деградації природних ресурсів, виснаженню ґрунтів, загостренню соціальної нерівності, втраті біорізноманіття та погіршенню здоров'я, пов'язаного із харчуванням. Незважаючи на постійне зростання числа новинок у сфері харчової політики, спрямованих на вирішення цих проблем за допомогою екологічно стійких інновацій, досі відсутні дослідження, які б пояснювали, як комплексно інтегрувати екотехнології у виробництві харчових продуктів та зменшити кількість ресурсів, а головним чином, які процеси мають бути в основі цих технологій. Важливо, щоб процеси переробки рослинної сировини сприяли збереженню її біологічної цінності. Перспективним шляхом вирішення цього завдання є впровадження нових процесів у типові технології харчових виробництв, а також інтеграція процесів однієї галузі в іншу.

Виробництво продуктів харчування спричиняє утворення щонайменше третини парникових газів у світі, потребує значних витрат води, сировинних та енергетичних ресурсів. Мінімізація відходів під час переробки та стабілізація харчових продуктів дозволить подолати глобальну продовольчу кризу. Ведеться велика інженерна робота по зменшенню споживання енергії на виробництво харчових продуктів. Не меншу роль відіграє оптимізація транспортування сировини та готових продуктів. Оскільки при транспортуванні створюється значний вплив на навколишнє середовище. Для розвитку оптимальної харчової системи необхідні дві передумови: забезпечити здатність до зберігання сировини (для переробки протягом року) та мінімізувати число відходів. Рослинні похідні продукти є багатим джерелом високоцінних сполук, які можуть

використовуватися як природні антиоксиданти, консерванти та добавки в харчовій промисловості.

Сучасні способи переробки рослинної сировини мають певні недоліки, серед з яких можна виділити: неповне використання сировини та утворення великої кількості відходів, обмежений асортимент готових продуктів на основі овочів, майже повна відсутність продуктів із використанням дикорослої сировини.

Дослідження щодо збалансованого сталого управління харчовими відходами та використання альтернативних джерел вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, рослинного білка є актуальним для вітчизняної та світової харчової промисловості, продовольчої безпеки в цілому. Питання застосування інновацій в процесах переробки рослинної сировини та її похідних продуктів є до кінця невирішеним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в межах науково-технічної роботи 0121U111511 «Управління промисловими відходами харчових виробництв» (2021-2024 рр), згідно з стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності «Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища» та 0122U200866 «Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти» (2022-2023 рр.) за науковим напрямом «Раціональне природокористування».

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування доцільності застосування осмотичної дегідратації для переробки рослинної сировини та розроблення інноваційних технологій на основі її похідних продуктів.

У відповідності з поставленою метою були сформульовані такі задачі досліджень:

- провести аналітичні дослідження щодо доцільності повторної переробки та застосування вторинної рослинної сировини;

- обґрунтувати методики, створити експериментальну установку для дослідження впливу процесу осмотичної дегідратації на коренеплідні овочі та плоди дикорослих рослин;
- обґрунтувати доцільність застосування осмотичної дегідратації для переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин:
 встановити оптимальну концентрацію та кількість осмотичного розчину для зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин;
 встановити раціональну температуру та тривалість процесу осмотичної дегідратації коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин;
 визначити оптимальну величину частинок коренеплідних овочів для осмотичної дегідратації;
 дослідити кінетику процесу сушіння плодів дикорослих рослин після осмотичної дегідратації;
 розрахувати матеріальний та енергетичний баланс процесу осмотичної дегідратації коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин;
- визначити біологічну цінність похідних переробки рослинної сировини (коренеплідних овочів, плодів дикорослих рослин);
- розробити математичну модель процесу осмотичної дегідратації;
- провести оптимізацію процесу осмотичної дегідратації;
- розробити способи виробництва харчових продуктів з доданою вартістю із використанням похідних переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин;
- надати рекомендації промисловості щодо практичного використання процесу осмотичної дегідратації при переробці рослинної сировини;
- визначити ефективність витрат на наукові дослідження, розробку і її впровадження в умовах цукрового заводу.

Об’єкт дослідження – процеси заморожування, осмотичної дегідратації, сушіння; способи переробки рослинної сировини; похідні переробки рослинної сировини; технології застосування похідних переробки рослин.

Предмети дослідження: апарат для осмотичної дегідратації; порошки із коренеплідних овочів; цукати із коренеплідних овочів; похідні переробки плодів дикорослих рослин (частково зневоднені плоди, порошки, осмотичні розчини); показники якості похідних переробки коренеплідних овочів, плодів дикорослих рослин та харчових продуктів виготовлених на їх основі.

Методи дослідження – натурні дослідження в промислових та лабораторних умовах, математичне моделювання, обчислювальний експеримент та оброблення результатів досліджень. Накопичення і аналіз інформації щодо об'єкту та предмету досліджень здійснювали емпірично-дослідним методом. Натурні експерименти здійснювалися за допомогою дослідної установки, виготовленої за розробленою нами конструкцією, в умовах пасивного експерименту. Оброблення експериментальних даних та розрахунки виконувались із застосуванням сучасних інтегрованих систем MathCAD 14, програми Microsoft Office Excel, редактора векторної графіки Microsoft Visio.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень у роботі сформульовано та доведено такі наукові положення:

1. Раціональний спосіб переробки та застосування похідних продуктів рослинного походження дозволяє сформулювати науково-практичний напрям застосування промислових органічних відходів та отримати біологічно повноцінні продукти з доданою вартістю.
2. Осмотична дегідратація сприяє збільшенню інтенсивності зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин, зменшенню енергетичних витрат на процес.
3. Застосування способу комплексної обробки плодів дикорослих рослин, який включає заморожування, осмотичну дегідратацію та сушіння сприяє збереженню біологічної цінності та органолептичних властивостей плодів дикорослих рослин.

4. Запропонований спосіб спрямований на максимальну екологізацію виробництва, зменшення числа відходів, а як наслідок – площі полігонів твердих побутових відходів.

В результаті комплексу аналітичних, експериментальних і виробничих досліджень вперше:

- розроблено конструкцію апарату для проведення осмотичної дегідратації, визначено вплив конструктивних та режимних параметрів на кінетику процесу зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин;
- досліджено кінетику процесу сушіння плодів дикорослих рослин із застосуванням попереднього зневоднення шляхом осмотичної дегідратації;
- розраховано матеріальний та енергетичний баланс процесу зневоднення плодів дикорослих рослин за умов використання заморожування, осмотичної дегідратації та сушіння;
- обґрунтовано доцільність комплексної переробки коренеплідних овочів (буряків, моркви, селери, пастернака) та плодів дикорослих рослин (калини, обліпихи, бузини, горобини) без утворення відходів;
- доведено збереження біологічної цінності похідних переробки рослинної сировини при використанні осмотичної дегідратації;
- розроблено математичну модель та оптимальні параметри процесу зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин із застосуванням осмотичної дегідратації;
- на основі запропонованого способу обробки рослинної сировини розроблено ряд інноваційних харчових технологій: хліба з підвищеним терміном придатності, збагаченого молока, збагаченого цукру, макаронних виробів із підвищеним вмістом харчових волокон, натуральних овочевих желейних виробів та цукатів, збагачених сухих сніданків, вермутів та десертного хліба;

- на основі принципу раціонального використання сировини розроблено модель переробки, що забезпечує мінімальний вплив на функціонування екосистеми;
- обґрунтовано економічну ефективність комплексної переробки плодів дикорослих рослин із застосуванням осмотичної дегідратації в умовах цукрового заводу.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблені раціональні режими процесу осмотичної дегідратації можна застосовувати не лише для зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин, які були предметом дослідження.

Нова конструкція апарату для процесу осмотичної дегідратації вирішує задачу впровадження розробленого способу раціональної переробки рослинної сировини у різноманітних технологіях виробництва харчових продуктів. Результати розробки можливо масштабувати на виробництво будь-якої потужності. Розроблену математичну модель та параметри оптимізації можна адаптувати в будь-якій технології, що включатиме осмотичну дегідратацію плодів дикорослих рослин та коренеплідних овочів. Термін окупності впровадження способу в межах 3 сезонів роботи цукрового заводу.

Розроблені технологічні інструкції та технічні умови на виготовлення продуктів із застосуванням запропонованого раціонального способу обробки рослинної сировини, можуть бути використані виробниками харчових продуктів.

Екологічна ефективність розробленого способу полягає у зменшенні навантаження на навколишнє середовище за рахунок: скорочення витрат на вирощування сировини (при переробці плодів дикорослих рослин); зменшення логістичних витрат за рахунок комплексної переробки сировини та виробництва декількох різноманітних харчових продуктів в межах одного підприємства; скорочення енергоносіїв за рахунок інтенсифікації процесу зневоднення рослинної сировини; зменшення числа органічних відходів, оскільки спосіб передбачає безвідходну переробку.

Соціально-економічна ефективність від впровадження розробок у практику полягає в розширенні асортименту харчових продуктів із доданою вартістю на основі нетрадиційної, але доступної сировини, збільшення числа зайнятого населення у сільській місцевості.

Реалізація роботи. Науково-технологічні розробки упроваджено: ФОП «Максименко А.О.» (Юнаківська сироварня), акт від 30.03.2020; ФОП «Марченко Ю.П.» (Сумські макаронні вироби), акт від 16.04.2020; ФОП «Опришко Д.В.» (Сумська крафтова сироварня) акт від 20.07.2022, 29.11.2022; ТОВ «Сумська паляниця», акти від 31.08.2023; ТОВ «Продовольча компанія «Зоря Поділля» (Гайсинський цукровий завод), акт від 29.08.2023, ТОВ «Радехівський цукор» (Збаражський цукровий завод), акт від 10.08.2023.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні актуальності теми, наукової концепції роботи та її теоретичному та експериментальному підтвердженні, аналізі й узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків і пропозицій, у підготовці результатів досліджень до публікацій та складанні заявок на об'єкти інтелектуальної власності, розробці нормативної та технологічної документації, впровадженні науково-технічних розробок у виробництво.

Безпосередньо здійснювала наукове керівництво: аспіранткою Цзін Сюаньсюань в напрямку використання похідних переробки рослинної сировини та їх впливу на показники якості харчових продуктів; аспірантом Цируликом Р.В. в напрямку розробки способу переробки коренеплідних овочів та застосування їх похідних продуктів для збагачення молока; брала участь в постановці досліджень по розробці технологій із використанням похідних переробки плодів дикорослих рослин, які проводили аспіранти Демидова Є.В., Корнієнко Д.А. Надалі представляла з ними спільні доповіді на міжнародних конференціях. Самостійно узагальнила результати цих робіт і запропонувала спосіб переробки сировини в апаратах осмотичної дегідратації.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, було оприлюднено на: Міжнародній науково-практичній

конференції «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience» (Влоцлавек, Польща, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «Science, engineering and technology: global and current trends» (Прага, Чехія, 2019); VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (Київ, Україна, 2019); Міжнародній конференції «Nanomaterials: Applications & Properties» (NAP-2020) (Суми, Україна, 2020); III Міжнародній науково-практичній конференції «Priority directions of science and technology development» (Київ, Україна, 2020); IV Спеціалізованому міжнародному запорізькому екологічному форумі «Еко Форум – 2020» (Запоріжжя, Україна, 2020); V Міжнародній науково-практичній конференції «Eurasian scientific congress» (Барселона, Іспанія, 2020); I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні та ресурсозберігаючі технології харчових виробництв» (Полтава, Україна, 2021); I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, Україна, 2021); II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інформаційні та інноваційні технології у готельно-ресторанному бізнесі, туризмі та дизайні» (Дніпро, Україна, 2021); Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (Тернопіль, Україна – Переворськ, Польща, 2022); II Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, Україна, 2022); XI Міжнародної науково-технічної конференції «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті євроінтеграції» (Київ, Україна, 2022); XV Міжнародній науково-практичній конференції «Innovations and prospects of world science» (Ванкувер, Канада, 2022); I Міжнародній науково-практичній конференції «Science and technology: problems, prospects and innovations» (Осака, Японія, 2022); X Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції

«Актуальні проблеми теорії та практики експертизи товарів» (Полтава, Україна, 2023); III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Інновації, гостинність, туризм: наука, освіта, практика» (Львів, Україна, 2023).

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 60 наукових працях, у тому числі: 2 монографії, 35 статей, серед яких 12 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, 18 у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б», 5 статей у наукових періодичних виданнях іншої держави із напрямку, з якого підготовлено дисертацію; 2 патенти України на винахід та 1 патент України на корисну модель; 20 тез доповідей та матеріалів конференцій, серед яких 1 у виданні, що включене до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 369 найменування, в т.ч. 286 іноземних, та 18 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 365 сторінок, обсяг основного тексту викладено на 295 сторінці, містить 121 рисунки та 29 таблиць.

РОЗДІЛ І. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА СПОСОБІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ

1.1. Тенденції у секторі харчової та переробної промисловості

Виробництво харчових продуктів впливає на довкілля. Цей факт дедалі частіше цікавить споживачів, особливо в країнах, що швидко розвиваються. Головним чином, це стосується показників викидів CO₂ в наслідок виробництва та доставки харчових продуктів. Тому розвиток екоцентрованих технологій у галузі є надзвичайно актуальним питанням.

З метою дотримання екологічної безпеки харчових продуктів заборонено рафінування, мінералізацію та інші процеси, які знижують їх поживні властивості, а також додавання штучних ароматизаторів, барвників тощо.

Екологічно чисті продукти виробляються без використання пестицидів, синтетичних мінеральних добрив, регуляторів росту, штучних харчових добавок та ГМО.

Серед тенденцій у секторі харчової промисловості можна також виділити виробництво органічних та «здорових» продуктів. Темпи зростання мереж, що працюють з такими продуктами складають 5% на рік [1].

Україна має один із найкращих ґрунтів у світі (чорнозем), це робить її вагомим виробником сільськогосподарської продукції. Проте, наразі головними статтями агроекспорту в нашій країні є сировина та похідні від рослин продукти, що мають низьку додану вартість. Експорто привабливими продуктами рослинного походження є: оброблені фрукти та овочі; солодощі з цукром, що не містять какао; залишки переробки (макуха, висівки та інші відходи переробки).

Аналіз конкурентоспроможних експортних продуктів та ринків з високим потенціалом визначив стратегію сектору харчової та переробної промисловості. Стратегічними будуть такі продукти: ягоди (HS 08) та рослини медичного призначення (HS1511).

Проблеми сектору можна представити у вигляді матричної структури (рис.1.1), яку можна застосувати для класифікації за типом продукції у двох вимірах (рівень переробки та тип продукції).

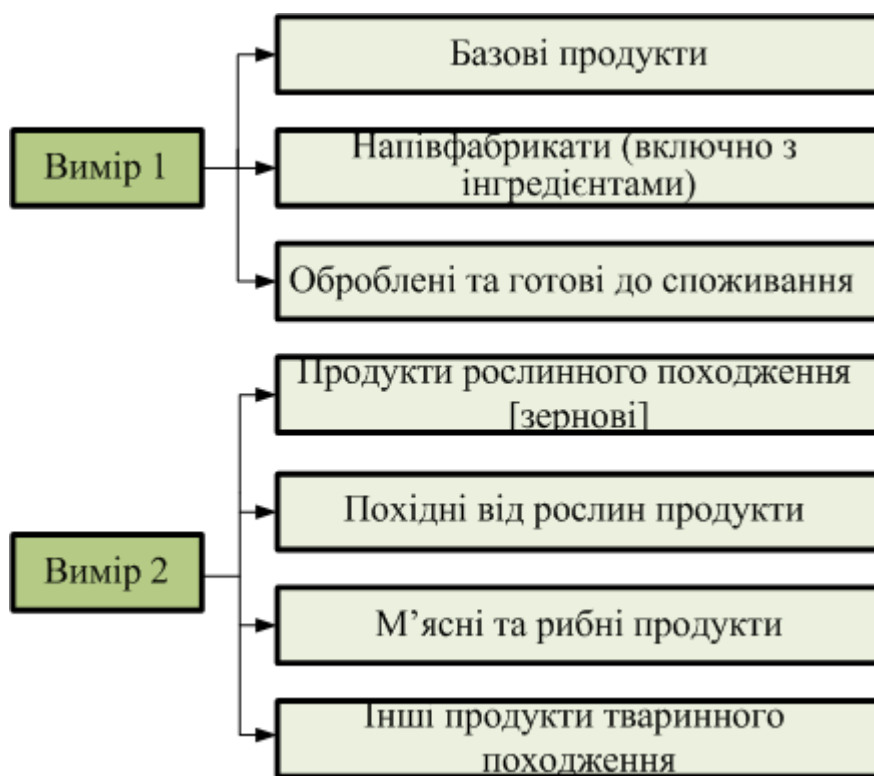


Рис.1.1 – Класифікація відповідних проблемних питань за типом продукції

Для збільшення експортного потенціалу Україна повинна розширювати асортимент якісних харчових продуктів з високою доданою вартістю та аутентичними смаковими властивостями.

Підвищити додану вартість продуктів можливо шляхом збільшення глибини їх переробки. Важливо здійснювати як переробку так і виробництво. Переробка харчової продукції охоплює перші операції базового виробництва. Відмінністю виробництва є забезпечення вторинної переробки або поєднання різних продуктів у рецептурі продукту для кінцевого споживання.

Враховуючи ці аспекти, впровадження інновацій у процесах переробки рослинної сировини та її похідних продуктів є надзвичайно актуальним питанням і завданням для науковців та виробників харчової продукції.

1.2. Важливість комплексної переробки рослинної сировини для системи харчування

Близько третини харчових продуктів із тих, що виробляються, не використовуються до вживання. На їх виробництво витрачається велика кількість сировинних, енергетичних та людських ресурсів. Разом з тим, мільйони людей у світі голодують. Для стабільного забезпечення світу продуктами харчування, потрібно виробляти більше якісної та корисної їжі, але при цьому мінімізувати вплив на екосистему.

Серед стратегічних перспектив світового продовольчого та сільського господарства важливим є перехід до продуктивних і стійких виробничих систем. Пріоритетним є спільне бачення і втілення в дію сталого харчування та сільського господарства. Таке бачення представлене ключовими принципами (рис.1), які врівноважують соціальний, економічний та екологічний виміри сталого розвитку.



Рис.1.2 – Принципи сталого розвитку

Нажаль, ці принципи не в повній мірі інтегровані у харчову промисловість України. Особливо це стосується сільської місцевості. В основному селяни займаються сільським господарством, створюючи сировину для крупних переробних підприємств, виснажуючи природну ресурсну базу. При цьому офіційна зайнятість населення знаходиться на дуже низькому рівні, в селі практично відсутні платники податків. Як наслідок – громади не мають достатніх коштів на розвиток критичної, соціальної та культурної інфраструктури. Створення переробних харчових підприємств у сільській місцевості сприятиме розвитку біоекономіки.

Харчова промисловість безпосередньо пов'язана з сільським господарством. Перевезення сировини до місця переробки не лише здорожує вартість готового продукту за рахунок логістичних витрат, а й призводить до забруднення повітря. Забезпечивши переробку сільськогосподарської продукції у місці її вирощування, можна покращити якість харчових продуктів та зменшити негативний вплив на екосистему.

Завданням біоекономіки є створення передумов для впровадження у виробництво енерго- та ресурсозберігаючих технологій. Кругова біоекономіка здійснюється за рахунок збалансованого сталого управління харчовими відходами. Глобальні ситуації та політики поводження з харчовими відходами всебічно переглядаються. Обговорюються перспективи поводження з харчовими відходами. Все більше увага привертається до побудови кругової біоекономіки та підвищення цінності матеріальних потоків [2].

Більшість переробних підприємств стикається з проблемою неефективного використання сировини та енергетичних ресурсів. Така політика призводить до збільшення числа промислових відходів [3].

Прикладом кругової біоекономіки є застосування безвідходних технологій. Процес створення безвідходної технології є доволі складним та тривалим. Основою безвідходних технологій є комплексна переробка сировини з використанням всіх її компонентів. Такі технології дозволяють в повному обсязі вилучати корисні нутрієнти із сировини, перетворюючи їх у продукти з

функціональними властивостями. Крім того, за умов мало- і безвідходних технологій зменшується негативний вплив на екосистему.

Враховуючи стрімке зростання населення у світі та посилений інтерес споживачів до рослинної їжі, збільшилося споживання овочів, ягід та зернових культур. Згідно з останніми даними світової організації харчування та сільського господарства (FAO), за останні десятиліття світове виробництво фруктів, овочів і злаків досягло надзвичайно високих показників. Попит на продукти харчування продовжуватиме зростати [4].

Галузь переробки рослинної сировини щорічно генерує великий обсяг різноманітних відходів та залишків [5].

Побічні продукти, що виникають при переробці рослинної сировини, в основному складаються з спресованих залишків (макухи), насіння, шкірок, стебел, м'якоті і лушпиння [6]. Рослинні відходи поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо при збиранні врожаю, і вторинні – такі, що генеруються при обробці сировини (врожаю) на підприємствах.

Традиційними способами утилізації рослинних відходів є використанням їх як альтернативне паливо, добриво або додаванням до складу кормів для тварин. Для багатьох підприємств легше і дешевше утилізувати побічні продукти, ніж впроваджувати процеси їх переробки [7].

Одночасно, переробка вторинної рослинної сировини не тільки є економічно вигідним способом, як дешевої (іноді безкоштовної) сировини, а також забезпечує вирішення екологічної проблеми – недопущення потрапляння відходів до навколишнього середовища.

Численні дослідження [8, 9] показують, що рослинні побічні продукти багаті клітковиною, крохмалем, вітамінами, мінеральними речовинами, фенольними сполуками, моносахаридами, головним чином глюкозою, фруктозою, ксилозою тощо, тоді як поживні речовини (білки, жири) знаходяться в невеликих кількостях.

Залишки сировини й матеріалів, які утворилися в процесі виготовлення і не втратили споживчу вартість, можуть використовуватися в якості сировини

або як добавки. Чим більший обсяг виробництва, тим більше утворюється похідних продуктів та відходів [10].

Агровідходи виробляються у великій кількості при промисловій переробці харчових продуктів і побутовому використанні. Ці відходи дуже схильні до мікробного псування і тому становлять серйозну загрозу до навколишнього середовища. Існує багато стратегій щодо напрямів використання відходів для харчових та нехарчових цілей [11].

В процесі переробки рослинної сировини утворюються велика кількість побічних продуктів, які не використовуються у виробничому процесі і класифікуються як відходи виробництва [12].

Овочеві залишки віднесені до «зеленого списку» [13], вони вважаються безпечними і такими, що підлягають переробці [14].

Незважаючи на те, що вторинні матеріальні ресурси містять велику кількість біоактивних компонентів, більшість із них використовується для годівлі тварин, підлягає утилізації шляхом компостування або спалювання. Інновації в галузі спрямовані на те, щоб рослинні побічні продукти використовувати в якості природних антиоксидантів, консервантів та харчових добавок [15].

Харчова промисловість є однією з найбільш багатовідхідних галузей народного господарства. За масштабами утворення відходів вона поступається лише добувним галузям. Причиною утворення відходів є використання недосконалих переробних технологій та відсутність належної логістики [16]. Актуальним завданням для харчової галузі є проблема мінімізації відходів виробництва.

Відходи переробки рослинної сировини є одними із найбільш використовуваних у світі. Харчові відходи сьогодні розглядаються як дешеве джерело цінних компонентів, оскільки існуючі технології дозволяють вилучати цільові сполуки та використовувати їх усередині харчового ланцюга як функціональні добавки в різних продуктах [17].

До відходів виробництва відносяться насіння та кісточки, буряковий жом, соняшникове і бавовняне лушпиння, макуха і шрот, виноградні вичавки, пивна дробина, овочеві та плодові вичавки, шкірочки, фільтраційний осад, висівки і зародки. Такі похідні є вторинними матеріальними ресурсами. Вони є джерелом органічного і мікробного забруднення екосистеми. Відомо, що лише 45% овочів та продуктів їх переробки утилізуються [18].

Накопичення відходів на звалищах не лише погіршує стан навколишнього середовища, а й призводить до дефіциту природних ресурсів із-за нерационального використання сировини [19].

Існують різноманітні способи утилізації органічних відходів [20]. (рис.1.3).

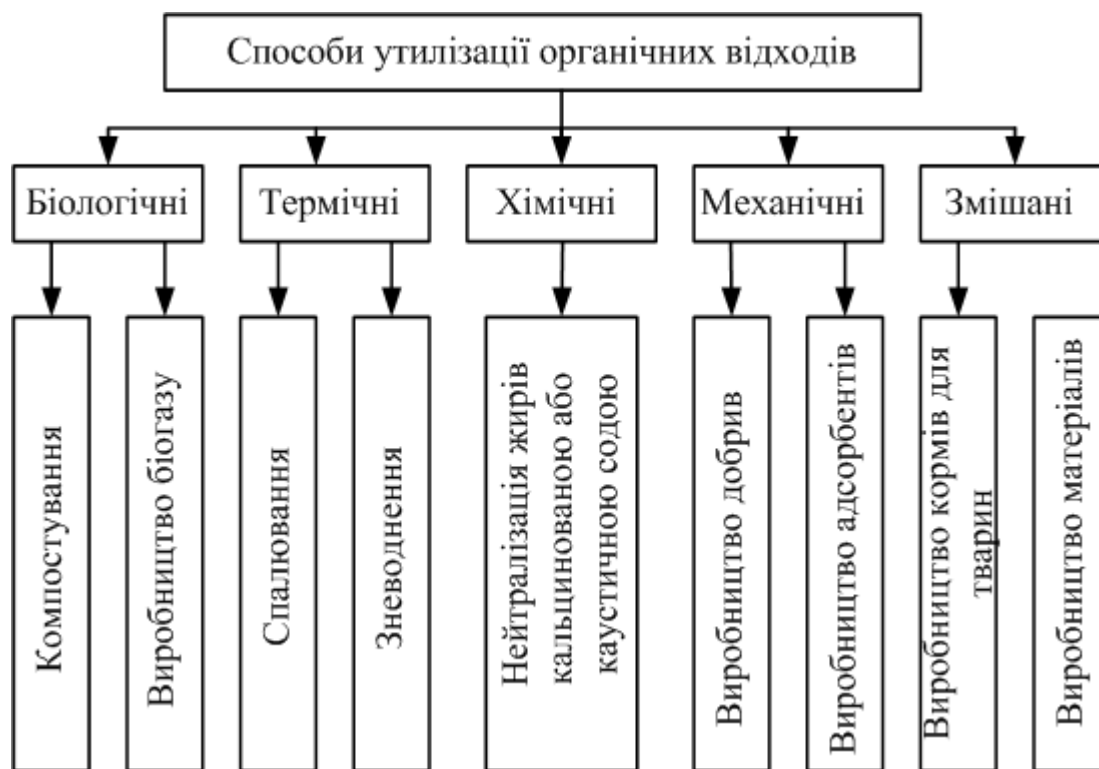


Рис. 1.3 – Способи утилізації органічних відходів

При утилізації відходів термічним способом утворюються значні викиди забруднюючих речовин в атмосферу та стічні води. При їх накопиченні та гнитті спостерігається порушення екологічної рівноваги за рахунок активного розмноження мікроорганізмів.

Біопереробка включає перетворення біомаси з різних джерел в тепло, енергетичні та хімічні сполуки з доданою вартістю. Однак цей процес все ще

вимагає значних витрат з економічної точки зору. Такі змінні, як склад, чистота, стадія ланцюга поставок, транспортування та зберігання – це аспекти, які необхідно вивчати оскільки вони впливають на кінцеву вартість продуктів [21].

Навіть при застосуванні сучасних технологій природні ресурси та потенціал біологічно-активних речовин використовуються не повністю. Відомо, що у матеріальних ресурсах залишається від 30-80 % цінних компонентів. Відходи переробки рослин доцільно розглядати як сировину для виробництва біологічно-активних речовин. Це сприятиме створенню оптимальної системи харчування.

Безвідходні технології дозволяють здешевити продукцію, підвищити рентабельність виробництва та зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище. Ця проблема визначається як економічними, так і екологічними факторами

1.3. Побічні продукти переробки рослинної сировини та напрями їх застосування

Оскільки відходи містять корисні нутрієнти, які можна екстрагувати та використовувати в різних продуктах, деякі дослідники використовують термін "побічний продукт" або "супутній продукт" для позначення відходів харчових продуктів [22, 23].

При промисловій переробці рослинної сировини утворюються побічні продукти, які можуть бути хорошим джерелом біологічно активних сполук з високою доданою вартістю. До побічних продуктів переробки плодовоовочевих культур відносяться шкірки, насіння, вичавки, жом, макуха. Лушпиння, висівки та зародки є основними промисловими відходами зернових. Відходи, що утворюються в ланцюжку постачання, можуть бути перероблені та перетворені на продукти з доданою вартістю [24].

Побічні продукти рослин в даний час є одним із найбільш детально досліджених джерел корисних компонентів для здоров'я. Ідентифікація,

кількісна оцінка та виділення цих сполук, а також оцінка їх ефектів стали основними дослідженнями, пов'язаними зі здоров'ям та медициною, виявивши антиоксидантні, протимікробні, протизапальні, антиімуномодулюючі та протипухлинні властивості [25].

Переробка похідних продуктів і відходів має позитивний економічний ефект. Рослинні відходи є сировиною для виробництва біопалива. Вони є джерелом біологічно активних речовин. Для збереження їх біологічної цінності умови переробки відходів відіграють вагому роль.

Актуальні завдання комплексного використання сировини та переробки вторинних матеріальних ресурсів харчової промисловості полягають у впровадженні інноваційних технологічних процесів. В основу даного процесу покладено не лише вторинне використання ресурсів в одногалузевих структурах, а й принцип використання відходів однієї галузі в якості сировини для іншої [26].

Побічні продукти та біовідходи харчової промисловості являють собою тонни сировини, яка багата біологічно активними молекулами. Наприклад, апельсинові кірки містять ефірні масла, пектин, целюлозу, геміцелюлоза і розчинні цукри, їх можна використовувати як добавки, такі як ароматизатори, підсолоджувачі та антиоксиданти [27].

У похідних продуктах переробки та відходах харчової промисловості міститься велика кількість білків, харчових кислот та олій, вітамінів, мінеральних речовин, дубильних речовин та багатьох інших корисних компонентів [28].

Нині промисловій переробці піддаються не більше 22% відходів. Відомо, що із відходів переробки сільськогосподарської продукції можна одержати понад 100 найменувань різних продуктів харчування, кормів, добрив та іншої продукції [29].

Після переробки овочів побічними продуктами є шкірка, насіння, стебла, листя, коріння [30].

На сьогодні у плодоовочевій промисловості виробляється 500 млн тонн залишків шкірки, що становить від 3 до 50% загальної свіжої маси фруктів або овочів [31, 32].

Встановлено, що деякі види овочевих шкірок мають сильні антиоксидантні властивості [33] і є джерелом харчових волокон. Їх можна використовувати як ефективний функціональний інгредієнт для розробки хлібобулочних виробів, збагачених клітковиною [34].

Розроблено способи отримання адсорбентів із рослинної сировини [35, 36] технології виготовлення пектинів із використанням вторинної рослинної сировини [37] Буряковий жом на 95% складається з харчових волокон і є сировиною для отримання пектину [38].

Розроблено технологію переробки відходів сокового виробництва, яблучних, цитрусових, виноградних вичавок та бурякового жому на функціональні кріопорошки, і використання їх в якості пектиновмісних добавок [39].

Шкірки, коріння та насіння є багатим джерелом дуже цінних молекул, таких як фітохімічні речовини, мінерали, вітаміни та інші сполуки, корисними для здоров'я. Тому триває постійний пошук технологічних рішень, які б дозволили уникнути харчових відходів, а саме за рахунок їх повторного використання в харчовому ланцюжку, що сприяє розвитку економіки замкнутого циклу та стійкості [40].

Фрукти та овочі є швидкопсувними та нестійкими до механічних пошкоджень, тому при їх зберіганні утворюється найбільша кількість відходів [41].

Досліджено антиоксидантний потенціал шкірки семи фруктів та овочів. Результати показують, що шкірка *M. indica* може стати важливим дешевим природним джерелом сполук із захисним потенціалом для здоров'я. Такі сполуки можна використовувати у фармацевтиці, нутрицевтиці та при приготуванні оздоровчих харчових продуктів. Фізіологічна цінність овочів та продуктів їхньої переробки визначається вмістом різноманітних речовин, які впливають на

органи смаку, нервову систему, засвоєння їжі. Встановлено, що смак овочів залежить від вмісту в них органічних кислот, їхніх солей, цукрів, глікозидів, дубильних речовин та їх співвідношенням [42].

Яблучні вичавки (*Malus domestica*) – це залишок, що складається з шкірки, насіння, плодоніжки та м'якоть яблук, вироблених у виробництві фруктових соків. Побічні продукти яблук містять велику кількість волокон (в основному нерозчинні волокна, такі як целюлоза, 7–40%, геміцелюлоза, 4–25% і лігніни, 15–25%) і значну кількість пектину (5–10%). Крім того, побічні продукти яблук є важливим джерелом біодоступних поліфенолів, головним чином флаванолів (мономерних та олігомерних), дигідроалкони та антоціанідів [43].

В макаронних виробках, збагачених екстрактом із виноградних вичавок, спостерігався більший вміст фенолів, флавоноїдів та більша антиоксидантна активність [44]. Побічні продукти яблук були успішно перероблені шляхом молочнокислого бродіння, для отримання ферментованого інгредієнту, придатного для збагачення пшеничного хліба [45].

Груша (*Pyrus spp.*) – це фрукт при переробці якого утворюється 15–20% побічних продуктів [46].

Шкаралупа каштана виявила більшу антиоксидантну активність у нерозчинній зв'язаній фракції порівняно з такою її розчинної фракції. Ці результати показали, що не тільки розчинна, але й нерозчинна частина промислових відходів має хороший потенціал для валоризації як джерела природних антиоксидантів [47].

Шляхом ряду експериментальних досліджень було встановлено, що екстракти шкірки п'яти видів гарбуза (*Lagenaria siceraria*, *Luffa acutangula*, *Moringa pterygosperma*, *Cucurbita maxima* Duch, *Momodica charantia*) містять значну кількість поживних речовин. Встановлено ефективність екстрактів проти різних бактеріальних [48].

Величезна кількість томатів щорічно переробляється для виробництва соку, соусів, пюре, пасти та консервованих помідорів, що призводить до утворення великої кількості твердих відходів, відомих як томатні вичавки. Вони

є перспективним джерелом сполук (вуглеводів, органічних кислот, пігментів, клітковини, білків, олій), які можна використовувати за їх поживними властивостями та антиоксидантним потенціалом. Томатні побічні продукти є джерелом лікопіну, який має антиоксидантні властивості. Томатна шкірка також містить фенольні сполуки з важливою біологічною активністю, такі як кавова, ферулова та хлорогенова кислоти, кверцетин і кверцетин-3- β -O- глікозид [49].

Побічні продукти моркви та томатів використовувалися в якості субстратів для молочнокислого бродіння. Ферментовані побічні продукти виявили помітну антимікробну активність проти чотирнадцяти патогенних штамів мікроорганізмів *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* і *Bacillus cereus*. Це можна пояснити здатністю молочнокислих бактерій виробляти антимікробні сполуки, такі як органічні кислоти, діацетил і бактеріюцини, а також їх здатністю змінювати метаболічний профіль фенолів, терпенів, аліфатичні спирти, альдегіди, кислоти та ізофлавоноїди, корисні для консервування харчових продуктів. Дослідження показує можливість застосування екстрактів ферментованих побічних продуктів у виробництві харчових продуктів з метою забезпечення безпеки та продовження терміну їх зберігання [50].

Зародки пшениці є ще одним побічним продуктом високої харчової цінності, який відкидається під час подрібнення пшениці. Зародки пшениці не цінуються для споживання через деякі антихарчові фактори (рафіноза, фітинова кислота та аглютинін зародків пшениці) і високу активність ліпази та ліпоксигенази, які сприяють окисленню ліпідів і негативно впливають на стабільність зародків пшениці [51].

Ячмінні висівки також є багатим джерелом харчових волокон, у тому числі β -глюканів, які можна використовувати в їжу, а також у косметичних і фармацевтичних цілях [52]. Розроблено технологію переробки біомаси пивного зерна та пшеничних висівок з метою отримання арабиноксилану та моно- и димерної ферулової кислоти [53].

При промисловій переробці зерна утворюється велика кількість побічних продуктів, в основному утворених висівками, зародками та лушпинням. Ці побічні продукти виробляються на різних етапах технологічного ланцюга. У багатьох випадках утворені побічні продукти вважаються відходами, але в їх складі можна знайти такі ж або навіть більші біологічно активні сполуки, ніж у кінцевому продукті [54].

У кукурудзяних висівках основними компонентами є харчові волокна і фенольні кислоти, але інші сполуки, такі як крохмаль (9-23% загальної маси), білки (10-13% від загальної маси), ліпіди (2-3% від загальної маси) і зола (2% від загальної маси) [55]. Збагачення пшеничного хліба ферментованими побічними продуктами кукурудзи (25% від загальної маси) збільшило вміст харчових волокон і білка в порівнянні зі звичайним пшеничним хлібом. Зокрема, після додавання в хліб субпродуктів ферментованої кукурудзи спостерігалось суттєве підвищення засвоюваності білка (до 60%) та значне зниження індексу гідролізу крохмалю (близько 13%), порівняно з неферментованими.

При обробці грубого рису, що проводиться для отримання подрібненого їстівного рису, утворюються побічні продукти, включаючи рисову шкаралупу (20% грубого рису) та рисові висівки та зародки (10% грубого рису) [56].

В даний час більшість виробленої рисової оболонки не використовується для будь-яких інших застосувань через високий вміст кремнію та швидке розкладання бактеріями. Проте рисові висівки є дуже багатим джерелом γ -оризанол, ферулової кислоти, фітостеринів, токолів, γ -аміномасляної кислоти і фітинової кислота. Ці біокомпоненти мають кардіометаболічні захисні властивості [57].

Вихід рисових висівок та рисових зародків всіх видів рису коливався в межах 17,59-21,75%, 14,63-17,14% та 2,81-3,19% від цілого ядра відповідно. Фракція зародків рису багата білком, ліпідами та клітковиною, тоді як фракція шару рисових висівок є хорошим джерелом вуглеводів та золи. При вивченні фітохімічного складу та антиоксидантної активності зародки рису містили найбільшу кількість α -токоферолу, γ -токоферолу та показали найсильнішу

антиоксидантну активність. Шар рисових висівок показав найвищий рівень γ -оризанолу, кількість якого коливалася від 5,07 мг/г у RD 6 до 13,55 мг/г у чорному воскоподібному рисі [58].

Рисове борошно є побічним продуктом рисомолочної промисловості і становить близько 10% від загальної ваги грубого рису. В основному воно складається з алейрону, перикарпію, підалейронового шару та зародку. Щороку 90% рисових висівок, вироблених у світі, дешево використовуються як корм для великої рогатої худоби та птиці, а решта використовується для отримання олії з рисових висівок [59].

Білки рисових висівок є різновидом високоякісних білків, вони мають відповідний амінокислотний склад і високу біологічну дію, вміст лізину досягає 5,8 г/100г. Як правило, рисові висівки все ще мають більшу важливість поживних речовин, хоча використовується процес подрібнення. За даними дослідження [60] знежирені рисові висівки містять (% сухої основи): вуглеводів (43,5-54,3%), білків (14,1-18,2%), жирів (1,6-20,9%), золи (12,8-15,3%), клітковини (8,4-10,5%).

Відомо, що рисове борошно має в своєму складі вищі полісахариди - клітковину, слизові речовини, геміцелюлози, пектинові речовини, які можуть виконувати роль функціональних речовин. У той же час рисове борошно є джерелом вітамінів і мінеральних речовин, його використання може значно підвищити харчову цінність молочних продуктів дитячого харчування [61].

Пророщування в поєднанні з ферментативною обробкою рисових висівок за допомогою протеази типу II від *Aspergillus oryzae* та α -амілази типу XII-A від *Bacillus licheniformis* може значно покращити концентрацію γ -оризанолу, α -токоферолу та фенолів у порівнянні з необробленими рисовими висівками, з подальшим підвищенням антиоксидантної цінності [62].

Рисові висівки також є хорошим джерелом харчових волокон, в основному целюлози, геміцелюлози, лігніну та пектинових речовин, які надають сприятливий ефект, підтримуючи функцію шлунково-кишкового тракту, знижуючи постпрандіальний глікемічний індекс і знижуючи ризики серцево-судинних захворювань, дивертикульозу та раку товстої кишки.

Солома і лузга, побічні продукти переробки рису, може також слугувати відновлювальним джерелом енергії в сільській місцевості. Її використання вирішує питання утилізації виробничих відходів [63].

Велику цінність у харчовому відношенні має макуха кунжуту, яка залишається після отримання олії способом холодного пресування. Вона містить 8 % олії і близько 40 % білка, застосовується в кондитерській промисловості [64]. Із шроту отриманого в результаті екстракції виробляється кунжутне борошно. Знежирене кунжутне борошно є побічним продуктом (відходами виробництва), який зазвичай викидається або використовується як їжа для тварин.

Кунжутне борошно містить 50 % білка, високий вміст кальцію (1,5 г/100 г) і сирої клітковини (10,8 г/100 г). DSF також містить фенольні сполуки, які володіють антиоксидантною, антимуtagenною та антимікробною активністю [65]. Іншими поживними сполуками, присутніми в DSF, є лігнани [66] та декілька мінералів, як-от калій (4,6–5,3 г/кг), фосфор (1,7–2,3 г/кг), магній (0,018–0,052 г/кг), і кальцію у високій концентрації (9,6–12,8 г/кг) [67, 68].

Зі збільшенням споживчого попиту на добавки з природних джерел, а також за рахунок популяризації принципів сталості використання рослинних побічних продуктів, біозалишки є гарною альтернативою синтетичним добавкам [69].

Отримання з'єднань, що викликають споживчий інтерес, із альтернативної сировини ефективним і безпечним способом, є проблемою для галузі. Зростання інтересу стимулює розробку нових технологій.

1.4. Рослинна сировина придатна до безвідходної переробки

1.4.1. Коренеплідні овочі

Біологічна цінність харчових продуктів характеризується присутністю у їх складі 70 різноманітних, необхідних організму речовин. Овочі є джерелом біологічно активних речовин. В них міститься близько 11 вітамінів і вітаміноподібних речовин, понад 60 мінеральних елементів, а також інших

біологічно активних речовин, у тому числі й незамінних. Варто зазначити, що деякі із незамінних нутрієнтів містяться лише у овочах [70].

Вони є основним джерелом харчових волокон. Ці сполуки нормалізують середовище бактерій кишківника, сприяючи розвитку корисних лактобактерій. Високі адсорбційні властивості та антиоксидантна активність сприяють виведенню із організму людини ендо- та екзотоксикантів [71].

Коренеплідні овочі є важливим джерелом різних поживних речовин, таких як: фітохімічні речовини, флавоноїди, амінокислоти, дубильні речовини, сапоніни, флобатаніни, антрахінони, вуглеводи, стероїди, фітостерин, алкалоїди, терпеконіди.

Серед коренеплідних овочів великою популярністю в більшості регіонів України користуються *Beta vulgaris*, *Daucus*, *Apium graveolens*, *Pastinaca sativa*.

Буряк (*Beta vulgaris*) є цінним продуктом харчування, який вирощується та споживається в багатьох країнах світу.

Ряд досліджень свідчать про високий інтерес до *Beta vulgaris* у дієтичному оздоровчому харчуванні. До складу цього коренеплідного овочу входить цукор і клітковина, фенольні кислоти, які мають високу антиоксидантну здатність. Столовий буряк можна використовувати як сировину для виробництва натурального барвника. Натуральний барвник *Beta vulgaris* - беталаїн, який включає дві групи пігментів: бетаціаніни (червоно-фіолетовий) і бетаксантини (жовті). Суміш цих пігментів утворює декілька відтінків червоного. Бетаціаніни буряків відомі як бетанін [72].

Beta vulgaris характеризується багатим хімічним складом. У ньому містяться, %: вода – 82,2, азотисті речовини – 1,8, вуглеводи – 14,4, жири – 0,6, клітковина – 0,7, органічні кислоти – 0,1, зола – 1,0. Мінеральні елементи столового буряку представлено, мг/100 г їстівної частини: Na– 86, K – 288, Ca – 37, Mg – 43, P – 43, Fe – 1,4. У коренеплодах *Beta vulgaris* містяться вітаміни (в мг на 100 г їстівної частини): β-каротин – 0,01, B1 – 0,02, B2 – 0,02, PP – 0,2, C – 10 [73].

Побічними продуктами *Beta vulgaris L.* є листя, м'якоть і стебла, які відповідають 15–30% переробки. Вони зазвичай викидаються без доданої вартості, наприклад, разом із кормами, добривами або остаточним утилізацією без будь-якої користі [74, 75].

Згідно з результатами дослідження сирого буряка [76], в ньому міститься 2% кальцію. Дослідженнями пакистанських вчених показали, що у порошках із бурякових шкірок також виявлено найбільшу кількість калію [77].

У буряках зустрічаються бетаціаніни, які відповідають за червоний яскравий колір, вони розчинні у воді та чутливі до тривалого нагрівання [78]. Пігментні сполуки сприяють також загальній антиоксидантній здатності залежно від кількості та від сполуки [79].

Морква (*Daucus carota L.*) вважається одним з 10 найважливіших овочів у всьому світі, одним із найбільш традиційних та доступних джерел каротиноїдів. Каротиноїди містяться в коренеплідній частині моркви. Забарвлення деяких азіатських різновидів моркви обумовлене наявністю антоціанів. Відомо, що 95% каротиноїдів оранжевих сортів *Daucus carota L.* становлять каротини. До складу моркви найбільше входить лікопіну та каротиноїдів (α , β , γ). Ксантофіли в оранжевій моркві становлять лише 5 – 10 % каротиноїдів. Їх число збільшується до 75-93 [80].

Останнім часом особливої популярності в харчовій промисловості набувають натуральні барвники, як альтернатива синтетичним [81]. Каротиноїди в основному відповідають за жовтий і помаранчевий колір [82], беталаїни утворюють фіолетовий та жовтий колір пігментації [83].

Функціональні та структурні характеристики кольорових морквяних пігментів роблять її гарною сировиною для отримання природних барвників із практичним застосуванням у харчовій промисловості, особливо в харчових продуктах з низьким рівнем рН, в напоях та кондитерських виробках [84].

Побічними продуктами переробки моркви переважно є вичавки та кожура. При виробництві соку ці залишки можуть становити близько 12% від маси біомаси [85].

При цьому утворюється значна кількість морквяних вичавок (30–40%). Основним компонентом морквяних вичавок є шкірка. Вона містить фітонутрієнти (каротиноїди, поліфеноли, вітаміни та мінеральні елементи). Шкірка моркви є багатим джерелом харчових волокон (пектину, розчинної харчової клітковини). Клітковина морквяних шкірок представлена D-галактурановою кислотою, L-рамнозами, L-арабінозами та D-галактозою, а також іншими моносахаридами [86]. Речовини, що входять до складу морки, надають їй антиоксидантну, антимікробну та антимутагенну активність.

Згідно з дослідженням [87] у шкірках моркви було знайдено найбільше калію (1123 мг/100г) та фосфору (232 мг/100г). Дослідження багатьох вчених свідчать, що морквяні вичавки позитивно впливають на органолептичні та фізико-хімічні показники борошняних виробів [88].

Корінь селери (*Apium graveolens*) є джерелом багатьох харчових компонентів та флавоноїдів, простих фенолів, вітаміну С, макро- та мікроелементів. В листі та черешках накопичуються різноманітні форми кремнію, здатного зміцнювати стінки судин [89]. *Apium graveolens* містить кальцій, фосфор, магній, калій, цинк і залізо, а також вітаміни А, Е, С, вітаміни групи В. Вміст макро- та мікроелементів у різних видах повітряно-сухої сировини селери пахучої становив (у мг/100 г): у корені: Ca- 375, Mg - 215, K - 3200, Na - 300, P - 160, Mn - 0,64, Si - 64, Al - 8,6, Fe - 2,1, Cu - 1,1, Zn - 3,2; Mo - 0,053. Вміст токсичних елементів: плюмбуму, кадмію, меркурію та арсену в усіх видах сировини знаходиться в межах гранично допустимих концентрацій, прийнятих для сировини та харчових продуктів [90].

Серед овочів, які можна використовувати під час виробництва харчових продуктів, особливий інтерес викликає *Pastinaca sativa* (пастернак). У коренеплодах пастернаку міститься 20–34 % сухої речовини: 1,8–3,1 – білка, 7,4–12 – цукру, 0,38 – жиру, 1,2–3,6 – клітковини, 1–1,6 золи. Цінність *Pastinaca sativa* пояснюється сприятливим співвідношенням мінеральних речовин. Вміст у 100 г коренеплодів становить: натрію – 8 мг, калію – 469, магнію – 22, кальцію – 51, заліза – 0,62, фосфору – 73 мг. Порівняно з іншими овочами він має високий

вміст ефірних олій, які збуджують на організм, додають їжі приємного аромату. У коренеплодах *Pastinaca sativa* містяться вітаміни: каротин – 0,02 мг/100 г, В1 – 0,08, В2 – 0,13, С – від 9,3 до 30, РР – 0,94, В6 – 0,11 мг/100 р [91].

Овочеві порошки можуть використовуватися як багаті антиоксидантами підсилювачі смаку для хлібобулочних [92], кондитерських виробів [93] та солодошів [94]. Крім того, овочеві порошки застосовуються для покращення харчової цінності напоїв, в якості ароматизаторів та натуральних барвників [95].

1.4.2. Плоди дикорослих рослин

Сучасне сільське господарство використовує високотехнологічні методи, що включають не лише використання сучасної техніки, а й велику кількість штучних ресурсів, які мають шкідливий вплив на нашу екосистему. Від використання гербіцидів та пестицидів порушується її природний біологічний цикл. Дедалі частіше з'являється інформація про масове отруєння тварин та комах, пов'язане з діяльністю сільськогосподарських підприємств. Вирощування генномодифікованих культур, особливо з порушенням сівоzmіни, призводить до осушення ґрунтів. Дефіцит води вже стає помітним не лише на півдні України, а по всій її території.

Через це виникає необхідність у створенні і застосуванні нових виробничих систем, які дозволять підтримувати здоров'я ґрунтів, екосистеми та людини. До таких систем відноситься органічне виробництво, яке має мінімальний вплив на природу. Умовою органічного виробництва є ріст і розвиток сировини рослинного та тваринного походження в умовах, максимально наближених до природних.

Варто зазначити, що «organic» не передбачає обов'язкової прямої користі для здоров'я. Така система спрямована більше на збереження природи й розумне господарювання. Таким чином, те, що вирощене в природних «диких» умовах, без втручання людини, можна вважати органічним. В цьому сенсі Україна є надзвичайно багатою країною, оскільки по всій її території зростає величезна кількість рослинної сировини, яка, на жаль, не використовується в достатній

кількості. Особливо це стосується дикорослих плодів, таких як глід, обліпіха, калина, бузина, горобина, шипшина та багато інших. Дикорослі плоди мають лікувальні властивості і в основному йдуть на експорт за кордон.

В Україні така сировина використовується у фармацевтичних цілях. Вона практично не використовується у виробництві харчових продуктів, частіше із неї виробляються заморожені концентрати, які експортуються. Це пов'язано із відсутністю раціональних технологій переробки плодів дикорослих рослин та асортименту продуктів на їх основі.

Екологічно чисте виробництво передбачає виробництво продуктів з мінімальним впливом на довкілля. Воно є не лише екологічною стратегією, а й не заперечує і не перешкоджає розвитку будь якої сфери людської діяльності. Головною метою екологічно чистого виробництва є впровадження концептуальних засад стратегії у напрямку раціонального природокористування та захисту навколишнього середовища, а також їх практична реалізація з метою сталого економічного та соціального розвитку держави.

З органічних продуктів Україна переважно експортує зернові, олійні та бобові культури, дикорослі ягоди, гриби, горіхи та лікарські трави. Проблемою є те, що експортується здебільшого органічна сировина. Але існує тенденція до зростання частки експорту переробленої та готової продукції. Дикорослі види рослин мають винятковий природний потенціал і здавна використовуються для лікування грипу, застуди, запалень і подібних захворювань. У харчуванні людини вони використовуються у свіжому та переробленому вигляді.

В останні роки велика увага приділяється вивченню біологічно активних компонентів дикої флори, особливо ягідних рослин. Цінність дикорослих рослин полягає в тому, що вони мають відносно високу пристосованість до умов навколишнього середовища та виявляють стійкість до багатьох захворювань. Крім того, дикорослі ягоди, на відміну від культивованих, у період росту не обробляються хімічними препаратами.

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 [96].

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.

Обліпиха (*Hippophae rhamnoides* L.) є органічним продуктом, що містить багато ліпофільних компонентів [97].



Рис.1.4 – Обліпиха (*Hippophae rhamnoides* L)

До складу ягід обліпихи (*Hippophae rhamnoides* L.) входять незамінні жирні кислоти, амінокислоти, фітостерини та флавоноїди, вітаміни Е (160 мг/100 г), В1, В2, К, каротиноїди (314 до 2139 мг/100 г), пігменти та ліпопротеїди [98, 99]. Вони містять водорозчинні (С, РР, В1, В6, холін), жиророзчинні вітаміни, провітаміни (токофероли, каротиноїди та вітамін К).

Ягоди є джерелом великої кількості різноманітних біологічно активних сполук. Найбільшу увагу привернув високий вміст вітамінів, мінералів, природних антиоксидантів, n-3 і n-6 жирних кислот, білків. Обліпиха цінується за антиоксидантну, кардіопротекторну, антиатерогенну, протидіабетичну, гепатопротекторну, антиканцерогенну, імуномодуючу, протівірусну, антибактеріальну, протизапальну та судинорелаксуючу дію [100].

Ягоди обліпихи містять велику кількість харчових кислот та близько 100 біологічно активних компонентів таких, як: вітаміни - РР, Н, Е, С, В6, В9, В2, В5, В1, А; бета-каротин і каротиноїди; мікро- і макроелементи - калій, кальцій, натрій, магній, фосфор, залізо; ненасичені жирні кислоти - олеїнова (омега-9), пальмітоолеїнова (омега-7), пальмітинова, лінолева (омега -6), ліноленова (омега-3); стерини; ди-і моносахариди; зола; органічні кислоти - фолієва, хінна, яблучна, винна, лимонна, олеанолова, урсолова; амінокислоти - серотонін; харчові волокна; клітковина; рутин; фенольні сполуки; дубильні речовини; пектини; фітонциди; ефірні олії [101, 102, 103].

Дослідження показали, що в плодах обліпихи міститься 4,5% каротиноїдів, 2,8% - органічних кислот, 2,6% цукрів, серед яких переважають сахароза, глюкоза, фруктоза. Вміст пектинів становить до 0,8% маси плоду [104].

За іншими даними ягоди обліпихи багаті азотистими речовинами (до 0,3%). У 100 г ягід обліпихи міститься вітамін С (до 1,05 мг), каротин (11 мг), вітамін Е (7-18 мг), Р (1 мг), В1 (0,35 мг), В2 (0,3 мг), В6 (0,79 мг), РР і К – 0,8-1,5 мг відповідно. Ягоди обліпихи є одним з джерел вітаміну Е. Мінеральні елементи представлені (мг/100 г): калієм – 180-220, кальцієм – 9-16, магнієм – 7-12, фосфором – 12-17, залізом – 6-14, а також марганцем, цинком, алюмінієм, титаном, кремнієм [105].

Солодкуватий смак ягід обліпихи обумовлений вмістом глюкози та фруктози [106]. Вміст природних цукрів залежить від сорту ягід.

Обліпиха містить велику кількість жирних кислот. 70% жирних кислот насіння обліпихи становить ліноленова кислота [107]. 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 [108].

Ефективними функціональними наповнювачами при виробництві хліба та кондитерських виробів є продукти переробки обліпихи [109]. Доведено, що

додавання обліпихових порошків дозволяє підвищити біологічну цінність хліба, але відсутні дослідження щодо впливу добавки на здатність хліба до зберігання.

Бузина (*Sambucus nigra*) – дикоросла рослина, широко поширена в Європі, Африці, Азії та Північній Америці. Плоди бузини – дрібні чорні ягоди, які за кольором і розміром нагадують ягоди аронії та чорниці.



Рис.1.5 – Бузина чорна (*Sambucus nigra*)

Плоди бузини (*Sambucus nigra*) багаті на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші полі феноли [110].

Вони є одним з найбільших джерел антиоксидантів 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 [111].

Бузина є джерелом білків, амінокислот, харчових волокон, фітохімічних речовин, вітамінів В, А і С. Ягоди бузини містять поліненасичені жирні кислоти [112]. Бузина є одним з найбагатших джерел біологічноактивних сполук, таких як флавоноли, флаваноли, фенольні кислоти, проантоціанідини та антоціани [113].

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 [114].

Встановлено, що вичавки бузини є перспективним недорогим біосорбентом для високоефективного відновлення заліза зі стоків та покращення якості води [115].

Ягоди **калини** (*Viburnum opulus*) є природним джерелом аскорбінової кислоти, α -токоферолу, каротиноїдів, хлорофілів та фенольних сполук [116].



Рис.1.6 – Калина (*Viburnum opulus*)

Калина (*Viburnum opulus*) має не лише естетичну цінність, із її плодів готують варення, мармелад, соки, пироги та трав'яні чаї [117].

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 [118]. Калина є природним джерелом різних сполук з антиоксидантними властивостями, таких як аскорбінова кислота (вітамін С), α -токоферол (вітамін Е), каротиноїди, хлорофіли та фенольні сполуки. 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 [119].

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. Незважаючи на високу антиоксидантну активність [120], використання плодів калини в промислових масштабах, як і інших дикорослих ягід, дуже обмежене [121].

Калина є високоефективною сировиною для перероблення і має широкий спектр використання у харчуванні [122]. Наприклад, у різного роду підливах, приправах, як компонент у лікєро-горілчаному виробництві, популярним є сік калини з медом. Її використовують у народній медицині. Так, відвар з калини народна медицина століттями використовує як ефективний засіб для лікування початкової стадії гіпертонії. Настій і відвар ягід допомагає у разі язви шлунка і дванадцятипалої кишки.

Калиновий сік з медом використовують для лікування захворювань печінки, шлунка, а також для лікування окремих видів ракових захворювань. З метою збільшення термінів зберігання, за рахунок антиоксидантних властивостей, рекомендовано використовувати калиновий шрот в якості добавки при виробництві хлібобулочних виробів [123].

Після переробки плодів калини на протерту масу залишається 30...35 % вичавків (шкірка, насіння). Високий вміст катехінів у порошку, отриманому з вичавків калини, дозволяє використовувати його як стабілізатор основного пігменту буряка при отриманні червоного харчового барвника. Смак солодкувато терпкий зі слабкою гіркуватістю.

Барвник має стійкість при виробленні з ним кондитерських виробів при будь-якому значенні рН [124].

Олія калини є фракцією нейтральних ліпідів, містить 0,015 % вітаміну Е, 0,005 % каротиноїдів, з яких 0,002 % – β -каротин [125]. З метою збільшення термінів зберігання, за рахунок антиоксидантних властивостей, рекомендовано використовувати калиновий шрот в якості добавки при виробництві хлібобулочних виробів.

Чорноплідна горобина містить Fe, Ca, K, Mn, Mg, Cu, Mo, Na, P, Zn. Проте в її складі виявлено токсичні мікроелементи Al, Pb та потенційно-токсичні - Ga, Sb, Ag, Sr, Ti, Zr [126].

Розроблено технологію виробництва мікроінкапсульованого екстракту горобини чорноплідної, спрямовану на підвищення стабільності та

біодоступності поліфенолів, що дозволяє використовувати екстракти плодів у фармацевтичних цілях [127].

Експериментально доведено [128] вплив чорноплідної горобини на радикальне окиснення ліпідів, пов'язане зі старінням клітин організму, показаний адитивний ефект чорноплідної горобини на збільшення експресії гена антиоксидантного ферменту в печінці і, як наслідок, ослаблення перекисного окиснення ліпідів у сироватці, печінці та нирках щурів.

Горобина (*Sorbus aucuparia*) – морозостійке тіньовитривале дерево або чагарник сімейства розоцвітих. Горобина є популярним садовим деревом.



Рис.1.7 – Горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*)

Хімічний склад горобини, як і її врожайність або розмір плодів, істотно відрізняється за сортами та регіонами зростання. У плодах знайдено значну кількість каротину, аскорбінової кислоти (до 92 мг%), вітамін Р, ефірну олію, яблучну, лимонну кислоти, гіркі та дубильні речовини, цукру, пігменти, спирт сорбіт, антибактеріальні речовини. У листі – аскорбінову кислоту (до 84,2 мг%) [129].

Горобину не вживають у свіжому вигляді через її специфічний терпкий смак. Її можна змішувати з цукром. Після повного дозрівання плоди стають солодкими, а кислотні властивості зменшуються.

Особливо цінними є сорти з великими і солодкими ягодами, багаті соком (44% - 56%). Зрілі плоди можуть бути використані для отримання каротину, а незрілі стати цінною сировиною для отримання яблучної кислоти. Завдяки поживній цінності та користі для здоров'я ягоди *S. aria*, *S. aucuparia*, *S. domestica*,

S. sambucifolia, *S. scopulina*, *S. Torminalis* традиційно використовуються для віджимання соку, в алкогольних напоях, пюре, джемах та желе [130, 131].

Хоча дика горобина (*Sorbus aucuparia*) кисла на смак, вона все ж 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) [132].

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 [133].

Україна багата на різноманітні дикорослі рослини. Це величезний потенціал для використання даних рослин в харчовій промисловості і не тільки, зважаючи на їхню невибагливість до зовнішнього середовища, умов вирощування і наявність великих площ для заготівлі.

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. Проте, невирішеним є питання вибору універсальних методів вилучення біологічно цінних компонентів із сировини.

Цей фактор додає необхідності повторного використання побічних продуктів і біозалишків, отриманих з рослин, як джерел природних добавок. Потреба в інноваційних рішеннях для повторного використання відходів і побічних продуктів стає предметом багатьох досліджень серед яких відсутні технології переробки дикорослих ягід та напями використання їх похідних продуктів [134].

Побічні та похідні продукти мають потенціал для повторного використання. Кількість залишків, які можуть бути використані після переробки, оцінюються в мільйони тон щороку [135]. Оцінено залишки, але не враховано, що крім відходів, утворюються ще й супутні продукти переробки, які також мають велике значення.

Дикоросла сировина має величезний потенціал щодо використання у харчовій промисловості. Проте, враховуючи специфічні органолептичні властивості, слід правильно підібрати спосіб її обробки перед застосуванням.

Розробивши раціональний спосіб комплексної переробки нетрадиційної сировини із застосуванням безвідходних технологій, можливо вирішити одразу декілька важливих проблем:

- проблему продовольчої безпеки через переробку локальної сировини, вирощування якої не потребує значних витрат, а біологічна цінність може бути використана при виробництві функціональних харчових продуктів;
- екологічну проблему – за рахунок зменшення кількості відходів та використання органічної сировини;
- економічну – за рахунок зниження енерговитрат на вирощування сировини, її логістику, а також, створення робочих місць у сільській місцевості.

1.5. Найбільш поширені промислові способи переробки рослинної сировини

1.5.1. Заморожування

На основі комплексного дослідження тепломасообмінних процесів переробки функціональної рослинної сировини розроблено інноваційні енергоресурсозберігаючі теплотехнології виробництва антиоксидантних, фолатовмісних, фітоестрогенних та пребіотичних порошків. Купажування сировини у поєднанні з тепловою обробкою стабілізує функціональні інгредієнти сировини [136].

Заморожування плодів і ягід при температурі – 25...35 °C і подальше зберігання замороженої продукції за –18 °C припиняють усі фізіологічні процеси і діяльність мікробів, але не знищують їх. Тому для збереження якості цього виду продуктів необхідно точно дотримуватися умов їх зберігання і швидко використовувати в їжу після розморожування. За якістю заморожені плоди і

ягоди майже не відрізняються від свіжих. Заморожування є найбільш поширеним способом консервування багатьох харчових продуктів. Необхідний ефект при цьому досягається більше від впливу низької температури, ніж від утворення льоду. Утворення льоду в клітинних структурах харчових продуктів і гелях має два важливі наслідки:

- неводні компоненти концентруються в незамерзаючій фазі (незамерзаюча фаза існує в харчових продуктах при всіх температурах зберігання);
- уся вода, яка перетворюється на лід, збільшується приблизно на 9 % в об'ємі.

Під час заморожування вода переходить у кристали льоду різного, але досить високого ступеня чистоти. Всі неводні компоненти концентруються в зменшеній кількості незамерзлої води. Завдяки цьому ефекту, незамерзла фаза істотно змінює такі властивості, як рН, титруєма кислотність, іонна сила, в'язкість, точка замерзання, поверхневий натяг, окиснювально-відновний потенціал.

Ці зміни можуть збільшити швидкість реакцій, що відбуваються в продуктах. Заморожування має два протилежних впливи на швидкість реакцій: низька температура буде її зменшувати, а концентрування компонентів в незамерзлій воді – іноді збільшувати. Так, наприклад, при заморожуванні спостерігається збільшення швидкості реакцій неферментативного потемніння при кислотному гідролізі сахарози або в процесі окислення аскорбінової кислоти, токоферолу в смажених картопляних продуктах, β -каротину та вітаміну А в жирах.

Після процесу заморожування продукт не повинен зазнавати перепадів температур; однак між етапами упаковки та зберігання в холодильнику (при -18°C) заморожені продукти зазвичай піддаються звичайному контролю, який проводиться при температурі навколишнього середовища від 5 до 10°C . За цей час упаковані продукти піддаються нагріванню [137].

У роботі [138] досліджено зберігання заморожених фруктів і овочів із використанням вакуумної упаковки. Цей метод не лише зберігає плоди й овочі

від окиснення і ферментації, а й стабілізує фермент фруктів і овочів. Проте даний спосіб не дозволяє зберігати продукти протягом тривалого часу.

У роботі [139] доводиться, що заморожені овочі за вмістом основних вітамінів корисніші, ніж свіжі у зимово-весняний період. Проте використання їх без попередньої обробки в якості наповнювачів при виробництві кисломолочних продуктів є недоцільним, оскільки такий спосіб призводить до втрати структурно-механічних властивостей.

Застосування штучного холоду дає можливість: виготовляти продукти, стабільні за сенсорними показниками протягом зберігання; скоротити втрати робочої сили, за рахунок того, що зникає необхідність мити, сортувати плоди та ягоди перед кулінарним обробленням; скоротити час кулінарної обробки, через те, що під впливом низьких температур відбувається часткове розм'якшення структурних елементів рослинних клітин та деструкція високополімерів; зберігати рослинну сировину без застосування штучних консервантів та антиокислювачів, шкідливих для здоров'я людини; значно зменшити втрати вітаміну С та інших нутрієнтів при кулінарній обробці дефростованих плодів та ягід, за рахунок скорочення тривалості процесу [140].

У промисловості використовується декілька режимів заморожування:

- дуже повільне (менше 1 м/с);
- повільне (1-4 м/с), яке спричиняє утворення великих кристалів льоду, як наслідок – руйнується структура;
- швидке (5-50 м/с) сприяє утворенню дрібних, рівномірно розподілених у міжклітинному просторі кристалів льоду, при цьому відбувається часткова деформація клітин без порушення цілісності;
- надшвидке (50-70 м/с).

В разі застосування швидкого та надшвидкого способів, втрати клітинного соку при дефростації незначні.

Процес кристалоутворення клітинного соку плодів і овочів, в якому містяться розчинені органічні й мінеральні речовини, починається при

температурі нижче 0 °C після її переохолодження. Для регулювання цього процесу застосовуються кріопротектори [141].

Кріоскопічна температура залежить від їх концентрації та ступеня дисоціації розчинних речовин, властивостей розчинника та не є постійною величиною при заморожуванні.

Під час заморожування просування льодового фронту здійснюється від поверхні до центру продукту. Завершення процесу характеризується повним фазовим переходом рідини у твердий стан.

Рядом дослідників доведено, що при заморожуванні та низькотемпературному зберіганні плодів кісточкових культур спостерігаються мінімальні втрати їх хімічного складу [142, 143, 144].

Заморожена рослинна сировина придатна до подальшої переробки. В разі застосування її для виготовлення соків, його вихід значно підвищується.

Іванова [145] показує, що заморожування у цукровому сиропі сприяє кращому збереженню вмісту антоціанів та загальної суми поліфенольних сполук у плодах вишні (92–94%), ніж при заморожуванні сухим способом. Це пояснюється тим, що при зануренні плодів у цукровий сироп доступ повітря до їх поверхні виключається, знижується активність ферментів та вповільнюються окислювальні процеси. Дифузія цукру в їх клітини приводить до гармонізації смаку.

Процес переходу рідини у тверду фазу під час зберігання заморожених плодів проходить за рахунок тиску концентрації органічних речовин м'якуша та шкірки плоду і, відповідно, об'ємного розширення, яке спричиняє процес розтріскування. В процесі зберігання напруга зростає, і явище розтріскування посилюється [146].

Зниження вологоутримуючої здатності плодів пов'язане із біологічними особливостями рослинних клітин, зміною рН середовища та денатурацією білків протоплазми, яка обумовлена механічним впливом кристалів льоду в процесі заморожування та низькотемпературного зберігання [147].

Е. Л. Дженеєва [148] відмічає, що ягоди, які мають меншу щільність паренхімних та епідермальних оболонок клітин, мають більшу здатність до вологовиділення.

Зворотнім процесом заморожування є дефростація, внаслідок якої лід, що знаходиться в заморожених продуктах, переходить в рідкий стан. Дефростація при кімнатній температурі (20–22°C) називається повільним розморожуванням. Існують ще й інші способи дефростації: ультрависокочастотні, діелектричні та інші види розігрівання, що є швидким розморожуванням.

Інтенсивність фізичних змін у рослинній сировині при заморожуванні та низькотемпературному зберіганні за даними дослідників [149] залежить від ряду чинників, основними з яких є вид та якість сировини, сортові особливості в розрізі культур, спосіб заморожування та дефростації.

1.5.2. Сушіння

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 (охолодження, 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 [150].

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 [151].

Сушіння – це процес видалення вологи із речовин і матеріалів тепловими способами. Відомі різноманітні види сушіння (рис.1.5), які відрізняються за способами проведення процесу, видами теплоносіїв та способами взаємодії фаз.

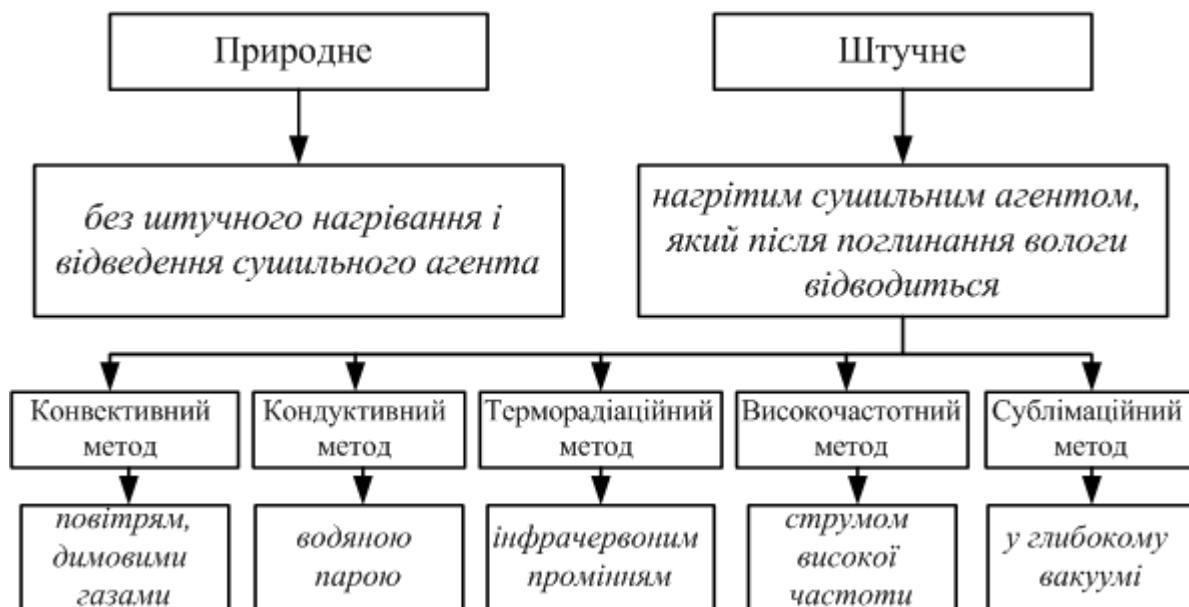


Рис. 1.8 – Класифікація методів сушіння

Методи сушіння впливають на якісні показники готового продукту, такі як: смак, аромат, в'язкість, твердість, мікробне псування та ферментативну активність [152]. Кожен метод має свої переваги та недоліки. Залежно від методу сушіння отриманий кінцевий продукт відрізняється за своїми фізико-хімічними та поживними властивостями, мікроструктурою [153].

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 [154].

В роботі [155] 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 [156] 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 [157]. 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 міжнародному реєстрі патентів зазначається про новий метод вакуум-розпилювального сушіння [158]. 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 [159]. Незважаючи на всі переваги, дана технологія практично не використовується через високу собівартість продукції.

У роботі [160] 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 [161,162] 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.

Питома вага процесів сушіння у сумарному енергобалансі та обсяги сушеної продукції постійно зростають. Світовий багаторічний досвід забезпечення населення продуктами харчування свідчить, що технології та технічні засоби, які здійснюють процес сушіння, постійно вдосконалюються та оновлюються. Це пов'язано з інтенсифікацією та оптимізацією теплотехнічних умов сушіння для максимального збереження складових частин сировини та отримання кінцевого продукту з певними якісними характеристиками.

Важливим акцентом під час переробки методом сушіння антиоксидантної сировини є зниження енерговитрат на процес зневоднення, максимальне збереження біологічно активних речовин та зниження собівартості кінцевого продукту. Енергоефективність процесу сушіння залежить від співвідношення корисно використаної теплоти, що необхідна на випаровування вологи з матеріалу і теплоти, що витрачається на нагрівання матеріалу і вологи, а також втрачається у навколишнє середовище з відпрацьованим теплоносієм та через поверхню сушильної установки.

Всі штучні методи сушіння проводяться за допомогою сушарок.

Вакуум-сушка має просту будову, можливість одночасного сушіння різних матеріалів. Недоліком даної конструкції є мала продуктивність, можливий перегрів матеріалу, періодичність дії.

Одновальцеві сушарки із зануреним вальцем придатні лише для розведених розчинів або екстрактів, а одновальцеві з незануреним вальцем використовуються для сушіння пастоподібних продуктів. У сушарках двовальцевих можливо проводити інтенсивне сушіння при низьких

температурах, у них є можливість уловлювати пари цінних розчинників шляхом конденсації.

Камерна сушарка має просту будову, але потребує значних витрат теплоносіїв через її періодичність роботи та нерівномірність висушування продукту, а також значну тривалість процесу.

У стрічкових багатоярусних сушарок максимально використовується насичувальна здатність сухого повітря і його теплота, але можливий перегрів матеріалу. Серед переваг таких сушарок - їх компактність, інтенсивне і рівномірне сушіння. Недоліком є неможливість оброблення термолабільних матеріалів.

Пневматичні сушарки характеризуються інтенсивним сушінням при високих температурах. Тривалість перебування матеріалу у сушарках при цьому дуже мала. Проте, є складність у регулюванні процесу, можливість вибуху при сушінні легкозаймистих матеріалів та велика витрата енергії.

У розпилювальних сушарках процес відбувається швидко, їх можна застосовувати для термолабільних продуктів, одержувати порошки без подрібнення. Недоліком розпилювальних сушарок є їх складність у будові за рахунок пилоуловлювачів, а також значна витрата електроенергії на процес.

Сушарка з киплячим (псевдозрідженим) шаром забезпечує інтенсивне сушіння термолабільних продуктів при високих температурах за рахунок короткочасного контакту продукту із сушильним агентом. При цьому спостерігається високий ступінь використання тепла сушильного агента. Позитивним в даній конструкції є можливість автоматичного регулювання параметрів процесу, але вона є непридатна для сушіння продуктів, які важко піддаються псевдозрідженню.

У сушарках з пульсуючим киплячим шаром процес відбувається швидко при високих температурах. Недоліком у їх роботі є винесення до 5 – 7 % матеріалу з відпрацьованим повітрям. Такі сушарки непридатні для сушіння продуктів, які важко піддаються псевдозрідженню.

Радіаційні (інфрачервоними променями) сушарки характеризуються швидкістю процесу та незначними втратами тепла. Недоліком даної конструкції є неможливість сушіння товстого шару у продукті та великі енергозатрати.

Діелектричні (струмами високої частоти) сушарки характеризується рівномірністю сушіння його інтенсивністю за рахунок дифузії вологи до поверхні матеріалу. Недоліком конструкції є складність установки та великі енергозатрати; необхідність підбирання режимів сушіння (частоти струму, потужності, довжини хвилі).

Сублімаційні (молекулярна) сушарки дають можливість високоякісного сушіння, але з великими енергозатратами. Недоліком їх є складність конструкції.

У роботі [163] 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. Висока температура процесу сушіння є серйозною причиною втрати якості.

Зниження температури процесу має великий потенціал для покращення якості сушених продуктів [164]. Важливо підібрати метод сушіння, який не призведе до суттєвих змін, наприклад зміни забарвлення, вмісту вітамінів та інше.

Тому розробка методів сушіння за відносно низьких температур – актуальне завдання. Крім ліофільної сушіння та сушіння в потоці теплого повітря, успішно застосовується вакуумна стрічкова дегідратація [165].

Для продовження терміну придатності комерційних продуктів з біоактивними інгредієнтами застосовуються різні методи, наприклад, капсулювання при сушінні з використанням різних агентів-носіїв [166, 167].

Відомо, що ліофільне сушіння сприяє стабільності та збереженню барвних речовин, таких як бетанін [166].

Сушіння впливає також і на мікроструктуру продукту, від чого у свою чергу залежить вивільнення БАВ у процесі травлення. Зокрема в роботі

Janiszewska [167] показано, що при застосуванні конвективного та ліофільного сушіння дещо знижується вміст поліфенольних сполук та антиоксидантна активність буряків у порівнянні з сирими, але підвищується вивільнення поліфенольних сполук та антиоксидантна активність.

Висушені за допомогою сублімаційної сушарки мікрокапсули із столових буряків, показали більш високу стабільність щодо вмісту бетаніну, фенольних сполук та кольорових параметрів під час зберігання при різних рН [168].

Запропоновано метод спінення м'якуша буряків з використанням яєчного білка і рибного желатину в якості спінюючих агентів, з наступним сушінням гарячим повітрям і подрібненням в порошок. Цей метод простіший і дешевший за розпилювальне або ліофільне сушіння [169, 170].

Вплив вакуумного сушіння на фізичні та хімічні властивості порошоків буряків розглянуто у роботі Kerr [171].

Розглянуто мікрохвильове сушіння буряків та моркви [172]. Запропоновано спосіб оптимізації розпилювального сушіння [173].

Спосіб сушіння сировини рослинного походження, що представлений Снежкіним Ю.Ф. [174] 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.

Порівняння різних методів сушіння показало, що сублімаційне сушіння дало нижчі константи розкладання сировини. Мікрокапсули, отримані сушінням методом розпилення і сублімацією, мають різну структуру завдяки механізмам сушіння [175].

Шутюк В.В. вбачав перспективу у сушінні концентрованого екстракту топінамбура, оскільки застосування розчинного порошку у виробництві значно спрощують умови зберігання та транспортування [176].

Експериментально встановлено раціональні параметри сушильного процесу та розроблено математичну модель сушіння екстракту топінамбура в

розпилювальній сушарці; розроблено теплогенератор контактного типу, який дає можливість одержувати сушильний агент з низьким вмістом окислів азоту.

Запропоновано технологію пектиновмісних фруктово-овочевих порошків із застосуванням двоетапного процесу сушіння. На першому етапі до рівноважної з навколишнім середовищем вологості, з подальшим досушуванням до низької кінцевої вологості у тунельних сушильних установках [177].

Турчиною Т.Я. [178] обґрунтовано методи інтенсифікації процесів тепловологопереносу, поліпшення властивостей порошків та підвищення ефективності висушування методом розпилювання термопластичних матеріалів з рослинної сировини.

Петрова Ж.О. [179], під час дослідження процесу виробництва гарбузового, морквяного, соєво-гарбузового та соєво-морквяного каротиновмісних порошків, запропонувала сушіння у конвективно-вакуумній та конвективній сушарках із двоступеневим режимом. Встановлено, що при цьому найкраще зберігаються каротиноїди у сировині.

При повітряному сушінні споживається велика кількість енергії, тому процес є надзвичайно дороговартісним. Це пов'язано з тим, що одночасно відбуваються процеси тепло- і масопереносу, це супроводжується фазовим зрушенням. Попередня обробка може бути використана для зменшення початкового вмісту води у фруктах або може бути використана для зміни структури тканини плода [180].

В якості попередньої перед сушінням обробки може застосовуватися осмотична дегідратація. Осмотичному зневодненню приділяється все більше уваги як ефективному методу збереження якості фруктів та овочів. Процес характеризується збереженням сенсорних характеристик: кольору, аромату, текстури та якості. поживний склад. Він менш енерговитратний, ніж процес повітряного або вакуумного сушіння, оскільки його можна проводити за низької температури або температури навколишнього середовища [181].

Це має потенційні переваги для переробної промисловості у підтримці якості продуктів харчування та збереженні їхньої корисних властивостей.

Висновки до розділу 1

Рослинна сировина є джерелом багатьох біологічно-активних речовин та невід'ємною складовою здорового харчового раціону. При переробці рослинної сировини утворюється велика кількість органічних відходів, які зазвичай, утилізуються або накопичуються на сміттєзвалищах.

Аналіз літературних джерел показав, що комплексна переробка рослинної сировини є надзвичайно актуальною проблемою. Питання зменшення кількості відходів виробництва харчових продуктів може бути вирішене шляхом застосування раціональних процесів переробки рослинної сировини.

При переробці рослинної сировини, крім відходів, утворюються побічні продукти, які є джерелом багатьох біологічно активних компонентів. Тому, доцільно їх переробляти і застосовувати в харчовій промисловості.

Коренеплідні овочі вирощуються в Україні у великій кількості, проте, процеси їх промислової переробки є досить обмеженими. В основному, вони використовуються при виробництві кулінарної продукції. Необхідно запропонувати альтернативні способи переробки коренеплідних овочів, які дозволять розширити напрями застосування овочів та їх похідних продуктів.

Нетрадиційною рослинною сировиною у вітчизняній харчовій промисловості є плоди дикорослих рослин. Разом з тим, вони є джерелом багатьох корисних речовин. Проте, практично відсутні способи їх промислової переробки.

Серед перспективних процесів, які дозволяють зберегти біологічну цінність рослинної сировини, можна виділити заморожування та сушіння. Актуальним питанням є розробка способу переробки рослинної сировини, який поєднає ці процеси. Даний спосіб може стати основою інноваційних технологій комплексної переробки рослинної сировини.

РОЗДІЛ II

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт, предмети та матеріали дослідження

Об'єктом дослідження дисертаційної роботи були: процеси заморожування, осмотичної дегідратації, сушіння; способи переробки рослинної сировини; похідні переробки рослинної сировини; технології застосування похідних переробки рослин.

Предмет дослідження: нова конструкція апарату для осмотичної дегідратації; порошки із коренеплідних овочів; цукати із коренеплідних овочів; похідні переробки плодів дикорослих рослин (частково зневоднені ягоди, порошки, осмотичні розчини); показники якості похідних переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин та харчових продуктів виготовлених на їх основі.

Методи досліджень включають натурні дослідження в промислових та лабораторних умовах, математичне моделювання, обчислювальний експеримент та оброблення результатів досліджень. Накопичення і аналіз інформації щодо об'єкту та предмету досліджень здійснювали емпірично-дослідним методом. Натурні експерименти здійснювалися за допомогою дослідної установки, виготовленої за розробленою нами конструкцією, в умовах пасивного експерименту. Оброблення експериментальних даних та розрахунки виконувались із застосуванням сучасних інтегрованих систем MathCAD 14, програми Microsoft Office Excel, редактора векторної графіки Microsoft Visio.

В ході дисертаційного дослідження використовувалися наступні *матеріали досліджень*: похідні переробки коренеплідних овочів; похідні переробки плодів дикорослих рослин.

У роботі використовували лабораторний посуд, допоміжні матеріали та реактиви (таблиця 1).

Матеріали, посуд та реактиви, використані в ході дослідження

№ п/п	Найменування матеріалу
1	Металеві бюкси з кришками
2	Чашки Петрі
3	Воронка Бюхнера
4	Насос Комовського
5	Тиглі фарфорові
6	Пробірки, склані палички
7	Мірні колби об'ємом 250 см ³
8	Піпетки
9	Буферний розчин рН 7,0
10	Буферний розчин рН 3,5
11	Соєво-казеїновий агар
12	Сабурдекстрозний агар
13	Розчин 250 г/л магнію сульфату
14	Сірчана кислота
15	Соляна кислота
16	Гідроксид натрію 200 г/дм ³
17	Метилловий оранжевий
18	Фенолфталеїн
19	Реактив тіоацетамід
20	Дистильована вода
21	Еталонний розчин свинцю (10 ppm Pb)

Використовували стиглі коренеплідні овочі таких сортів (рис.2.1): морква (*Daucus caróta*) Шантане, столовий буряк (*Beta vulgaris*) Бордо 237, пастернак (*Pastináca sátiva*) Білий лелека, селера (*Apium graveolens*) Максим.



Рис.2.1 – Коренеплідні овочі: морква (*Daucus caróta*), столовий буряк (*Beta vulgaris*), пастернак (*Pastináca sátiva*), селера (*Apium graveolens*)

На першому етапі експерименту було досліджено овочеві порошки виготовлені із основної частини коренеплодів та їх шкірок. Завданням цього дослідження було обґрунтування доцільності переробки овочевих шкірок з метою зменшення кількості відходів виробництва.

Схема переробки овочів включала наступні процеси (рис.2.2): механічні (сортування, миття), механічні (подрібнення, просіювання), масообмінний (сушіння), тепловий (охолодження).

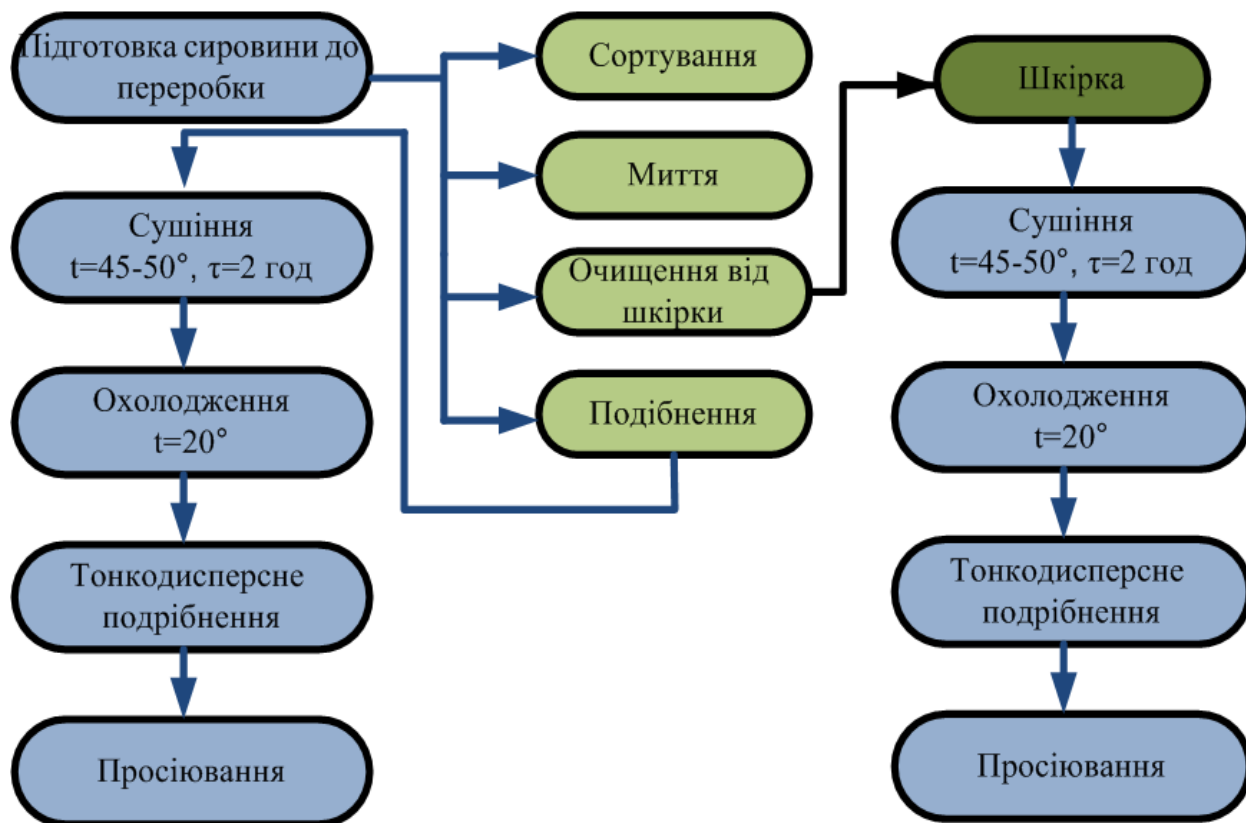


Рис.2.2 – Схема переробки коренеплідних овочів у лабораторних умовах

Коренеплоди ретельно відмивалися за допомогою теплої води, очищувалися від залишків бруду і дрібних корінців за допомогою дерев'яного ножа та ополіскувалися чистою проточною водою. Залишки вологи вбирали паперовим рушником і знімали із поверхні коренеплоду шкірку.

Для отримання порошків нарізали овочі та їх шкірки слайсами довжиною 30-50 мм, товщиною 2мм. Частинки шкірок та коренеплодів, без додаткового подрібнення викладали на решітку лабораторної інфрачервоної сушарки потужністю 1,8 кВт і висушували при температурі 45–50°C протягом 2 годин до досягнення масової частки вологи 8–10%.

исушені частинки за допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 (швидкість обертання валу 1047 рад/с) подрібнювали до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито №015 (0,15 мм).

Порошки із основної частини коренеплодів (рис.2.3) та із їх шкірок (рис.2.4) досліджували окремо.

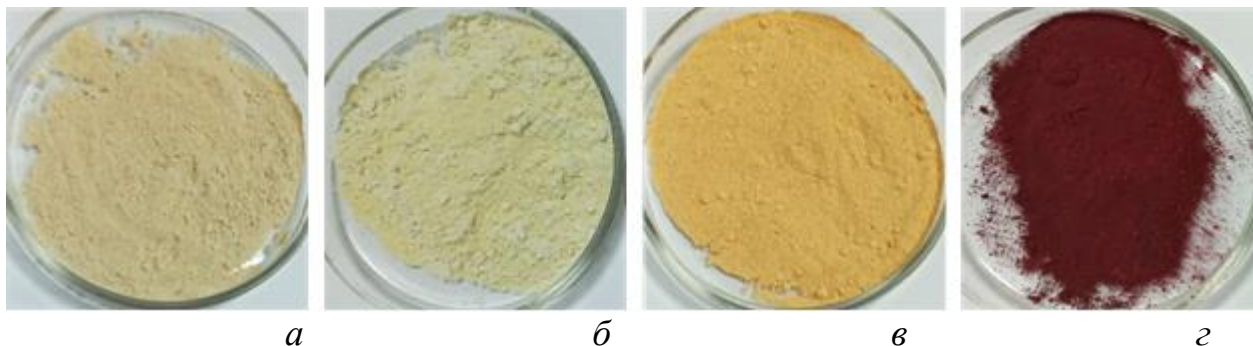


Рис.2.3 – Порошки із коренеплідних овочів: а – *Apium graveolens*; б – *Pastinaca sativa*; в – *Daucus carota*; г – *Beta vulgaris*



Рис.2.4 – Порошки із шкірок коренеплідних овочів: а – *Apium graveolens*; б – *Pastinaca sativa*; в – *Daucus carota*; г – *Beta vulgaris*

Сенсорна оцінка порошків із коренеплодів та їх шкірок показала, що за смаком, запахом, консистенцією вони не відрізнялися. Відмінність спостерігалася лише у кольорі. Порошки, виготовлені із шкірок, були дещо темнішими.

Розроблено рецептуру виготовлення макаронних виробів із порошками селери [182] і апробовано її на виробництві (Додаток 1).

Важливо на цьому етапі було довести, що при правильному проведенні процесів попередньої підготовки сировини, її можливо переробляти комплексно за безвідходними технологіями.

На другому етапі експерименту із коренеплідних овочів було виготовлено цукати із застосуванням осмотичної дегідратації та сушіння (рис.2.5).

Завданням цього етапу було дослідження впливу осмотичної дегідратації на інтенсивність зневоднення коренеплідних овочів, а також їх органолептичні та фізико-хімічні властивості. Крім того, важливим було встановити характеристики осмотичних розчинів і довести можливість їх подальшого використання.

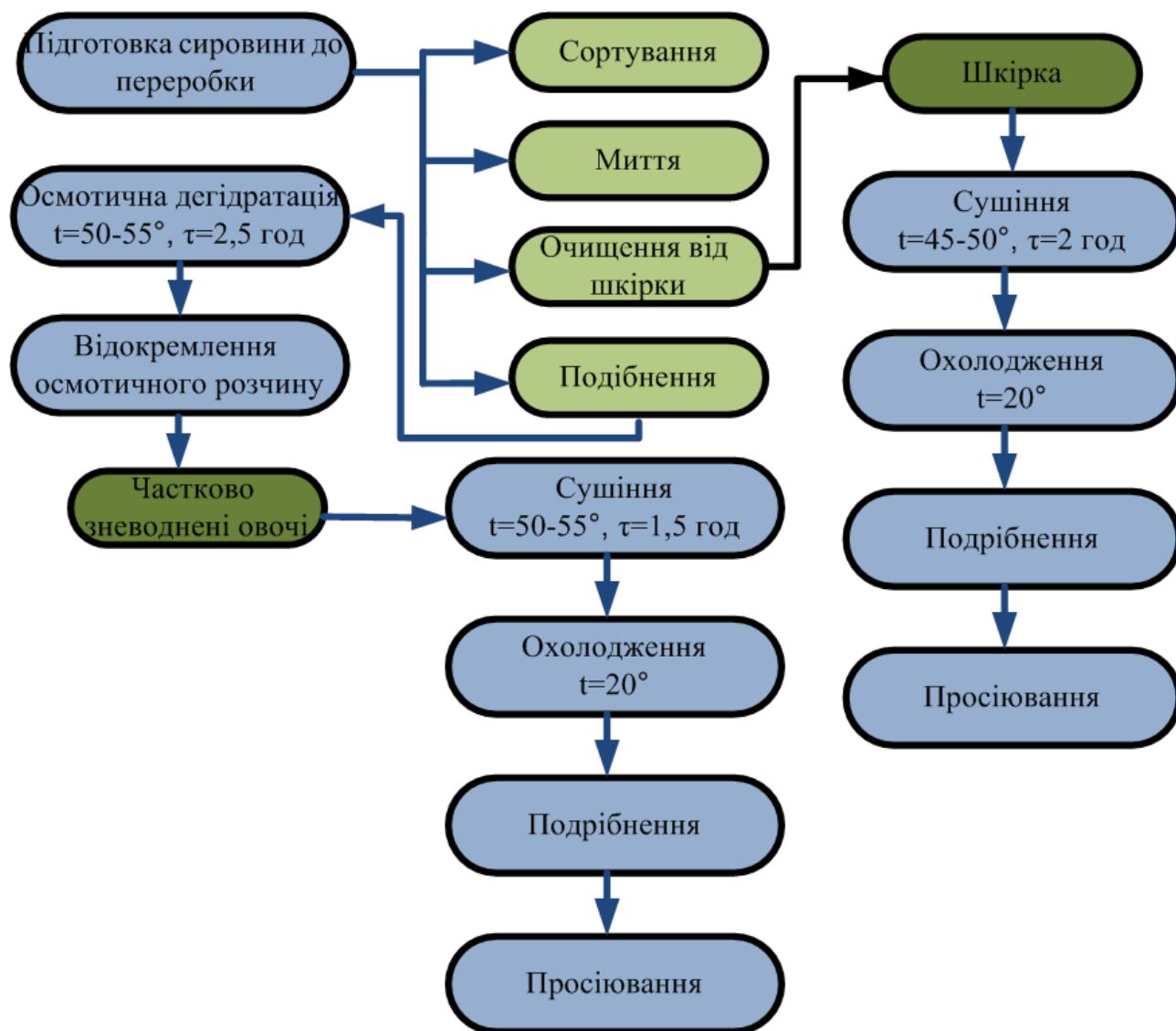


Рис.2.5 – Схема переробки коренеплідних овочів із застосуванням осмотичної дегідратації у лабораторних умовах

Очищені від шкірочки коренеплоди подрібнювали на шматочки у формі кубиків розміром 5×5×5 мм. Шматочки овочів занурювали у концентрований цукровий розчин (70%). Співвідношення цукрового розчину і овочів становило

1:1. Витримування овочів у цукровому розчині з масовою часткою сахарози 70 % здійснювали при температурі $50 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 2 годин.

Процес осмотичної дегідратації проводили за допомогою лабораторної установки (рис.2.22), виготовленої за розробленою нами конструкцією.

Після чого відділяли цукати від цукрового розчину і висушували в інфрачервоній сушарці (рис.2.6) протягом 1-1,5 години при температурі $50 \pm 5^\circ\text{C}$.



Рис.2.6 – Лабораторна інфрачервона сушарка

Висушені цукати (рис.2.7) аналізували за органолептичними та фізико-хімічними показниками.



a

б

в

г

Рис.2.7 – Овочеві цукати: *a* – *Apium graveolens*; *б* – *Pastinaca sativa*; *в* – *Daucus carota*; *г* – *Beta vulgaris*

Зберігали овочеві цукати у дой-пак паперових пакетах при кімнатній температурі

без доступу прямих сонячних променів. Розроблено рецептури йогуртів [183, 184] із додаванням бурякових цукатів (Додаток 2) та сиркових десертів [185] із овочевими цукатами (Додаток 3), апробовано її у виробничих умовах.

Утворені осмотичні розчини за рахунок переходу клітинного соку із овочів за органолептичними властивостями нагадували сировину. Зразки розчинів представлені на рис.2.8.



Рис.2.8 – Розчини після осмотичної дегідратації овочів: *a* – *Apium graveolens*;

б – *Pastinaca sativa*; *в* – *Daucus carota*; *г* – *Beta vulgaris*

Зберігали осмотичні розчини у скляній стерильній тарі у побутовому холодильнику. Перед зберіганням осмотичні розчини концентрували у лабораторній вакуум-сушарці (рис.2.9) при температурі $50 \pm 2^\circ\text{C}$.



Рис.2.9 – Лабораторна вакуум-сушарка

Цей захід є необхідним, оскільки при дегідратації масова частка сухих речовин та сахарози в осмотичних розчинах знижується за рахунок розбавлення клітинним соком. Зменшення вмісту сахарози в розчинах може призводити до розвитку мікроорганізмів.

На третьому етапі експерименту було перероблено плоди дикорослих рослин. Плоди дикорослих рослин *Hippophae rhamnoides* L., *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* збирали у період їх стиглості (вересень-листопад) у чагарниках Сумського та Охтирського районів Сумської області.

Завданням даного експерименту було розроблення раціонального способу переробки нетрадиційної дикорослої сировини та дослідження якості похідних її переробки, дослідження впливу осмотичної дегідратації на тривалість зневоднення ягід, їх біологічну цінність.

Схема переробки плодів включала наступні процеси (рис.2.10): гідромеханічні (сортування, миття), теплові (заморожування, дефростацію, охолодження), масообмінні (осмотичну дегідратацію, сушіння), механічні (подрібнення, просіювання).

ПДР ретельно відмивали, заморожували у побутовій морозильній камері ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$), а безпосередньо перед переробкою дефростували для покращення смакових властивостей. Змішували у співвідношенні 1:1 із 70-% розчином сахарози, нагрітим до $65\pm 2^{\circ}\text{C}$. Протягом 1 години суміш ретельно перемішували за постійної температури $50\pm 5^{\circ}\text{C}$.

При цьому вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшувався на 10–12%. Частково зневоднені плоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторній інфрачервоній сушарці (рис.2.6) при температурі $50\pm 5^{\circ}\text{C}$.

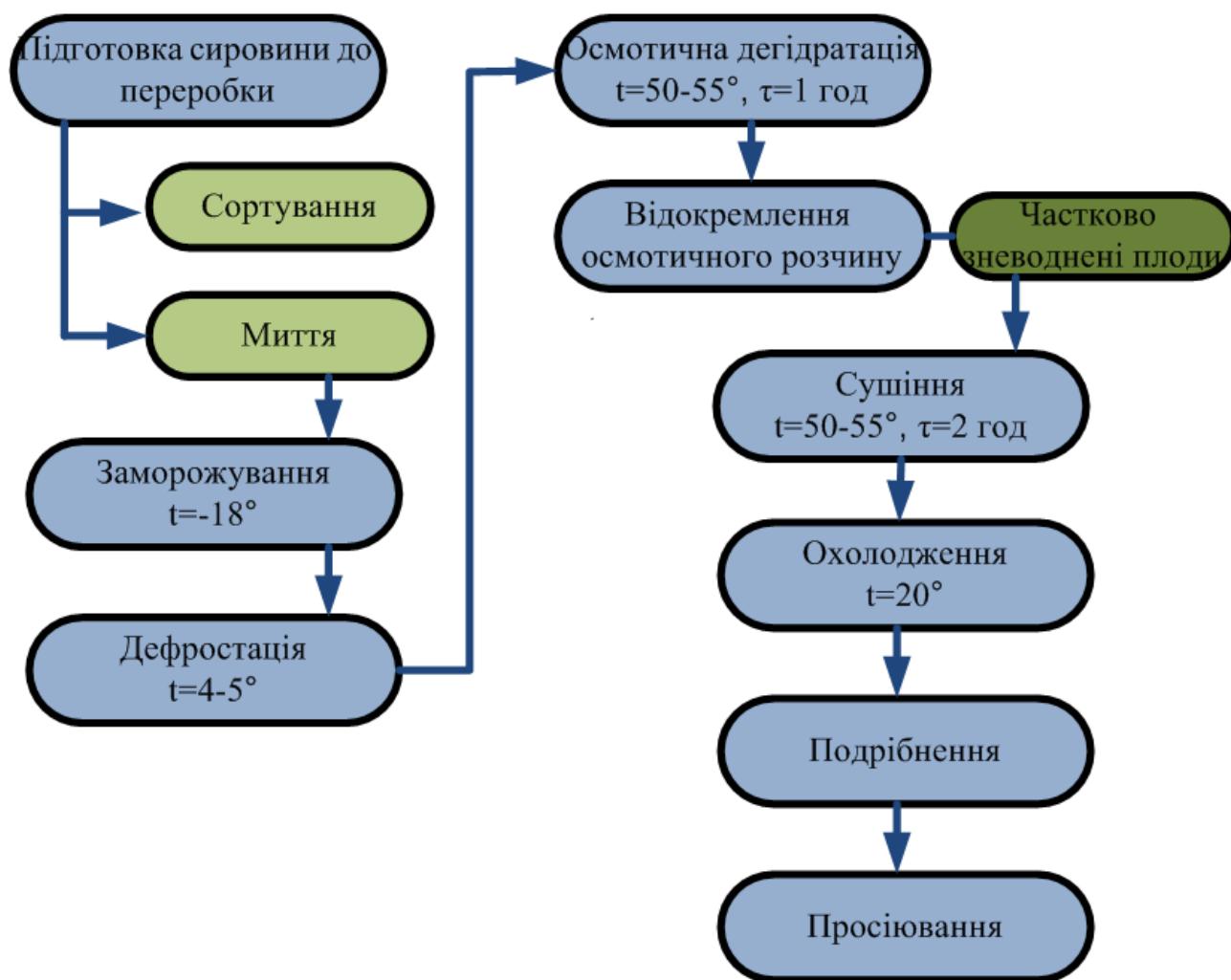


Рис.2.10 – Схема переробки плодів дикорослих рослин із застосуванням осмотичної дегідратації

Висушені похідні плодів подрібнювали у порошки за допомогою лабораторного дискового млина (рис.2.11) до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0,45 мм).



Рис.2.11 – Лабораторний дисковий млин



Рис. 2.12 – Порошки із плодів дикорослих рослин: *а* – *Hippophae rhamnoides* L.;
б – *Viburnum opulus*; *в* – *Sambucus nigra*; *г* – *Sorbus aucuparia*

Осмотичні розчини зберігалися в скляній стерильній тарі з кришками при температурі $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

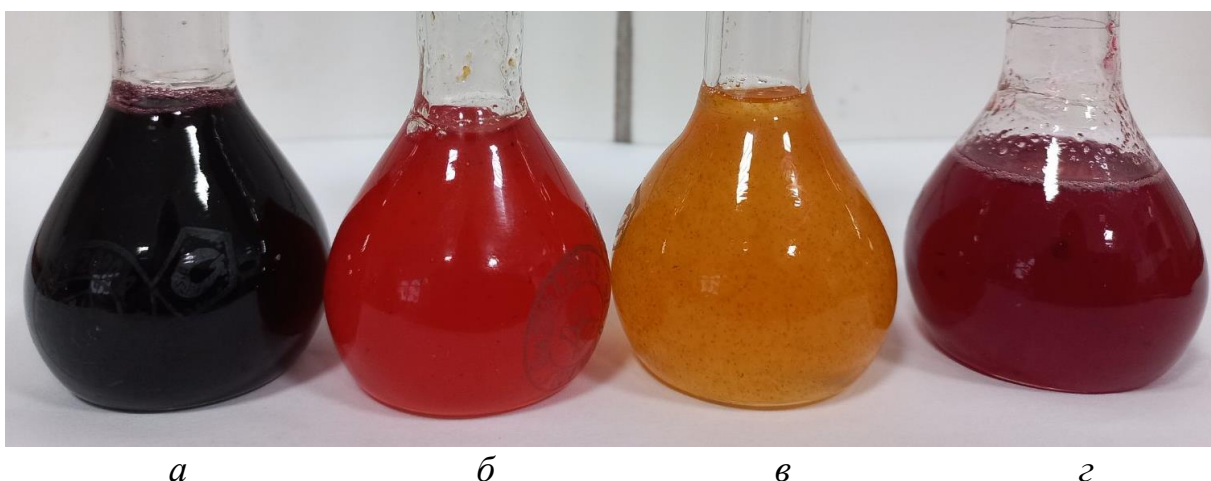


Рис. 2.13 – Осмотичні розчини після дегідратації плодів: *а* – *Sambucus nigra*;
б – *Sorbus aucuparia*; *в* – *Hippophae rhamnoides*; *г* – *Viburnum opulus*

Перед зберіганням осмотичні розчини після дегідратації плодів дикорослих рослин також концентрувалися. Проведено ретельний аналіз властивостей осмотичних розчинів після осмотичної дегідратації.

План теоретичних та експериментальних досліджень за темою дисертаційної роботи наведено на рис. 2.14.

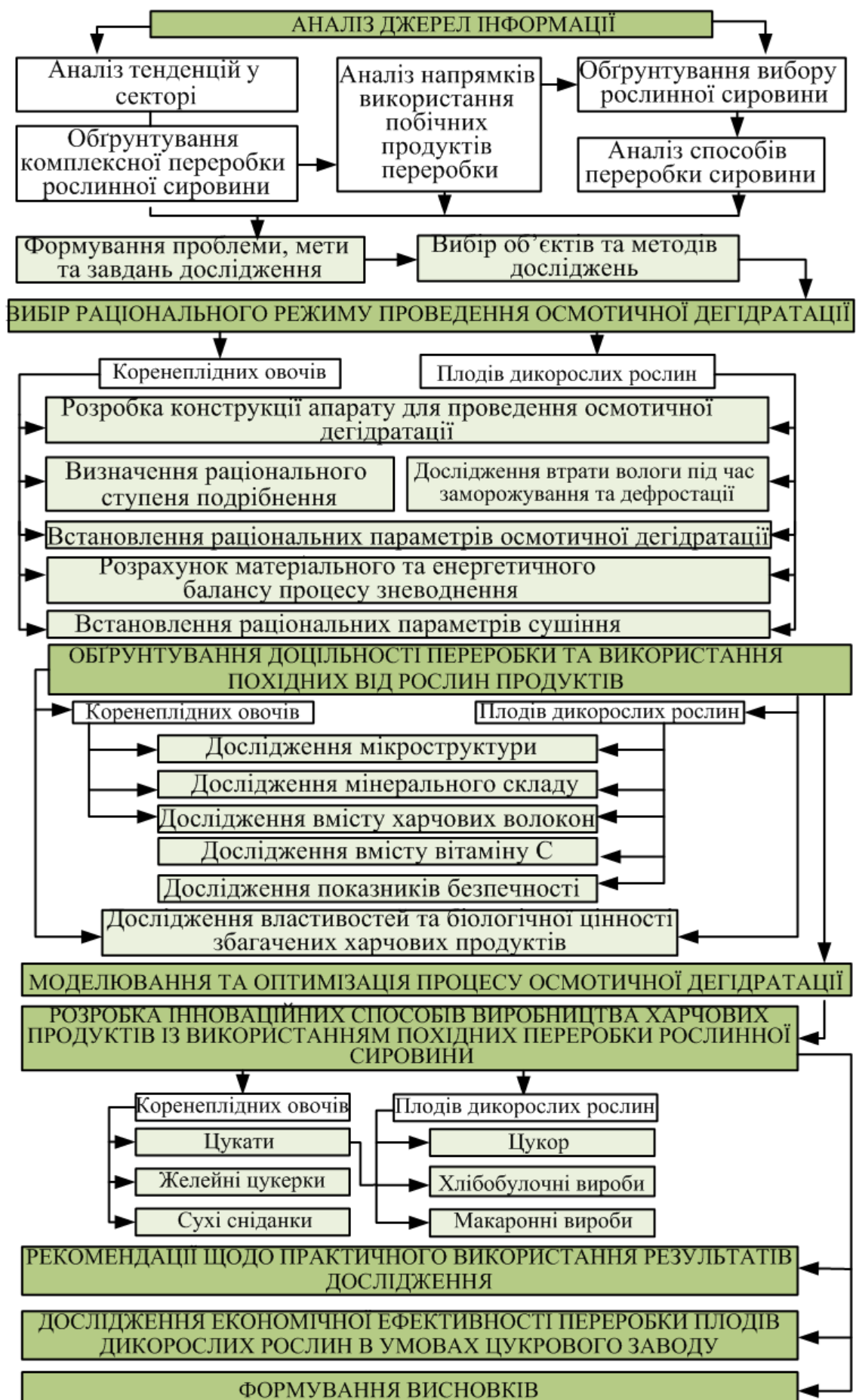


Рис.2.14 – План теоретичних та експериментальних досліджень

2.2. Методика дослідження овочевих порошків

2.2.1. Дослідження масової частки вологи

Масову частку вологи досліджували згідно ДСТУ 8004:2015 [186].

Для визначення масової частки вологи подрібнену наважку ППР масою 5 г, зважували в попередньо висушеному і зваженому бюксі зі скляною паличкою, кришкою та піском. Відкритий бюкс з наважкою поміщували в сушильну шафу, нагріту до температури $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$.

При внесенні бюкси в шафу температура в ній трохи знижується, тому відлік часу висушування проводили з того моменту, коли термометр показував 105°C . Висушування проводилось протягом 40 хв. Після закінчення висушування бюкси з наважкою нещільно прикривали кришками, поміщали в ексикатор на 20 хв., а потім, щільно закривши бюкси кришками, зважували.

Масову частку вологи (x) у відсотках обчислювали за формулою:

$$x = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot k \cdot 100, \quad (2.1)$$

де m_1 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском та наважкою до висушування, г;

m_2 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском та наважкою після висушування, г;

m_3 – маса бюкси з кришкою, паличкою, піском, г;

K – поправочний коефіцієнт.

2.2.2. Дослідження мікроструктури

Дослідження мікроструктури ППР проводили на скануючому електронному мікроскопі REMMA-102 (ВАТ«СЕЛМІ», м. Суми). Для проведення дослідження із порошків готували суспензію. Для цього порошки відновлювали у дистильованій воді за температури 30°C протягом 20 хв. Суспензію із порошків наносили на поверхню кремнієвого монокристала КЕФ (111) і висушували у вакуумі до повного випаровування розчинника. Сканування поверхні зразків

здійснювали за допомогою електронного пучка діаметром до 5 нм з енергією електронів 20 кВ. Кратність зображення становила 80–800 разів, роздільна здатність – 5 нм. Зображення отримували у пружновідбитих електронах у режимі COMPO.

2.2.3. Дослідження мінерального складу

Аналіз масового вмісту мікроелементів у досліджуваних зразків проводили за допомогою детектора SEM та EDS на основі мікроскопа SEO-SEM Inspect S50-B: мікроскоп AZtecOne з дисперсійним спектрометром з детектором X-MaxN20. Зразки для дослідження запресовували в таблетки діаметром 2 мм із шліфованою зовнішньою поверхнею. Для попередження накопичення поверхневого заряду в електронно-зондовому експерименті зразки діелектрика покривали тонким шаром (30-50 нм) срібла.

2.2.4. Дослідження функціональної дії морквяних порошоків на харчові продукти

2.2.4.1. Підготовка дослідних зразків збагаченого молока

Було підготовлено три зразки молока. В якості контролю було використане незбиране молоко А2. Зразок 1 виготовлений на основі того ж молока із 1% каротиновмісної добавки. Для виготовлення каротиновмісної добавки порошок, виготовлений із цільних коренеплодів моркви, змішувався із риб'ячим жиром у співвідношенні 1:1 і настоювався протягом доби. Після чого суспензія розділялася методом фільтрування на рідку і тверду фази. Рідка фаза використовувалася в якості добавки для збагачення молока. Зразок 2 виготовляли на основі того ж молока, що і попередні зразки. Для збагачення додавали 10% порошку із цільних коренеплодів моркви, виробленого описаним вище способом.

Схема виробництва збагаченого молока в лабораторних умовах представлена на рис.2.15.



Рис.2.15 – Схема виробництва молока збагаченого морквяним порошком у лабораторних умовах

Перед використанням незбиране молоко перевірялося за допомогою ультразвукового аналізатора. Серед параметрів вимірювалися вміст жиру, білка, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), вміст води, щільність. Для перевірки свіжості молока використовувався метод титрованої кислотності. За показниками якості, досліджуване молоко відповідало сорту «екстра» згідно з ДСТУ 3662:2018 [187].

Під час лабораторних досліджень використовували незбиране, не гомогенізоване молоко. Морквяний порошок змішували із попередньо нагрітим молоком і перемішували протягом 30 хв. При цьому відбувалося екстрагування певних речовин із морквяного порошку в молоко. Після відокремлення морквяної мезги від молока, здійснювали пастеризацію. Мезгу використовували для збагачення сиркових виробів харчовими волокнами.

2.2.4.2. Визначення вмісту каротиноїдів у молоці збагаченому морквяним порошком

Порошки вносили у молоко, ретельно перемішували протягом 30 хв. Далі молочну збагачену суміш нагрівали до температури 70-75 °С, фільтрували. В якості фільтрувальних перегородок використовували фільтри для цідилки молока FARMA (Нідерланди) діаметром 95мм. Фільтроване збагачене молоко

пастеризували ($t=90-95\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=15-20\text{ с}$). Пастеризоване молоко охолоджували до 20°C та аналізували. Масову частку каротиноїдів визначали хімічним методом. Наважку 15 г поміщали у круглодонну колбу зі зворотним холодильником і гідролізували 30 хвилин у лужно-спиртовому середовищі при постійному кипінні суміші та помішуванні. Для запобігання окислення до суміші додавали 150 мг аскорбінової кислоти. По закінченню гідролізу суміш охолоджували та кількісно переносили у розподільчу лійку, додаючи дистильованої води.

Екстракцію неомилуваних речовин з суміші проводили 3 рази діетиловим ефіром, порціями по 50 мл . Для подальшої очистки після упарювання розчинника до $20-30\text{ мл}$ проводили повторне омилення, для чого до екстракту додавали рівний об'єм 5% -го спиртового розчину гідроксиду калію і знову нагрівали зі зворотним холодильником протягом 30 хв на водяній бані при температурі кипіння суміші.

Охолоджений розчин переносили у розподільчу лійку, додаючи невелику кількість дистильованої води до розділення шарів. Верхній шар промивали $5-8\text{ разів}$ дистильованою водою до нейтральної реакції по фенолфталеїну, висушували, додаючи безводний сульфат натрію, і упарювали на роторному випаровувачі при температурі 30°C до об'єму $3-5\text{ мл}$. Подальше очищення каротину проводили на колонці з оксидом алюмінію, що містить $5\text{ \%}$ води, з використанням хроматографічної суміші гексан-ацетон ($98:2$) та невеликим розрідженням. Елюцію проводили допоки елюат не стане повністю прозорим, як контроль використовуючи чистий гексан.

Елюат випаровували на роторному випаровувачі досуха, залишок розчиняли у гексані, кількісно переносили у мірну колбу, об'ємом 25 мл , і визначали оптичну густину розчину за довжини хвилі 452 нм . Розрахунок масової частки каротину у продукті вели з урахуванням коефіцієнту повернення, що попередньо визначали як відношення кількості стандарту каротину, елюйованого з колонки, до кількості, нанесеній для хроматографії, а також коефіцієнту екстинкції $E_{1\%1\text{см}} = 2500$. Дослідження проводили в кількох послідовностях, розраховуючи середній результат.

2.2.4.3. Визначення амінокислотного складу молока збагаченого морквяними порошками

Визначення амінокислот у молоці проводили методом ВЕРХ із застосуванням рідинного хроматографа Agilent 1200 (США) діодноматричним детектуванням з довжиною хвилі 280 нм.



Рис.2.16 – Рідинний хроматограф

Хроматографічний поділ був таким же, і проводився на колонці С18 при температурі 16°C. В якості рухомої фази використовувався ацетонітрил і ацетатний буфер (рН 6,0) в градієнтному режимі елюювання з витратою елюентів 1,0 мл/хв [188].

2.2.5. Дослідження йогуртів збагачених буряковими порошками

Низькотемпературний режим обробки м'якоті та шкірки не сприяє повному мікробіологічному знезараженню. Внесення порошоків у молоко може сприяти розвитку плісняви та дріжджових клітин у готовому продукті в процесі зберігання. Використання рентгенівського опромінення вплине на розвиток патогенної мікрофлори, що дасть можливість використовувати бурякові порошки як функціональну добавку.

Досліджувані йогурти виготовлялися в лабораторних умовах за традиційною технологією термостатним способом із незбираного молока (рис.2.17).

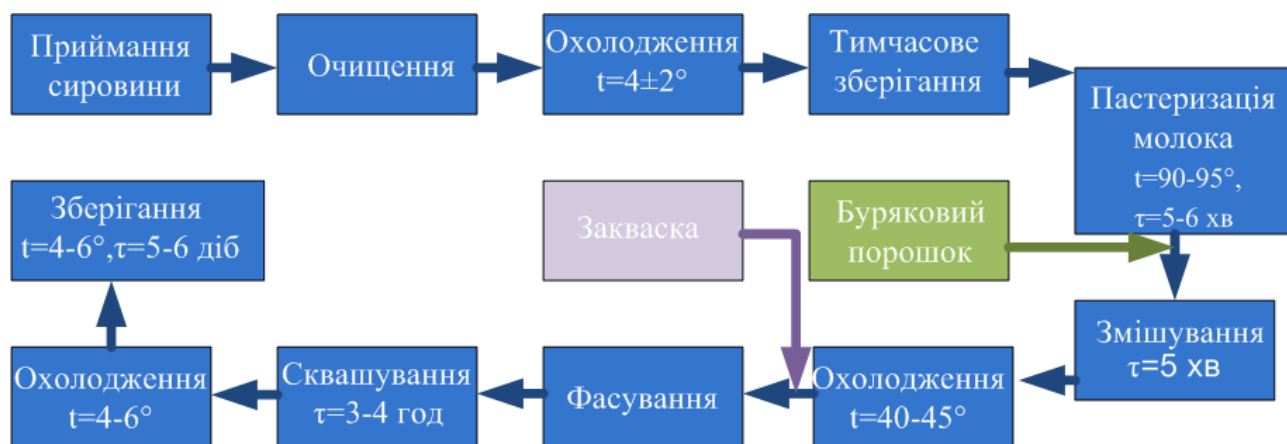


Рис.2.17 – Схема виробництва йогуртів збагачених буряковим порошком у лабораторних умовах

Спосіб виробництва йогурту з буряковим порошком передбачав: підготовку сировинних компонентів (молоко незбиране жирністю 3,8%, порошок буряковий вологістю 7%), пастеризацію молока при температурі 90—95°C, внесення бурякового порошку (15%), перемішування отриманої суміші температури сквашування (40—45°C), внесення сухої закваски (1,5%), сквашування протягом 3—4 годин, перемішування, охолодження. Як контрольний зразок виготовлені йогурти без порошку.

Для приготування йогурту використовували закваску бактеріальну “Йогурт VIVO”, виготовлену згідно з ТУУ15.5-3060300036-001:2009 Технологічним інститутом молока та м'яса (Державне дослідне підприємство бактеріальних заквасок).

Кількість плісняви та дріжджів у зразках досліджували згідно з ДСТУ ISO 7954: 2006 [189].

Посіви в чашках Петрі заливали розплавленим і охолодженим до (45±1) °C щільним середовищем. Паралельно із цим заливали в чашку Петрі 15—20 см середовища для перевірки її стерильності. Чашки інкубували в аеробних умовах при температурі (25±1) °C протягом 5 діб. Через 5 діб проводили остаточний облік кількості колоній, що вирости. Досліджувалися також зразки через 14, 21 та 27 днів зберігання в умовах, передбачених нормативною документацією. Пробу, в якій було виявлено плісняві гриби, висівали в рідке живильне середовище у співвідношенні приблизно 1:5.

2.2.6. Дослідження йогуртів збагачених буряковими цукатами

Досліджувані зразки було виготовлено термостатним способом в лабораторії Сумського національного аграрного університету.

Технологічна схема виробництва йогуртів збагачених буряковими цукатами представлена на рис.2.18. Очищене молоко пастеризували за температури 90–95°C з витримкою 3 хв. Нами обрано високотемпературний режим пастеризації, оскільки при низькій температурі зазвичай утворюється нещільний згусток, це пояснюється ступенем гідратації міцел казеїну, а також збільшенням вмісту денатурованих білків сироватки.

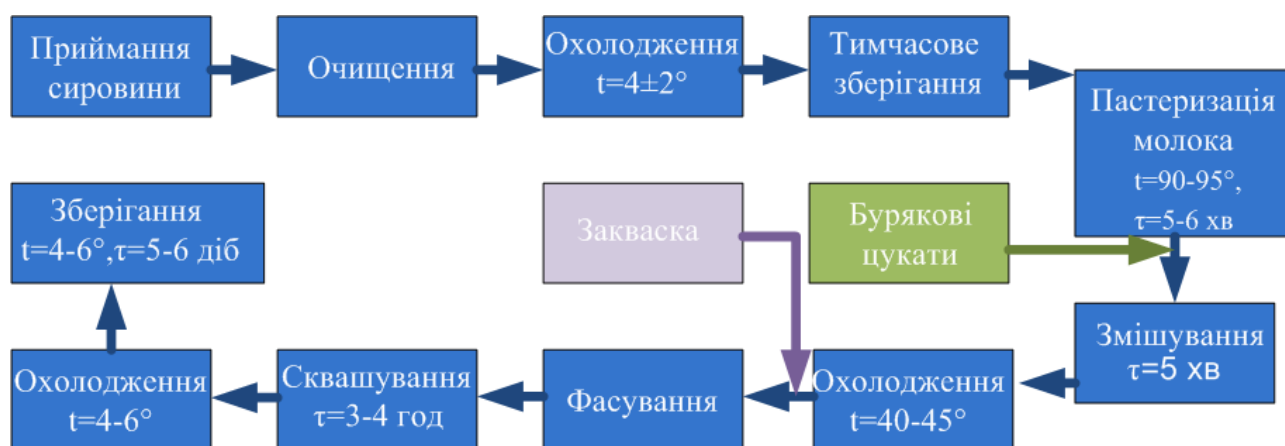


Рис.2.18 – Схема виробництва йогуртів збагачених буряковим порошком у лабораторних умовах

У пастеризоване молоко вносили наповнювачі, перемішували суміш протягом 5 хв і охолоджували до температури 40–45°C. При досягненні заданої температури, в суміш вносили закваску.

Для приготування йогуртів використовували закваску бактеріальну “Йогурт VIVO” виготовлену згідно ТУУ15.5-3060300036-001:2009 Технологічним інститутом молока та м’яса (Державне дослідне підприємство бактеріальних заквасок). Сквашування проводили у термостаті при температурі 40...45°C протягом 2,8 годин до утворення згустку.

Напрягу зсуву визначали за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» (рис.2.19) протягом 30 с, при градієнті зсуву 100 с⁻¹, використовували шпindel S1.



Рис.2.19 – Ротаційний віскозиметр

Температура визначення 25°C. Ефективну в'язкість розраховували за формулою (рівняння Освальда де Вале):

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{\theta}{\gamma}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{\text{еф}}$ — ефективна в'язкість, Па·с;

θ — напруга зсуву, Па;

γ — швидкість зсуву, (с⁻¹).

Для оцінки здатності згустку утримувати вологу за рахунок гідрофільних зв'язків, проби йогуртів (10 см³) центрифугували протягом 60 хв з кроком 15 хв і вимірювали об'єм отриманої сироватки в мл.



Рис.2.20 – Лабораторна центрифуга

Розрахунки проводили за формулою:

$$ВУЗ = (1 - \frac{\alpha}{\beta}) \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де $ВУЗ$ – вологоутримувальну здатність йогурту, %;

α – об'єм сироватки, мл;

β – об'єм йогурту, мл.

Активну кислотність продуктів визначали методом прямої потенціометрії за допомогою рН-метра “рН-500” (рис.2.21). Титровану – за ДСТУ ISO 11869 [190].



Рис. 2.21 – “рН-500” рН-метр

Побудову та математичну обробку результатів проводили в програмі MS Excel 2010.

2.3. Дослідження процесу осмотичної дегідратації

2.3.1. Розроблення лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень

Розроблено конструкцію апарату та виготовлено лабортарну установку для осмотичної дегідратації (рис. 2.22).

Апарат для осмотичної дегідратації складається із робочого корпусу 4, виготовленого із нержавіючої сталі та щита керування 2. Апарат оснощений двома мішалками: якірною 1 для перемішування суміші осмотичного розчину та рослинної сировини та магнітно 6, яка забезпечує рівномірний нагрів суміші. Рослинна сировина завантажується і видаляється із апарату через верхню частину, обладнану кришкою 3.

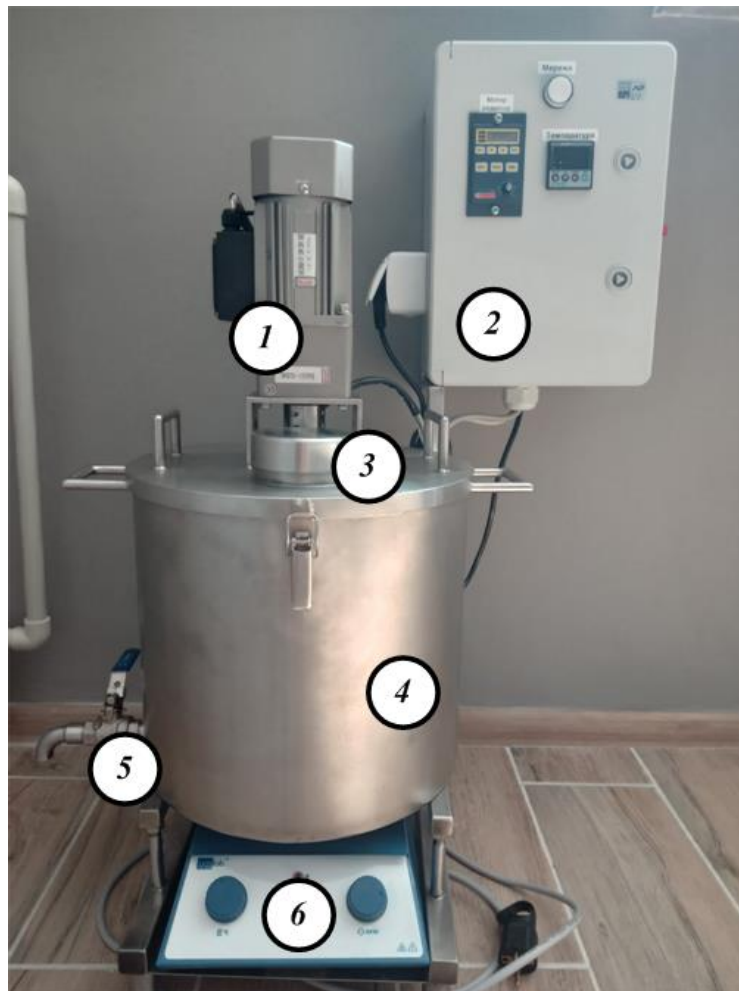


Рис. 2.22 – Схема лабораторної установки для проведення осмотичної дегідратації

В нижній частині корпусу розміщено зливний кран 5, через який виводиться осмотичний розчин після зневоднення сировини.

Детальна технічна характеристика апарату для проведення осмотичної дегідратації представлена в розділі 3.6, рис.3.6..

Потужність нагрівального елементу апарату осмотичної дегідратації розраховували за формулою:

$$P = \frac{k \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{\tau}, \quad (2.4)$$

де k – температурний коефіцієнт розширення (0,00117);

τ – час нагріву, хв;

V – об'єм рідини, м³;

t_2 – температура кінцева, °С;

t_1 – температура початкова, °С.

2.3.2. Методика визначення оптимальних розмірів частинок коренеплідних овочів для проведення осмотичної дегідратації

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

2.3.3. Дослідження масової частки цукрів у похідних продуктах після осмотичної дегідратації

Масову частку сахарози визначали згідно ДСТУ 4954:2008 фотоколориметричним методом [191].

Масову частку загального цукру визначали перманганатним методом. Наважку досліджуваного продукту зважували у склянці з точністю до 0,0001. Наважку переносили у мірну колбу об'ємом 250 см³, обмиваючи склянку 120 см³ дистильованої води. Органічні кислоти наважки нейтралізували розчином вуглекислого натрію до рН 7,0, застосовуючи для контролю лакмусовий папірець. Після нейтралізації колбу з розчином нагрівали на водяній бані 15 хв при температурі 80 °C часто перемішуючи. Після цього вміст колби охолоджували до кімнатної температури та розчином оцтовокислого свинцю осаджували речовини, що заважають визначенню цукрів.

Перед визначенням вмісту загального цукру проводили інверсію сахарози. Для цього 50 см³ фільтрату піпеткою переносили в колбу об'ємом 100 см³, додавали 5 см³ соляної кислоти та перемішували. Колбу з термометром

поміщали у нагріту до 70°C водяну баню. Доводили температуру розчину в колбі до 70°C і витримували 5 хв.

Після інверсії розчин одразу охолоджували під струменем холодної води до кімнатної температури. Термометр необхідно вийняти та промити. Додали одну каплю розчину метилового оранжевого і обережно нейтралізували, додаючи краплями спочатку розчин гідроксиду натрію.

Масова концентрація гідроксиду натрію на початку має складати 200 г/дм³. При завершенні нейтралізації концентрація гідроксиду натрію має складати 10 г/дм³ до появи жовто-оранжевого кольору. Потім нейтралізований розчин доводили дистильованою водою до об'єму 100 см³. Загальний вміст цукру знаходили тим самим методом, що для визначення масової частки редуковальних цукрів, у відсотках до маси:

$$\omega_{\text{ц}} = \frac{m_1 \cdot V}{m \cdot V_1} \cdot 10^{-1}, \quad (2.5)$$

де m_1 – маса редуковальних цукрів знайдена за таблицями, мг;

V – об'єм випробувального розчину, який готують з наважки, см³;

m – маса наважки продукту, г;

V_1 – об'єм розчину, який використано для визначення цукрів, см³;

10^{-1} – коефіцієнт перерахування у відсотки.

2.4. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення овочів

Враховуючи, що процес осмотичної дегідратації є періодичним, витрату компонентів витрачався в одиницях маси за цикл роботи апарату. Згідно з законом збереження маси складали рівняння матеріального балансу. Матеріальний баланс процесу осмотичної дегідратації розраховували за формулою:

$$m_A + m_B = m_C + m_D, \quad (2.6)$$

де m_A – маса цукрового розчину, г;

m_B – маса свіжих подрібнених овочів, г;

m_C – маса частково зневоднених овочів, г;

m_D – маса осмотичного розчину після дегідратації, г.

Матеріальний баланс процесу сушіння розраховували за формулою:

$$m_{\text{чзО}} = m_{\text{СО}} + m_V, \quad (2.7)$$

де $m_{\text{чзО}}$ – маса частково зневоднених овочів, г;

$m_{\text{СО}}$ – маса сухих овочів, г;

m_V – маса видаленої води, г.

2.5. Методика дослідження похідних переробки плодів дикорослих рослин

Масову частку води, мікроструктуру порошків та їх мінеральний склад визначали за тими ж методиками, що й порошки, виготовлені із коренеплідних овочів (2.2.1; 2.2.2; 2.2.3). Масову частку цукрів визначали за методикою 2.3.3.

2.5.1. Методика визначення раціонального режиму осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин

Ретельно відмиті, заморожені (-18°C), а після дефростовані плоди, змішували у співвідношенні 1:1 із розчинами сахарози різних концентрацій (50, 60, 70%), нагрітим до 65°C . Процес дегідратації проводили в лабораторній установці для осмотичної дегідратації (рис.2.22) протягом 60 та 90 хв. При цьому суміш ретельно перемішували за постійної температури 50°C . Після дегідратації вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшувався на 8-10%.

Частково зневоднені плоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторній інфрачервоній сушарці при температурі 60°C до масової частки сухих речовин у висушеному продукті 7-8%. Паралельно було проведено висушування дефростованих ягід без попередньої осмотичної дегідратації. Висушені похідні ягід подрібнювали у порошки за

допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0,45 мм).

2.5.2. Методика проведення мікробіологічного аналізу порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин

Підготовка сировини (плоди дикорослих рослин) здійснювалася без використання дезінфікуючих засобів, крім того, застосовувалися низькотемпературні режими обробки. Отримані порошки після 6 місяців зберігання проаналізували на наявність шкідливої мікрофлори, з метою визначення їх здатності до зберігання. 10 г зразка поміщали в стерильну ємність, додавали буферний розчин з рН 7,0 (40–45 °С) до кінцевого об'єму 100 мл. Суспендували, ретельно струшуючи, до отримання однорідної суспензії (зразок 1). 10 мл зразка 1 помістити в стерильну ємність, додавали буферний розчин з рН 7,0 до кінцевого об'єму 100 мл (зразок 2).

Для визначення загального числа МАФАМ: по 1 мл зразка 2 висівали на 2 чашки Петрі та додавали 15–20 мл соєво-казеїнового агару температурою не вище 45°C. Після застигання агару чашки інкубували при температурі 30–35°C протягом 5 діб, переглядаючи щодня, фіксуючи кількість КУО на чашках. Для визначення загального числа дріжджових та плісневих грибів: по 1 мл зразка 2 висіювали на 2 чашки Петрі та додавали 15–20 мл сабуродекстрозного агару температурою не вище 45°C. Після застигання агару чашки інкубували при температурі 20–25°C протягом 7 діб, переглядали щодня, фіксуючи кількість КУО на чашках.

Підрахунок числа КУО в 1г здійснювали за формулою [192]:

$$\frac{\sum k \cdot x}{n}, \quad (2.8)$$

де, $\sum k$ – кількість колоній на чашках;

n – кількість чашок, яка використовується при контролі (2);

x – показник розведення (для МАФАМ – 100, для грибів – 100).

При відсутності колоній на чашках результати позначити в 1 г: МАФАМ <100 КУО; дріжджів <100 КУО; плісневих грибів <100 КУО. Загальне число МАФАМ: не більше 1·10000 КУО/г; загальне число дріжджових грибів не більше 1·100 КУО/г, загальне число плісневих грибів не більше 1·100 КУО/г.

2.5.3. Методика визначення показників безпечності порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин

Враховуючи, що плоди дикорослих рослин є органічним продуктом, зібрані для досліджень на території Сумського та Охтирського районів Сумської області, похідні їх переробки досліджено на показник безпечності. Контроль безпечності порошків із похідних переробки дикорослих ягід здійснювали за вмістом важких металів в них. Випробування проводилося згідно Державної Фармакопеї України. У кварцовий тигель поміщали 4 мл розчину 250 г/л магнію сульфату Р у кислоті сірчаній розведений Р (V_{MgSO_4}) і додавали 1,000 г субстанції. Перемішували скляною паличкою.

Поміщали тигель в прилад для озолення, обережно випарювали і обвуглювали. Тигель з обвугленим залишком поміщували у муфельну піч і спалювали за температури не більше 800°C (Т) до одержання білого або сіруватого залишку. Тигель охолоджували. Змочували залишок кількома краплями кислоти сірчаної розведеної і повторювали процедуру. Загальний час спалювання має бути не більше 2 годин.

Залишок з охолодженого тигля кількісно переносили у пробірку двома порціями кислоти хлористоводневої розведеної по 5 мл кожна. Додавали 0,1 мл розчину фенолфталеїну і підлужнювали розчином аміаку концентрованого до появи рожевого забарвлення. Охолоджували, обережно додавали кислоту оцтову льодяну до знебарвлення розчину і додавали ще 0,5 мл кислоти оцтової льодяної. За необхідності, розчин фільтрували і промивали фільтр водою.

Доводили об'єм розчину водою до 20 мл і перемішували (розчин С). 12 мл розчину С поміщували у пробірку, додавали 2 мл буферного розчину рН 3,5 та перемішували. Одержану суміш виливали у пробірку, в яку попередньо

поміщували 1,2 мл реактиву тіоацетаміду, та негайно перемішували (випробуваний розчин). Готували еталонний розчин свинцю (10 ppm Pb). 0,5 мл еталонного розчину свинцю (1000 ppm Pb) *P* доводили до об'єму 50,0 мл водою. Поміщали у тигель 4 мл розчину 250 г/л магнію сульфату у кислоті сірчаній розведених (V_{MgSO_4}) і додавали 1,0 мл еталонного розчину свинцю (10 ppm Pb) *P* 10 мл одержаного розчину поміщали у пробірку, додавали 2 мл розчину *C*, 2 мл буферного розчину рН 3,5 *P* та перемішували.

Одержану суміш виливали у пробірку, в яку попередньо помістили 1,2 мл реактиву тіоацетаміду *P*, та негайно перемішують (еталон). В пробірку наливали 10 мл води *P*, 2 мл розчину *C*, 2 мл буферного розчину рН 3,5 *P* та перемішували. Одержану суміш виливали у пробірку, в яку попередньо помістили 1,2 мл реактиву тіоацетаміду, і негайно перемішували (холостий розчин). Через 2 хвилини (τ) порівнювали забарвлення випробуваного, холостого та еталонного розчинів.

Розчин порівняння повинен мати коричневе забарвлення при порівнянні з холостим розчином. Коричнєве забарвлення випробуваного розчину має бути не більш інтенсивним за забарвлення розчину порівняння. Вміст важких металів не має перевищувати 0,001 % (10 ppm Pb).

2.5.4. Дослідження амінокислотного складу похідних переробки плодів дикорослих рослин

Ідентифікацію амінокислотного спектра проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою амінокислотного аналізатора «BIOTRONIK» (Німеччина). Для визначення загального вмісту амінокислот наважку сировини 0,3 г поміщали у пробірку з притертою пробкою місткістю 50 мл, додавали 10 мл води дистильованої та 10 мл концентрованої кислоти хлористоводневої, ретельно перемішували та залишали у сухожаровій шафі при 130°C протягом 8 годин.

Після закінчення гідролізу розчин фільтрували, упарювали та доводили рН до 2,2. До 1 мл підготовленої проби додавали 1 мл буферного розчину з рН 2,2,

пропускали суміш через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм. Відбирали 50 мкл очищеної проби і вводили в хроматографічну іонобмінну колонку аналізатора.

2.5.5. Дослідження вмісту вітаміну С похідних переробки плодів дикорослих рослин

Вміст вітаміну С у експериментальних зразках (порошках та сиропах) вивчали за допомогою ВЕРХ (Agilent Technologies 1200, детектор з UV-Vis Abs, детекція при $\lambda=240$ і 300 нм, колонка C18 (Zorbax SB-C18 4,6×150 мм, 5 мкм)). Використовували наступну мобільну фазу: метанол і 0,02М розчин KH_2PO_4 (20:80). Застосовували ізократичну обробку зі швидкістю елюювання 1 мл/хв і температурою аналітичної колонки 40 °C. Об'єм ін'єкції 20 мкл.

Екстракцію зразків проводили методом додавання мобільної фази (20 мл) до порошкоподібних (1 гр) та рідких зразків (5 мл). Отримані зразки центрифугували тричі (центрифуга ОПН-12) при 10000 об/хв протягом 10 хвилин. Екстракти фільтрували використовуючи фільтр PTFE Agilent 0.45μm.

2.5.6. Дослідження вмісту вітаміну Е у порошках із плодів обліпихи

Вивільнення вітаміну Е з експериментальних зразків вивчали за допомогою ВЕРХ (Agilent Technologies 1200, детектор з UV-Vis Abs, детекція при $\lambda=290$ нм, колонка C18 (Zorbax SB-C18 4,6×150 мм, 5 мкм)). Використовували наступну мобільну фазу: метанол і H_2O (ультрачиста для HPLC) (95:5). Застосовували ізократичну обробку зі швидкістю елюювання 1 мл/хв і температурою аналітичної колонки 40 °C. Об'єм ін'єкції 20 мкл.

Екстракцію зразків проводили методом додавання мобільної фази (30 мл) до порошкового зразку обліпихи (1 гр). Екстракція відбувалась в шейкері ІКА KS 4000 при температурі 30 °C , rpm 200 протягом доби. Екстракти фільтрували використовуючи фільтр PTFE Agilent 0.45μm.

2.5.7. Методика дослідження вмісту харчових волокон у похідних переробки плодів дикорослих рослин

Вміст клітковини визначали методом Вінда, який полягає у кислотному оброблянні з наступним оброблянням лугом згідно з ДСТУ ISO 5498:2004 (ISO 5498:1981, IDT) [193].

Наважку порошоків масою 2,5 г, вносили в конічну колбу місткістю 250 см³ зі зворотним повітряним холодильником, приливали розчин сірчаної кислоти з масовою часткою 1,25 % об'ємом 50 см³, амілового спирту об'ємом 0,2 см³ і нагрівали вміст колби до легкого кипіння. Після 30-хвилинного кислотного гідролізу колбу від'єднували від холодильника, охолоджували та нейтралізували її вміст розчином гідроокису натрію масовою часткою 33 % в присутності фенолфталеїну.

Після нейтралізації додавали розчин гідроокису натрію з масовою часткою 33 % об'ємом 1,70 см³ для утворення необхідного щільного середовища в реакційній колбі. Після 30-хвилинного щільного гідролізу вміст колби кількісно переносили на сухий фільтр, попередньо зважений з бюксою, розташований на воронці Бюхнера. Для того, щоб частинки клітковини не залишалися на стінках воронки, їх змивали на фільтр за допомогою промивалки. Клітковину промивали на фільтрі гарячою водою при слабкому розрідженні насосом Комовського, потім розчином оцтової кислоти масовою часткою 2 %, і знову гарячою водою. Клітковину підсушували на фільтрі, пропускаючи повітря.

Останні сліди вологи видаляють обробкою клітковини протягом 2-х хвилин спиртово-ефірною сумішшю (1:1) об'ємом 5 см³, яку відфільтровують потім в охолоджену колбу Бунзена. Повітряно-сухий фільтр з клітковиною обережно піднімають гострим шпателем, складають вчетверо і переносять в ту саму бюксу, в якій раніше сушили фільтр. Сушіння здійснюють на приладі ВНДІХП – ВЧ при 160°C на протязі 10 хвилин. Визначивши масу попередньо висушених фільтра і бюкси до і після фільтрування, розраховують вміст в наважці клітковини в грамах, а потім в масових частках процента на суху речовину.

Вміст «сирої» клітковини (X) в масових частках (%) в перерахунок на абсолютно суху речовину розраховують за формулою:

$$x = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot (100 - W)}, \quad (2.9)$$

де m_1 – маса бюкси з клітковиною і фільтром, г;

m_2 – маса бюкси з фільтром, г;

m – маса наважки продукту, г.

За остаточний результат приймали середнє арифметичне двох паралельних визначень. Допустимі розбіжності між двома результатами паралельних визначень не повинні перевищувати $\pm 0,15\%$.

2.6. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення похідних переробки плодів дикорослих рослин

Враховуючи, що осмотична дегідратація є періодичним процесом, витрату компонентів витрачався в одиницях маси за цикл роботи апарату. Згідно з законом збереження маси складали рівняння матеріального балансу.

Матеріальний баланс процесів заморожування та дефростації розраховували за формулою:

$$m_{СП} = m_{ДП} + m_{КС}, \quad (2.10)$$

де $m_{СП}$ – маса свіжих плодів, г;

$m_{ДП}$ – маса дефростованих плодів, г;

$m_{КС}$ – маса виділеного клітинного соку, г.

Матеріальний баланс процесу осмотичної дегідратації розраховували за формулою:

$$m_A + m_{ДП} = m_{ЧЗП} + m_D, \quad (2.11)$$

де m_A – маса цукрового розчину, г;

$m_{ДП}$ – маса свіжих дефростованих плодів, г;

$m_{ЧЗП}$ – маса частково зневоднених плодів, г;

m_D – маса осмотичного розчину після дегідратації, г.

Матеріальний баланс процесу сушіння розраховували за формулою:

$$m_{чзп} = m_{сп} + m_v, \quad (2.12)$$

де $m_{чзп}$ – маса частково зневоднених плодів, г;

$m_{сп}$ – маса сухих плодів, г;

m_v – маса видаленої води, г.

2.7. Дослідження кінетики процесу сушіння порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин

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. Процес сушіння описували кривими сушіння, які характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу φ під час сушіння t . Вологість визначали експрес-методом, за допомогою лабораторного вологоміра МА110/С/Р. Дослідження полягало в тому, що через певні проміжки часу (30, 60, 90, 120, 150 хв) визначалася вологість матеріалу.



Рис. 2.23 – Ваги-вологоміри

За результатами побудовано кінетичні криві, що визначають раціональну тривалість сушіння.

2.8. Методика моделювання та оптимізація процесу осмотичної дегідратації

Для отримання математичних залежностей використовували метод найменших квадратів.

З використанням програми Table Curve отримано рівняння залежності теплоємності цукрового розчину від температури та концентрації у вигляді:

$$C=a+b\cdot c_c+c\cdot y+d\cdot c_c^2+e\cdot T^2+f\cdot c_c, \quad (2.13)$$

де a, b, c, d, e, f – коефіцієнти;

c_c – концентрація розчину, %;

T – температура розчину, °C.

Цільову функцію апроксимовано в програмі Excel у вигляді поліному та за допомогою програми Mathcad визначено вигляд першої похідної та розраховано її значення при 0.

Алгоритм узагальнення експериментальних даних реалізовано в середовищі Microsoft Excel. Використовуючи функції Microsoft Excel, також, одержано показники ступеня в рівнянні в числах подібності.

2.9. Методика статистичного аналізу

Остаточні результати були виражені як середнє $\pm$ стандартне відхилення вимірювань з трьох окремих витягів, а вимірювання проводили в трьох різних дослідженнях. Порівняння групових середніх і значущість різниці між групами перевіряли t – критерієм Стьюдента. Статистична значущість була встановлена на $p \leq 0,05$.

РОЗДІЛ III

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ ПРОВЕДЕННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

3.1. Теоретичні основи процесу осмотичної дегідратації

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 [194].

Після осмотичного зневоднення рослинна сировина залишається подібною до натуральної [195].

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 [196, 197].

Фізичний зміст процесу осмотичної дегідратації пояснюється тим, що концентровані розчини твердих речовин мають більш високий осмотичний тиск і меншу активність води [198].

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 [199].

Дегідратація проводиться переважно для фруктів і овочів, в гіпертонічному розчині, такому як концентрований цукровий сироп. В результаті виникають два великі потоки масопередачі [200].

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

При осмотичній обробці два основні протитечійні 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 [201].

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

- відтік води 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.

Рушійна сила процесу – різниця осмотичних тисків розчинів по обидві сторони прониклої мембрани (рис.3.1).

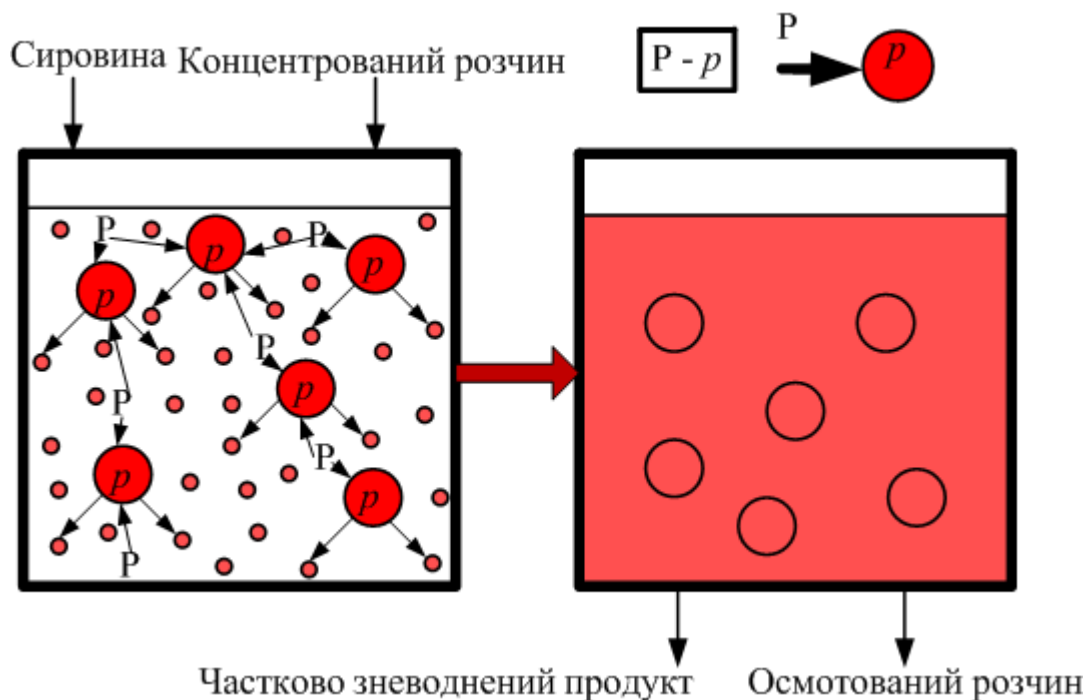


Рис.3.1 – Механізм процесу осмотичної дегідратації

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 [202].

На процес осмотичної дегідратації також впливають і фізико-хімічні властивості, молекулярна маса, розчинність і іонний стан розчиненої речовини [203].

Порівняно з іншими традиційними методами, осмотична дегідратація є простим способом, який не вимагає механічної допомоги і потребує менших витрат енергії [204].

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 [205].

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

- вид осмотичного розчину;
- концентрацію осмотичного розчину;
- 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 [206, 207].

Швидкість дифузії води з продукту та поглинання твердих речовин залежать від виду та концентрації осмотичного агента, температури обробки, інтенсивності перемішування [208, 209].

Встановлено оптимальні умови дегідратації деяких овочів при концентрації цукрового розчину 20–60%: температурі – 38 °С, тривалості – 100 хв [210].

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 [211].

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 [212].

Концентрація осмотичного розчину відіграє важливу роль в осмотичній дегідратації. Збільшення концентрації розчину призводить до збільшення градієнта осмотичного тиску та збільшення втрати води [213].

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 [214, 215].

Деякі дослідження спрямовані на мінімізацію поглинання осмотичних твердих речовин, оскільки це може призвести до втрат вітамінів та мінеральних солей [216].

Розчини цукру та солі вважаються найкращим вибором з точки зору ефективності, зручності та смаку [217].

Розчин цукру зменшує потемніння, запобігаючи доступу кисню, забезпечує стабільність пігментів та допомагає утримувати леткі сполуки під час сушіння осмотично оброблених матеріалів [218].

Під час осмотичної дегідратації скибочок дині було встановлено [219], 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 [220]. 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 [221].

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 [222].

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 [223].

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 [224].

Осмотична дегідратація є одним із енергетично ефективних способів видалення вологи з харчових продуктів, оскільки вода не зазнає фазового перетворення під час видалення із продукту [225].

Цей спосіб менш енерговитратний, порівняно із конвективним та вакуум-конвективним методами сушіння, оскільки його можна проводити за низької температури або температури навколишнього середовища [226, 227].

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 [228].

Щоб зробити осмотичну дегідrataцію 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 [229].

3.2. Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідrataції

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:

$$p = C \cdot R \cdot T, \quad (3.1)$$

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 [230], 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). В якості предмету дослідження використовували моркву, столові буряки та пастернак. Результати розрахунку представлено на рис.3.2.

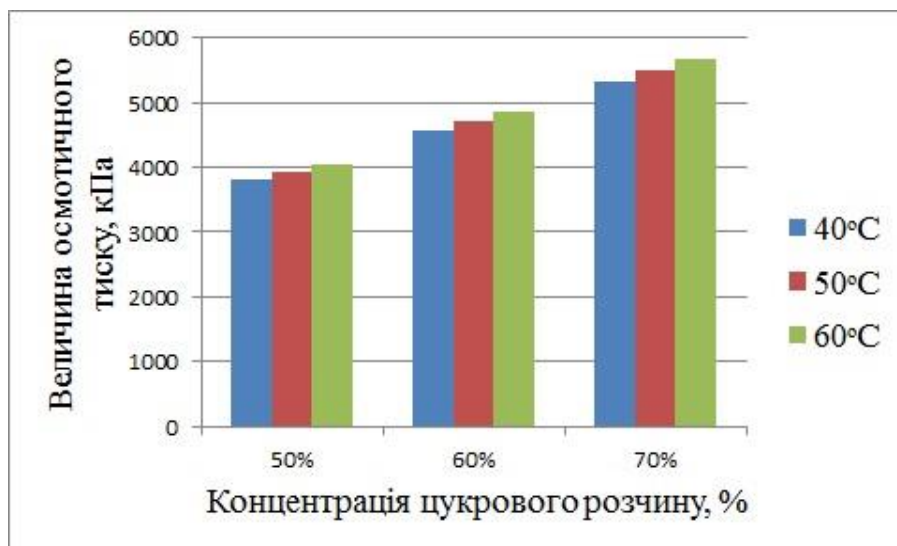


Рис.3.2 – Залежність величини осмотичного тиску від концентрації цукрового розчину та температури

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:

$$M = \frac{dm}{d\tau}, \quad (3.2)$$

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:

$$q_v = \frac{M}{V} = \frac{dc}{d\tau}, \quad (3.3)$$

де q_v – питомий потік маси, $\text{кг/м}^3 \cdot \text{год}$;

V – робочий об'єм апарату, м^3 .

Спочатку розраховували масу цільового компоненту, що переноситься в результаті осмотичної дегідратації. Враховуючи, що всередині термостату встановлено перемішуючий пристрій 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 компоненту, що переноситься в процесі дегідратації, знаючи концентрацію осмотичного розчину за формулою:

$$dm = V \cdot dc, \quad (3.4)$$

де dc – концентрація цільового компоненту, кг/м^3 .

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

Розрахунки проводили, використовуючи різні концентрації сахарози: 50% (500 кг/м^3), 60% (600 кг/м^3), 70% (700 кг/м^3) 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 3.3. 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.

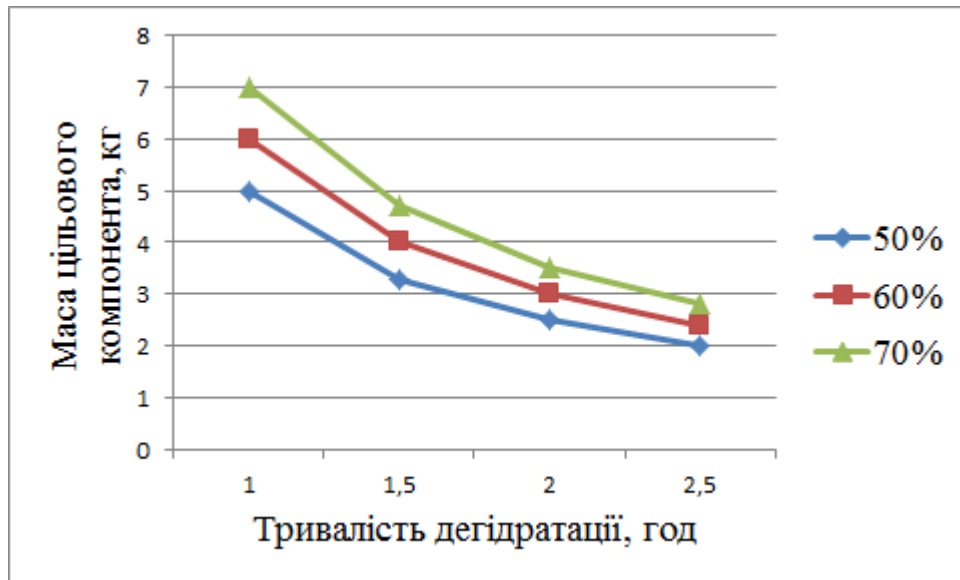


Рис 3.3 – Залежність маси, що переноситься від тривалості процесу та концентрації осмотичного розчину

Активна масопередача при зневодненні коренеплідних овочів 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:

$$M = -DS \frac{dc}{dx}, \quad (3.5)$$

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 (3.5) 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.

В процесі дослідження, також, визначали зміну масової частки сухих речовин у розчині за допомогою рефрактометру. Результати зміни масової частки сухих речовин в осмотичному розчині представлено на рисунку 3.4.

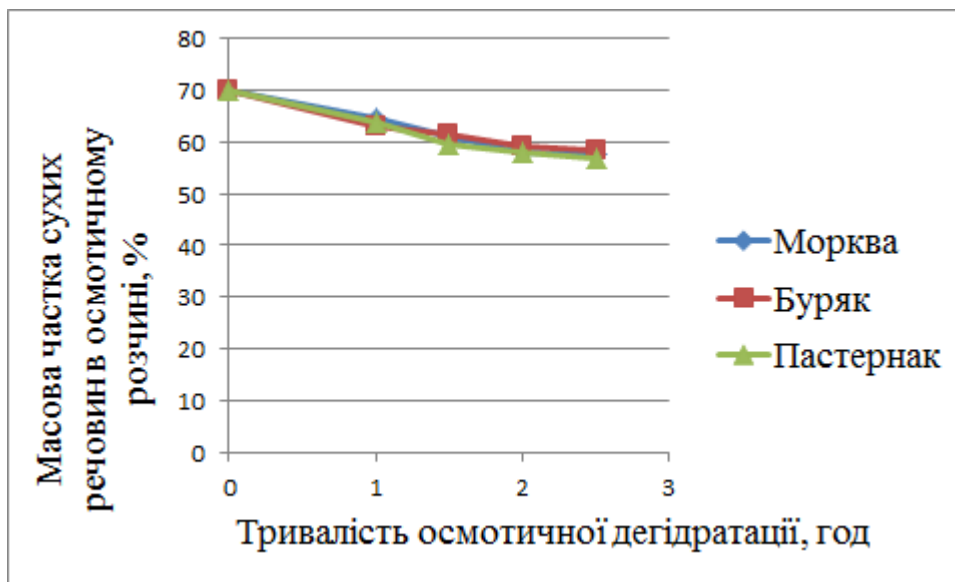


Рисунок 3.4 – Зміна масової частки сухих речовин в осмотичному розчині

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 овочів до 2 год.

Подібним способом було досліджено раціональну тривалість осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин. Встановлено, що доцільно процес проводити в межах 1 години.

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

$$W_m = \frac{M}{F \cdot \tau} = \frac{\Delta C}{R_d}, \quad (3.6)$$

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, для перемішування передбачено лопатеву мішалку обтікаючої форми без гострих кутів.

3.3. Вплив розмірів частинок овочевої сировини на характер зневоднення

Результати впливу розмірів частинок овочевої сировини (моркви, буряка, пастернака, селери) на характер зневоднення представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Дослідження впливу розмірів сировини на характер зневоднення

Розмір, мм	Тривалість, год	Характеристика зневоднених частинок
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

Закінчення таблиці 2

Розмір, мм	Тривалість, год	Характеристика зневоднених частинок
	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. Лесть 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*, *Apium graveolens*) на кубики розміром 5×5×5 мм. При такій формі спостерігаються гарні органолептичні властивості готового продукту та забезпечуються однаковий шлях дифундування. Плоди дикорослих рослин при проведенні осмотичної дегідратації подрібнювати не рекомендується.

3.4. Рациональний режим осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин

Експеримент показав, що при підвищенні концентрації осмотичного розчину, тривалість сушіння скорочується (таб.3).

Таблиця 3

Режими зневоднення плодів дикорослих рослин

Масова частка сахарози у цукровому розчині, %	Тривалість осмотичної дегідратації, хв	Тривалість сушіння, хв	Масова частка вологи у свіжих плодах, %	Масова частка вологи у висушених ягодах, %
Плоди калини				
50	60	150	87,03±0,05	6,81±0,05
	90	135		6,65±0,05
60	60	130		6,32±0,05
	90	115		6,30±0,05
70	60	115		6,51±0,05
	90	100		6,35±0,05
Плоди свіжі		380–400		6,20±0,05

Закінчення таблиці 3

Масова частка сахарози у цукровому розчині, %	Тривалість осмотичної дегідратації, хв	Тривалість сушіння, хв	Масова частка вологи у дефростованих ягодах, %	Масова частка вологи у висушених ягодах, %
Плоди горобини				
50	60	140	79,54±0,05	6,81±0,05
	90	125		6,95±0,05
60	60	120		7,00±0,05
	90	110		7,10±0,05
70	60	110		7,15±0,05
	90	100		7,05±0,05
Плоди свіжі		410–420		7,20±0,05
Плоди бузини				
50	60	160	89,69±0,05	4,50±0,05
	90	145		4,47±0,05
60	60	140		4,56±0,05
	90	130		4,75±0,05
70	60	120		4,70±0,05
	90	110		4,67±0,05
Плоди свіжі		410–420		
Плоди обліпихи				
50	60	155	88,20±0,05	6,36±0,05
	90	145		6,40±0,05
60	60	130		6,35±0,05
	90	125		6,30±0,05
70	60	120		6,31±0,05
	90	110		6,28±0,05
Плоди свіжі		410–420		

Найкращого результату зневоднення вдалося досягти при використанні цукрового розчину з масовою часткою сахарози 70% та тривалості процесу 60 хв. Це пояснюється тим, що в першому періоді дегідратації, коли сила осмотичного тиску найвища, спостерігається активний перехід клітинного соку у розчин. Що призводить до зменшення концентрації та тиску. Збільшення тривалості процесу осмотичної дегідратації не призводить до відчутного скорочення тривалості сушіння. Тому, для зменшення енерговитрат на процес зневоднення, рекомендується обмежитися періодом дегідратації в 60 хв. Варто зазначити, що тривалість сушіння ягід без попереднього зневоднення в осмотичному розчині, значно більша і становить 420 хв, що підтверджує ефективність застосування процесу осмотичної дегідратації.

На основі проведених експериментальних досліджень, встановлено раціональний технологічний режим осмотичної дегідратації плодів дикорослих рослин, а саме: масова частка сахарози в осмотичному розчині – 70%; температура – $50 \pm 5^\circ\text{C}$; тривалість процесу попереднього зневоднення – 60 хв; масове співвідношення сировини з осмотичним розчином – 1:1.

3.5. Вплив осмотичної дегідратації на тривалість процесу зневоднення плодів дикорослих рослин

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

Процес сушіння описується кривими сушіння (рис.3.5), 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 (І період) та адіабатне випаровування води (ІІ період). Тривалість цієї стадії залежить від величини зразка. В цей

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

Починаючи з 30 хв (перша критична точка) швидкість випаровування знижується (ІІІ 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%.

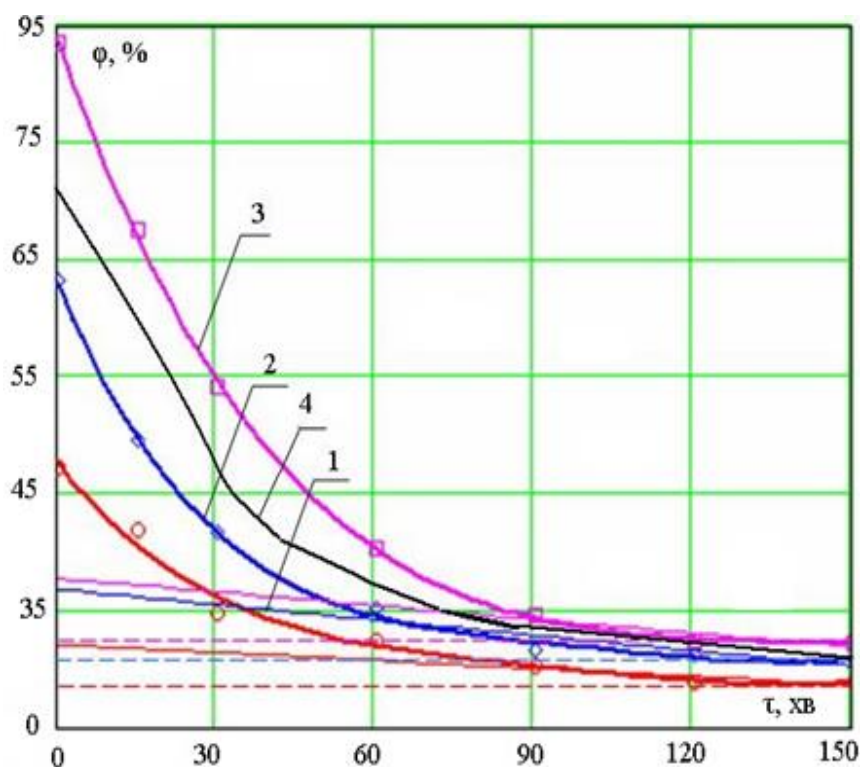


Рис. 3.5 – Кінетика сушіння похідних переробки дикорослих ягід: 1 – *Hippophae rhamnoides* L.; 2 – *Viburnum opulus*; 3 – *Sambucus nigra*; 4 – *Sorbus aucuparia*

Процес сушіння овочевих цукатів можна обмежити тривалістю 1,5 години. Скорочення часу сушіння пояснюється тим, що овочі мають менший початковий вміст вологи, порівняно із плодами дикорослих рослин.

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 порошоків 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.

3.6. Конструкція апарату для осмотичної дегідратації

Нами розроблена конструкція установки для проведення осмотичної дегідратації, схема якої наведена на рисунку 3.6.

Корпус апарату 15 виготовлений із нержавіючої сталі AISI304, робочою місткістю 0,015м³ у вигляді зварного циліндру, розміщеного на металічній опорі 7. Товщина теплоізоляції (каучук) 25 мм. Рівномірне нагрівання цукрового розчину та постійне перемішування сировини забезпечується двома мішалками 9, 11.

Для рівномірного перемішування рослинної сировини використовується рамна мішалка 11, яка приводиться до руху мотор-редуктором 1. Для нагрівання цукрового розчину, підтримання температури на заданому рівні, а також перемішування води з цукровим сиропом використовується магнітна мішалка з

підігрівом платформи 9. За рахунок мішалки 9 прискорюється процес осмосу, як наслідок – час дегідратації та загальна тривалість процесу зневоднення скорочується.

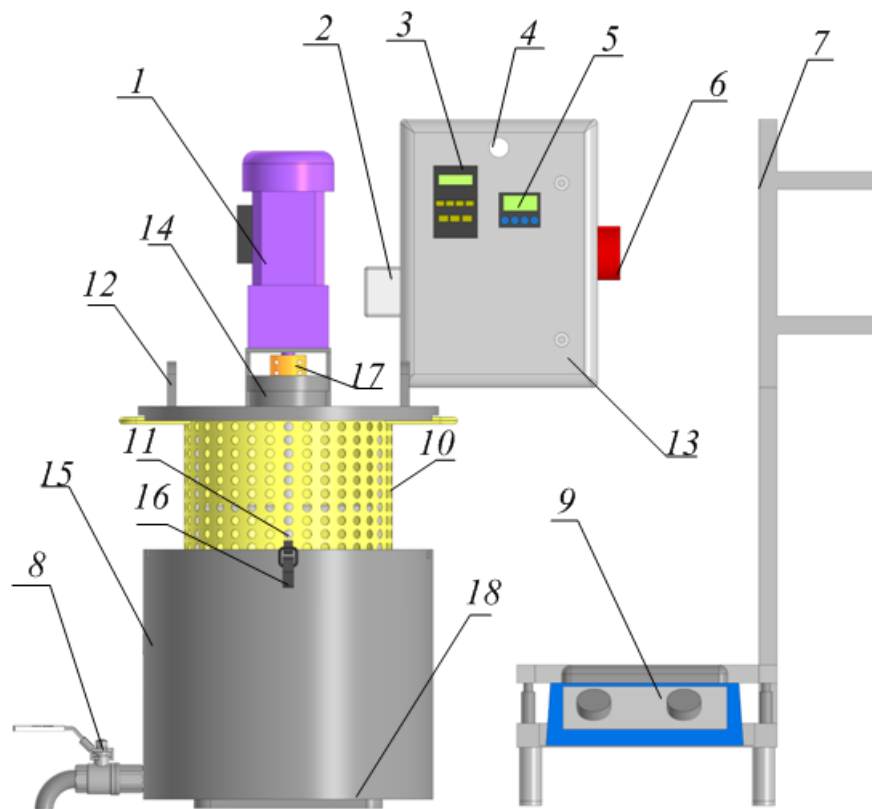


Рис. 3.6 – Схема апарату для проведення осмотичної дегідратації: 1 – мотор-редуктор; 2 – роз'єм електричної мережі; 3 – контролер запуску; 4 – індикатор мережі; 5 – індикатор температури; 6 – вимикач; 7 – металічна опора; 8 – кран зливний; 9 – магнітна мішалка з підігрівом поверхні; 10 – сито; 11 – мішалка; 12 – кришка з ручками; 13 – щит керування; 14 – завантажувальний отвір; 15 – циліндричний сталевий корпус; 16 – затискачі кришки; 17 – площадка під мотор-редуктор; 18 – орієнтуюча рамка

Всередині корпусу встановлене знімне сито 10 робочою місткістю $0,010\text{м}^3$ для утримання рослинної сировини. Сито виконує одразу декілька важливих функцій: утримання сировини всередині корпусу і її рівномірне занурення в цукровий розчин; відокремлення осмотичного розчину від частково зневодненої сировини після осмотичної дегідратації. З метою запобігання випадкового потрапляння сторонніх домішок та втрати тепла, апарат 12 для завантаження продукту $\Phi 85\text{мм}$, яка фіксується до корпусу за допомогою двох зажимів 16. На

кришці розташована площадка 17 під мотор-редуктор 1, та отвір під змішуючий пристрій. В нижній частині ємності розташовані патрубки для виходу рідини з краном 8 та під'єднання давача температури. Для встановлення на гріючу поверхню в нижній частині ємність має орієнтуючу рамку 18. Матеріал внутрішнього циліндру, днища, кришки – харчова нержавіюча сталь. Контроль та регулювання процесом проводиться зі щита керування, обладнаним вимикачем 6 та роз'ємом електричної мережі 2 (220 В), контролером запуску 3. Контроль за роботою здійснюється за допомогою індикатору мережі 4 та індикатора температури 5.

Переваги запропонованої конструкції апарату для осмотичної дегідратації:

- магнітний якір, який занурений у розчин, вкритий тефлоном. Таке покриття запобігає будь-яким хімічним реакціям із сумішшю, що перемішується. Це покриття гарантує, що мішалка залишається інертною та не забруднює розчин;

- порівняно із іншими громіздкими пристроями, магнітна мішалка відрізняється простотою очищення та стерилізації, її можна легко вийняти з рідини;

- принцип роботи магнітної мішалки базується на фундаментальних властивостях магнітних полів, включаючи притягання між протилежними зарядами та відштовхування між однаковими зарядами. Використовуючи ці принципи, магнітна мішалка полегшує перемішування та змішування розчинів;

- за рахунок системи нагріву і одночасного перемішування, яке забезпечується магнітною мішалкою, підтримується задана температура, суміш розчину та рослинної сировини відповідає встановленому технологічному режиму;

- оскільки магнітна мішалка розміщена під ситом, не утворюються застійні зони, які характерні для шнекових апаратів;

- рослинна сировина, що зневоднюється, знаходиться всередині сита і рівномірно змішується з осмотичним розчином за рахунок рамної мішалки. Крім

того, сито забезпечує відокремлення осмотичного розчину від частково зневодненої сировини після осмотичної дегідратації;

– тривалість нагрівання для досягнення раціональної температури осмотичної дегідратації становить 30 хв.

Після дегідратації розчин виводиться через зливний кран 8. Початкова температура розчину становить 60–70°C. Після внесення сировини на сито, температура розчину доводиться до робочої – 50°C. Після досягнення робочої температури, фіксується початок процесу дегідратації. На основі розробленої конструкції було виготовлено лабораторну установку, на якій проводилися експериментальні дослідження (рис.2.22).

3.7. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення

За допомогою апарату осмотичної дегідратації було проведено дослідження щодо кількості рідини, яка виділяється в процесі попереднього та основного зневоднення коренеплідних овочів (буряків, моркви, пастернака, селери) та плодів дикорослих рослин (калини, горобини звичайної, бузини чорної, обліпихи).

Маса дослідних зразків – 100 г. Результати розрахунку матеріального балансу представлено в таблиці 4. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,05$).

Таблиця 4

Результати розрахунку матеріального балансу процесу зневоднення коренеплідних овочів

Найменування сировини	Цукати із буряків	Цукати із моркви	Цукати із пастернака	Цукати із селери
Кількість води виділеної в результаті осмотичної дегідратації, г	43,7±0,05	44,1±0,05	43,4±0,5	44,4±0,05
Кількість води виділеної в результаті сушіння, г	43,2±0,05	43,3±0,05	42,5±0,05	42,8±0,05

Закінчення таблиці 4

Найменування сировини	Цукати із буряків	Цукати із моркви	Цукати із пастернака	Цукати із селери
Загальна кількість видаленої вологи, г	86,9±0,05	87,4±0,05	85,9±0,05	87,2±0,05
Масова частка вологи в матеріалі після зневоднення, г	13,1±0,05	12,6±0,05	14,1±0,05	12,8±0,05

Розрахунок матеріального балансу показав, що частка вологи, яка виділяється із коренеплідних овочів при осмотичній дегідратації становить від 43,4 до 44,4%. Перевищує кількість вологи, що виділяється при висушуванні, що свідчить про доцільність застосування даного процесу перед сушінням.

Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 5. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,05$).

Таблиця 5

Результати розрахунку матеріального балансу зневоднення плодів дикорослих рослин

Найменування сировини	Плоди калини	Плоди горобини	Плоди бузини	Плоди обліпихи
Кількість вологи виділеної із плодів після заморожування та дефростації, г	1,5±0,05	1±0,05	12±0,05	1,5±0,05
Кількість вологи виділеної в результаті осмотичної дегідратації, г	37±0,05	46,5±0,05	33,5±0,05	38±0,05
Кількість видаленої вологи за рахунок заморожування та осмотичної дегідратації, г	38,5±0,05	47,5±0,05	45,5±0,05	39,5±0,05
Кількість вологи виділеної в результаті сушіння, г	55±0,05	45,5±0,05	49,8±0,05	54,2±0,05
Загальна кількість видаленої вологи, г	93,5±0,05	93±0,05	95,3±0,05	93,7±0,05
Масова частка вологи в матеріалі після зневоднення, г	6,5±0,05	7,0±0,05	4,7±0,05	6,3±0,05

Із таблиці 4 видно, що незначна частина вологи втрачається при заморожуванні та дефростації. Це відбувається за рахунок зміни структури води в клітинах плодів. За рахунок тиску кристалів льоду на оболонки клітин, особливо на ділянках їх найбільшого скупчення, частково руйнується мікроструктура плодів. Як наслідок, при дефростації заморожених плодів вологоутримуюча здатність тканин знижується, зростає вологовіддача і витікання із зруйнованих клітин. Для заморожування в процесі дослідження використовували побутову морозильну камеру. Температура заморожування становила $-18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Варто зазначити, що найбільша кількість вологи при цьому виділяється із плодів бузини (12% до загальної маси плодів). Негативним є той факт, що разом із клітинним соком, який виділяється при дефростації, виходять деякі БАР. Проте, цих втрат можна уникнути, змішуючи виділений сік із відпрацьованим осмотичним розчином. І використовувати сироп для збагачення різноманітних харчових продуктів (цукру, безалкогольних та алкогольних напоїв та інш.)

При осмотичній дегідратації із плодів видаляється від 33,5 до 46,5% вологи, що дозволяє значно скоротити тривалість сушіння. Загальна кількість вологи видаленої за рахунок застосування заморожування та осмотичної дегідратації становить від 38,5 до 47,5%.

3.8. Розрахунок витрат енергії на процес зневоднення коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин

Витрати енергії на нагрівання розчину сахарози розраховували за формулою:

$$Q_{\text{сир}} = G_{\text{сир}} \cdot c_{\text{сир}} \frac{(t_2 - t_1)}{\tau_{\text{осм}} \cdot 3600}, \text{Вт}, \quad (3.7)$$

де $c_{\text{сир}}$ – теплоємність цукрового розчину, Дж/кг·К;

$G_{\text{сир}}$ – маса цукрового розчину, кг;

t_1, t_2 – початкова та кінцева температура цукрового розчину, °C;

$\tau_{осм}$ – тривалість процесу, год.

$$Q_{сир} = 10 \cdot 2767,25 \frac{(65-13)}{0,5 \cdot 3600} = 799,4 \text{ Вт}$$

Для приготування цукрового розчину використовували очищену питну воду температура якої становить $13 \pm 2^\circ\text{C}$. Для прогрівання сировини та швидкого досягнення раціональної температури осмотичної дегідратації ($50 \pm 5^\circ\text{C}$), розчин сахарози перед початком процесу нагрівали до $65 \pm 5^\circ\text{C}$. Витрати енергії на нагрівання розчину протягом 30 хв становили 0,8 кВт.

Витрати енергії на нагрівання продукту розраховували за формулою:

$$Q_{np} = G_{np} \cdot c_{np} \frac{(t_2 - t_1)}{\tau_{осм} \cdot 3600}, \text{ Вт}, \quad (3.8)$$

де G_{np} – маса продукту, кг;

c_{np} – питома теплоємність продукту, Дж/кг·К.

Для досягнення раціональної температури осмотичної дегідратації частинки овочів протягом 30 хв необхідно нагріти. Середня питома теплоємність коренеплідних овочів становить від 3700 до 4000 Дж/кг·К і залежить від вмісту води у плодах. Орієнтовні витрати енергії на нагрівання овочів до температури зневоднення становлять:

$$Q_{np} = 10 \cdot 3900 \frac{(50-40)}{0,5 \cdot 3600} = 217 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт}$$

Питома теплоємність c , Дж/(кг·К) плодів визначається їх вологістю W , %. Вологість плодів становить 85-87%. Функція $c = f(W)$ описується формулою:

$$c = 1340 + 28,6 \cdot W, \quad (3.9)$$

Витрати енергії на нагрівання плодів дикорослих рослин:

$$Q_{np} = 10 \cdot 3770 \frac{(50 - 40)}{0,5 \cdot 3600} = 209 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт}$$

Таким чином, встановлено, що на швидке нагрівання (протягом 10 хв) овочів та плодів дикорослих рослин до температури осмотичної дегідратації витрачається близько 0,2кВт енергії.

Витрати енергії на процес осмотичної дегідратації розраховуються за формулою:

$$E_{осм} = Q_{сир} + Q_{np} + N_{м}, \text{ Вт} \quad (3.10)$$

де $N_{м}$ – потужність мішалки, кВт.

За цикл роботи апарату осмотичної дегідратації (2 години) при зневодненні плодів дикорослих рослин витрати енергії становлять:

$$E_{осм} = 0,8 + 0,2 + 2 = 3,0 \text{ кВт}$$

Оскільки процес осмотичної дегідратації коренеплідних овочів становить 2 години, загальний цикл роботи апарату становить 2 години 40 хв. При цьому витрати енергії на процес становлять:

$$E_{осм} = 0,8 + 0,2 + 4 = 5,0 \text{ кВт}$$

Витрати енергії на процес зневоднення рослинної сировини представлено в таблиці 6.

Таблиця 6

Результати розрахунку енерговитрат на процес зневоднення

Найменування сировини	Коренеплідних овочів	Плодів дикорослих рослин
Тривалість сушіння в інфрачервоних сушарках без застосування осмотичної дегідратації, год	5	7
Витрати енергії на сушіння, кВт·год	1,75	

Закінчення таблиці 6

Найменування сировини	Коренеплідних овочів	Плодів дикорослих рослин
Загальні витрати енергії на висушування, кВт	8,75	12,25
Тривалість осмотичної дегідратації, год	2	1
Витрати енергії на осмотичну дегідратацію (залежить від потужності мішалки), кВт·год	2	
Загальні витрати енергії на осмотичну дегідратацію, кВт	5,0	3,0
Тривалість процесу сушіння в інфрачервоних сушарках після осмотичної дегідратації, год	1,5	2
Витрати енергії на сушіння після осмотичної дегідратації, кВт	2,63	3,5
Загальні витрати енергії на процес зневоднення із застосуванням осмотичної дегідратації та сушіння, кВт	7,63	6,5

Загальні витрати на зневоднення знижуються (рис.3.7).



Рис. 3.7 – Витрати енергії на процес зневоднення

При застосуванні осмотичної дегідратації для зневоднення коренеплідних овочів загальні енерговитрати знижуються на 1,12 кВт. При зневодненні плодів дикорослих рослин – на 5,75 кВт. Розрахунок підтвердив ефективність застосування осмотичної дегідратації для попереднього зневоднення коренеплідних овочів (буряка, моркви, селери, пастернака) та плодів дикорослих рослин (калини, бузини чорної, горобини звичайної, обліпихи). Енерговитрати на процес зневоднення коренеплідних овочів можна скоротити, зменшивши тривалість осмотичної дегідратації. Проте, при цьому будуть погіршуватися органолептичні показники готового продукту.

Висновки до розділу 3

1. Результати аналізу існуючих наукових праць та власних досліджень показали:

- найвищий осмотичний тиск спостерігається при температурі 50°C, 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 при зневодненні коренеплідних овочів – 2 год, плодів дикорослих рослин – 1 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.

2. При застосуванні осмотичної дегідратації для зневоднення коренеплідних овочів загальні енерговитрати знижуються на 1,12 кВт, плодів дикорослих рослин – на 5,75 кВт.

РОЗДІЛ IV

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ВІД РОСЛИН ПРОДУКТІВ

4.1. Обґрунтування доцільності переробки і використання похідних переробки овочів

4.1.1. Показники якості похідних переробки овочів без застосування осмотичної дегідратації

4.1.1.1 Результати дослідження масової частки вологи у овочевих порошках

Масова частка вологи є важливим показником оскільки впливає на здатність продуктів та сировини до зберігання. Особливо це стосується порошків. Порошкоподібні речовини складаються з полідисперсних систем, що мають різні форми і розміри кристалічних частинок. Вони мають високу здатність до вологопоглинання із навколишнього повітря, тому повинні зберігатися у герметичній тарі. Підвищення вмісту вологи може призводити до їх комкування та розвитку мікроорганізмів.

Результати дослідження масової частки вологи у овочевих порошках (із буряка, моркви, селери, пастернака), висушених у інфрачервоних сушарках, представлено в таблиці 6. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,05$).

Таблиця 7

Масова частка вологи у овочевих порошках

Найменування показників	Нормативне значення	Порошки із буряків	Порошки із моркви	Порошки із селери	Порошки із пастернака
Масова частка вологи, %	6-8	$7,2 \pm 0,05$	$6,8 \pm 0,05$	$6,5 \pm 0,05$	$7,4 \pm 0,05$

Вміст залишкової вологи в порошках становить менше 8%, що не перевищує нормативних значень. Порошки з масовою часткою вологи можуть зберігатись тривалий час без погіршення якості при майже повному збереженні

вихідної харчової цінності та використовуватись у технологіях харчових продуктів широкого асортименту.

4.1.1.2. Результати аналізу мікроструктури овочевих порошків

Аналіз мікроструктури (рис.4.1–4.4) показав наявність ХВ, яким притаманна велика гідрофільність і здатність до набухання і структуроутворення [231]. Така мікроструктура свідчить про можливість застосування овочевих порошків у якості стабілізаторів.

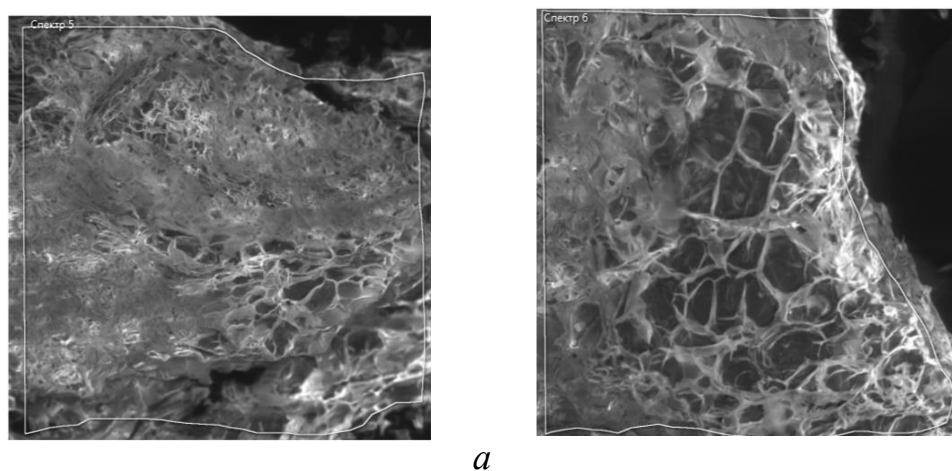


Рис. 4.1 – Мікроструктура бурякового порошку: *а* – коренеплоду, *б* – шкірки
(кратність збільшення 250 μ m)

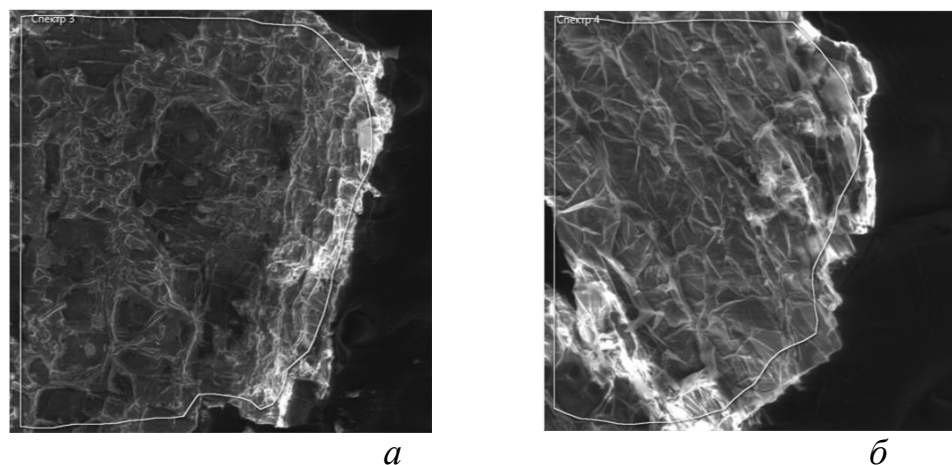


Рис. 4.2 – Мікроструктура морквяного порошку: *а* – коренеплоду, *б* – шкірки
(кратність збільшення: *а* – 500 μ m, *б* – 250 μ m)

Провідна тканина бурякових порошків (рис.4.1) та порошків із кореня селери (рис.4.3.) частково руйнується при сушінні. З рисунків видно, що всі зразки складаються з полідисперсних систем, які мають різні форми і розміри

кристалічних частинок. Кожна частинка представлена у вигляді комірок із механічної та провідної трубчастої тканин.

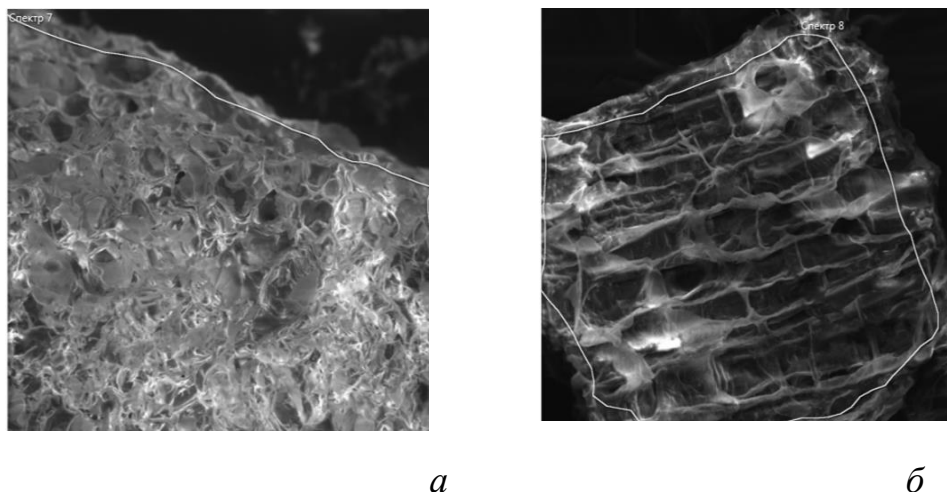


Рис.4.3 – Мікроструктура порошку із кореня селери: *а* – коренеплоду, *б* – шкірки (кратність збільшення: *а* – 250 μm , *б* – 100 μm)

За рахунок ситовидних трубочок, утворених провідною тканиною, через них рідкі середовища можуть вільно проходити, та утримуватися всередині комірок. Ймовірно це пов'язано з тим, що при температурній обробці відбувається часткова денатурація тканин. Тому нами обрано режим сушіння, при якому цей процес є не таким інтенсивним ($t=45\text{--}50^{\circ}\text{C}$, тривалість 2 години).

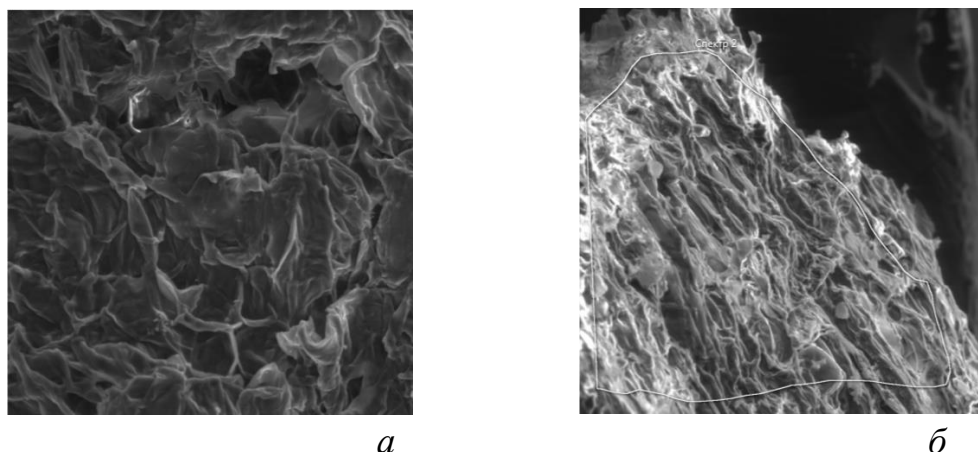


Рис.4.4 – Мікроструктура порошку із білого кореня (пастернака): *а* – коренеплоду, *б* – шкірки (кратність збільшення: *а* – 100 μm , *б* – 250 μm)

Варто зазначити, що структура порошків, виготовлених із шкірок, більш виразна і практично не змінюється під впливом температури, оскільки вони переважно складаються із провідної тканини. Це дає підстави припускати, що вони мають більшу вологозв'язуючу здатність. Система каналців, утворена

провідною тканиною, створює поверхню контакту порошкоподібної та рідкої фаз.

Чим більша площа контакту фаз, тим інтенсивніше рідина проникає всередину частинок. Із рисунків 4.1–4.4 видно, що найбільша площа контакту спостерігається у порошках, виготовлених із шкірок білого кореня. Подібні результати були отримані і іншими дослідниками [232, 233]. У всіх зразках спостерігається високий вміст харчових волокон. Термічна обробка під час сушіння не призвела до зниження їх вмісту. Подібні результати спостерігаються і під час варки коренеплідних овочів [234].

Пористість отриманих порошків (об'єм вільного простору між частинками порошку) дещо відрізняється. Порожнечі у порошках займають від 50 до 80 % об'єму. Найбільша пористість спостерігається в порошку із шкірки пастернака, білого кореня, та із коренеплоду селери. Найменша – в порошку із коренеплоду моркви. Чим менша щільність і більша пористість, тим більший ступінь стиснення порошку. Це слід враховувати при встановленні технологічного режиму під час внесення порошків у рецептури продуктів. За формою в досліджуваних порошках прослідковуються в кореневій частині ізометричні зерна, а в шкірках - неізометричні (волокнисті та пластинчасті) зерна. Неізометричність зерен впливає на їх розташування в просторі та призводить до анізотропності порошків.

Таким чином, можна зробити висновок, що овочеві порошки мають гарні гідрофільні властивості і можуть використовуватися в якості стабілізаторів структури, емульгаторів, вологоутримувачів та згущувачів при виробництві різноманітних харчових продуктів.

4.1.1.3. Результати дослідження вмісту клітковини у овочевих порошках

Аналіз мікроструктури овочевих порошків показав присутність у їх складі великої кількості харчових волокон.

Харчові волокна виконують кілька фізіологічних функцій. ХВ мають здатність адсорбувати жовчні кислоти, холестерин, токсичні речовини (важкі метали, радіонукліди, канцерогени). Відповідно до існуючих досліджень, загально визнано, що харчові волокна відіграють значну роль у зниженні ризику кількох хронічних захворювань. Дієта з високим вмістом клітковини позитивно впливає на здоров'я, і її споживання пов'язано з кращим контролем рівня цукру в крові, зниженням холестерину в крові, покращенням здоров'я кишечника та зниженням ризику ішемічної хвороби серця, а також кількох видів раку [235]. Найвідомішою дією харчових волокон є їх вплив на функцію кишківника [236].

Харчові волокна можуть проявляти свою дію по всій довжині шлунково-кишкового тракту. У роті здатні регулювати виділення слини, а в шлунку клітковина розріджує вміст і подовжує спорожнення шлунку. У тонкій кишці клітковина збільшує в'язкість водного шару, що вливається, потенційно впливаючи на ефективність травлення та всмоктування.

У товстому кишечнику неперетравлювана клітковина є субстратом для бактеріального співтовариства, яке населяє кишечник (наприклад, кишкова мікробіота). Бактеріальна ферментація призводить до збільшення виробництва коротколанцюгових жирних кислот і, як наслідок, до зниження рН товстої кишки. Низькі значення рН кишківника перешкоджають росту певних видів патогенних бактерій, одночасно сприяючи зростанню біфідобактерій і молочнокислої мікрофлори. Низький рН товстої кишки також може сприяти виведенню певних канцерогенів, які зв'язуються з харчовими волокнами в товстій кишці [237]. Було показано, що низький рН у фекаліях був пов'язаний із меншою захворюваністю на рак товстої кишки в різних популяціях [238].

Враховуючи функціональні властивості харчових волокон і їх позитивний вплив на організм людини, проаналізовано порошки, виготовлені із плодів дикорослих рослин.

Досліджено вміст сирої клітковини у порошках із плодів дикорослих рослин. Результати представлено в таблиці 8. Невизначеність, $U (k=2, P=0,05)$.

Вміст сирової клітковини у ОП

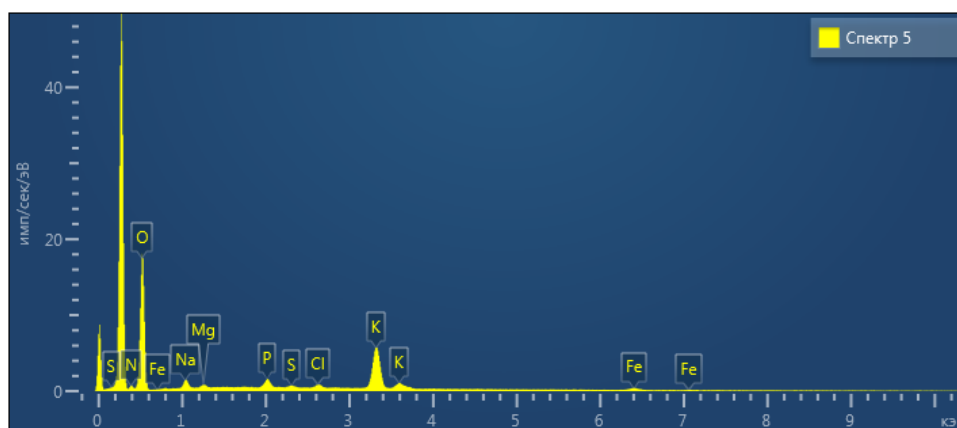
Найменування продуктів	Вміст «сирової» клітковини, %
Морквяний порошок	2,9±0,05
Буряковий порошок	2,8 ±0,05
Селеровий порошок	2,8±0,05
Пастернаковий порошок	2,6±0,05

Овочеві порошки можуть стати гарною добавкою для підвищення вмісту харчових волокон у різноманітних продуктах, а особливо у хлібопекарських, кондитерських та макаронних виробках, враховуючи їх органолептичні властивості.

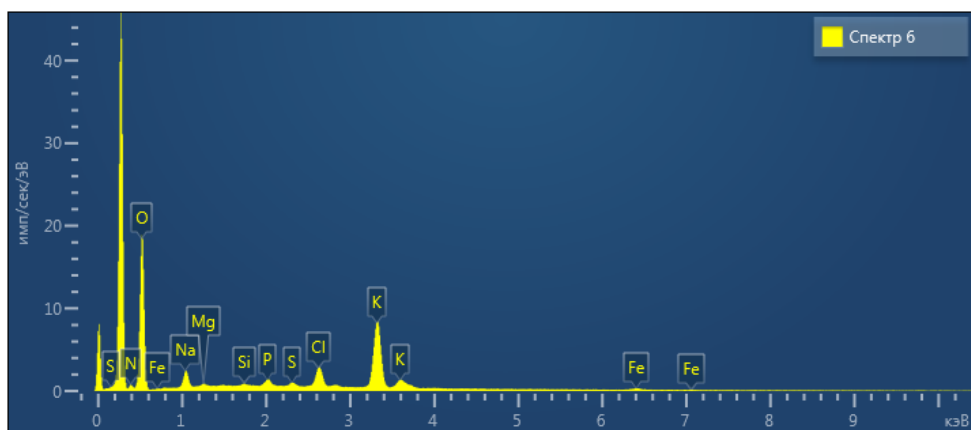
4.1.1.4. Результати дослідження масового вмісту мікроелементів у овочевих порошках

Овочеві порошки містять мінерали, головним чином K, Ca, Mg, P, Fe. Вони також містять сліди олігоелементів (S, N), які поглинаються з ґрунту разом з водою. Мінеральні речовини відіграють важливу роль у водному, мінеральному, білковому, жировому та вуглеводному обміні.

Порівняльний аналіз вмісту макро- та мікроелементів у порошках, виготовлених із коренеплодів та їх шкірок, представлено на рисунках 4.5–4.11. Вміст елементів представлено у виразі на сухі речовини.



a



б

Рис.4.5 – Вміст макро- та мікроелементів у бурякових порошках: а – із основної частини коренеплоду; б – із шкірок

Результати аналізу масового співвідношення мінеральних речовин в порошках із коренеплодів овочів та їх шкірок показали, що найбільше у досліджуваних зразках овочевих порошків міститься калію (від 6,95 до 31,38%), хлору (від 0,56 до 6,97%), кальцію (від 0 до 6,97%) та азоту (від 0 до 4,81%). Кремній було знайдено лише у шкірці селери в кількості 1,57%.

Із рисунку 4.6 видно, що бурякові порошки не містять кальцію та кремнію, але до їх складу входить калій (13,92% в коренеплідній частині та 16,02% в шкірці). Калій регулює водопоглинаючу здатність клітин.

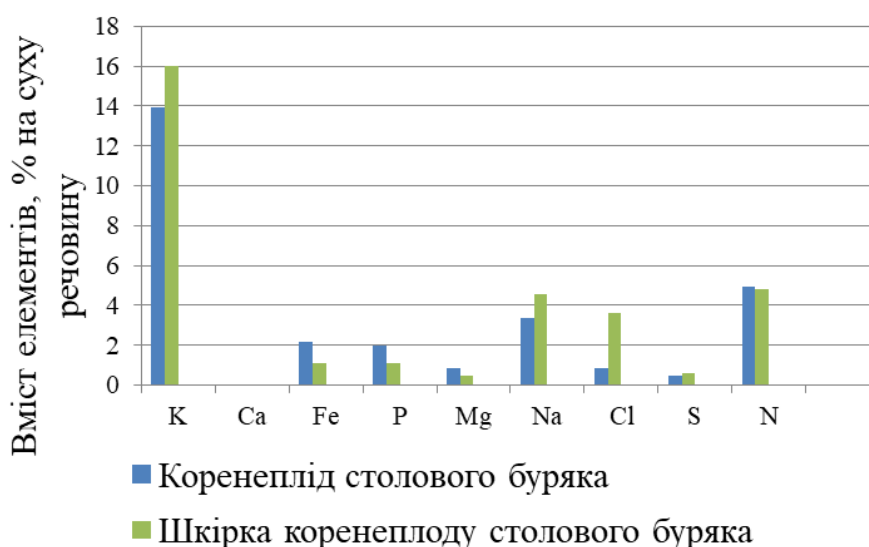


Рис.4.6 – Вміст мікроелементів у бурякових порошках

Проте, згідно з результатами дослідження сирого буряка [239], в ньому міститься 2% кальцію. Згідно з дослідженнями пакистанських вчених [240] у

порошках із бурякових шкірок також виявлено найбільшу кількість калію. Крім того, в 100 г порошоків із бурякових шкірок знайдено 39 мг кальцію. Цими ж дослідниками показано, що бурякові шкірки містять значну кількість фосфору (250 мг/100г). В наших зразках кількість фосфору була незначною, лише 1,1%. Нами також не виявлено марганець і цинк, на відміну від результатів представлених в дослідженні [241].

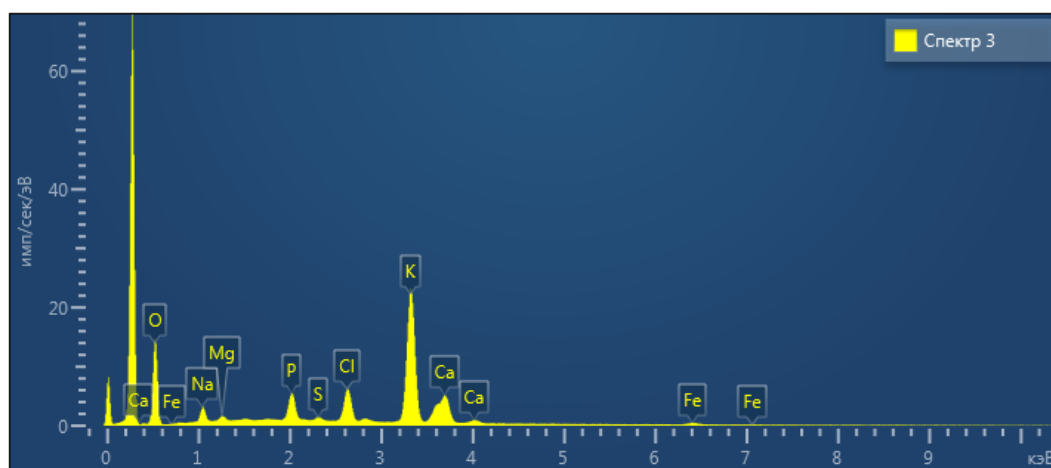
Подібні дослідження було проведено нігерійськими вченими [242]. Як і у наших зразках, у шкірках столових буряків не знайдено кальцію та цинку. Найбільше в них містилося заліза (26,46 мг/100г), калію (13,82 мг/100г) та фосфору (11,57 мг/100 г).

В бурякових порошках із шкірки коренеплодів, за нашими даними, міститься найбільша кількість натрію (4,57 %) на 1,27% більше ніж в коренеплоді, хлору (3,61 %) на 2,75% більше ніж в коренеплоді та сірки (0,61%) на 0,16% більше ніж в коренеплоді.

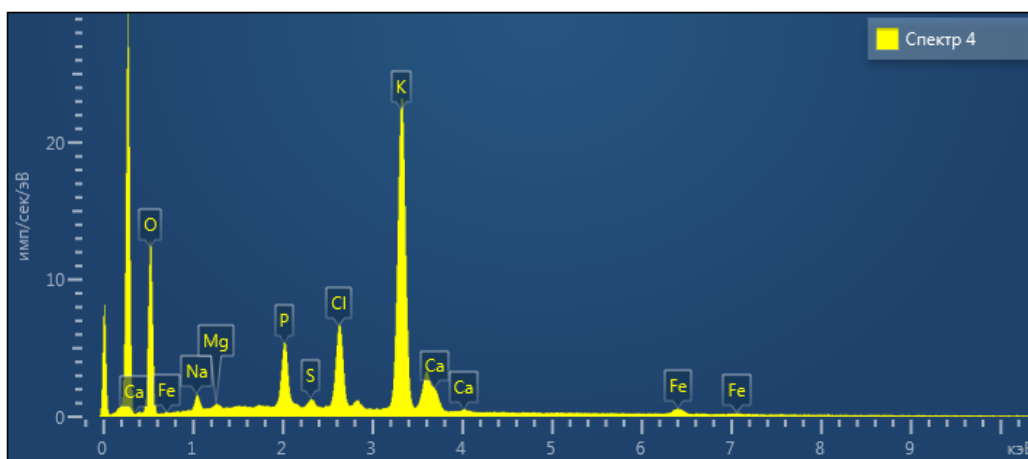
Бурякові порошки багаті на залізо (2,16% міститься в основній частині та 1,08% у шкірці), яке позитивно впливає на кровообіг в організмі.

Морквяні порошки містять K, Ca, Fe, P, Mg, Na, Cl та S. Подібні результати отримані і іншими дослідниками при аналізі сирової моркви [243].

На відміну від інших овочевих порошоків до їх складу входить найбільша кількість калію (рис.4.7.).



a



б

Рис.4.7 – Вміст макро- та мікроелементів у морквяних порошках: а – із основної частини коренеплоду; б – із шкірок

Варто зазначити, що у складі шкірки моркви міститься більше калію (31,38%) ніж у основній частині коренеплоду (27,1%), що на 24,43% більше ніж у шкірці коренеплоду селери, на 15,36% - ніж у шкірці коренеплоду буряка та на 21,66% порівняно зі шкіркою пастернака. Вміст фосфору (4,27%), заліза (1,8%) та сірки (0,59%) у морквяній шкірці також вищий ніж в коренеплоді.

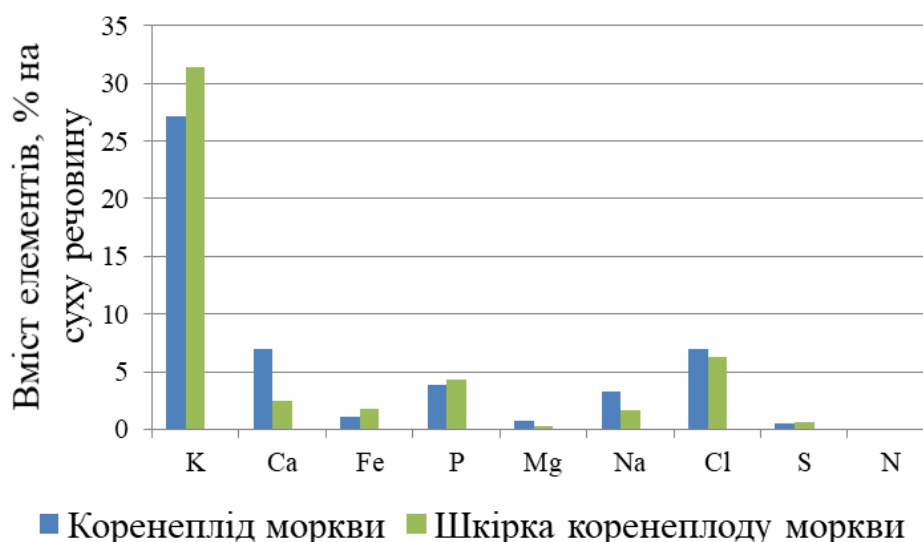
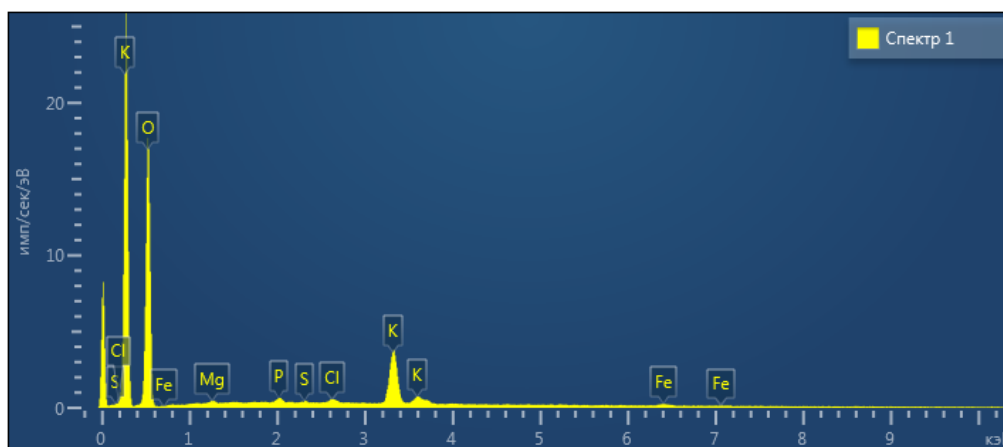


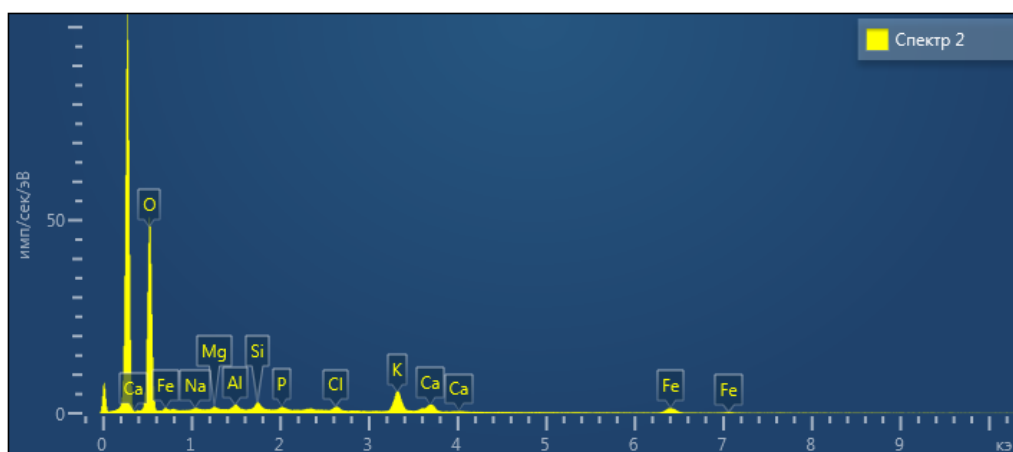
Рис.4.8 – Вміст мікроелементів у морквяних порошках

Згідно з дослідженням [244] також у шкірках моркви було знайдено найбільше калію (1123 мг/100г) та фосфору (232 мг/100г). Відмічався досить високий вміст магнію у морквяних шкірках (167 мг/100г), на відміну від наших (лише 0,32 %) порошків, виготовлених із морквяних шкірок. Варто зазначити, що у шкірках із овочів, які досліджували пакистанські вчені, зовсім не виявлено

Cl. А в наших зразках його вміст був досить високим: 6,32% у бурякових і 3,61% у морквяних шкірках. Ймовірно, це пов'язано із використанням хлорвмісних добрив під час вирощування коренеплодів (NH_4Cl , CaCl_2 та KCl).



a



б

Рис. 4.9 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із селери: *a* – із основної частини коренеплоду; *б* – із шкірок

Порошки із шкірок кореня селери містять найбільшу кількість заліза (5,49%), в порівнянні з іншими овочевими порошками (рис.4.9). Крім того, шкірка селери містить більше магнію (0,77% проти 0,5% у коренеплоді), хлору (1,12% проти 0,56% у коренеплоді). Магній є структурним компонентом молекули та небілковою хімічною сполукою багатьох ферментів, він істотно впливає на функціонування клітинних хромосом. Кальцій (2,86%), натрій (0,74%) та кремній (1,57%) було виявлено лише в шкірці селери і не входили до складу порошку із основної частини коренеплоду.

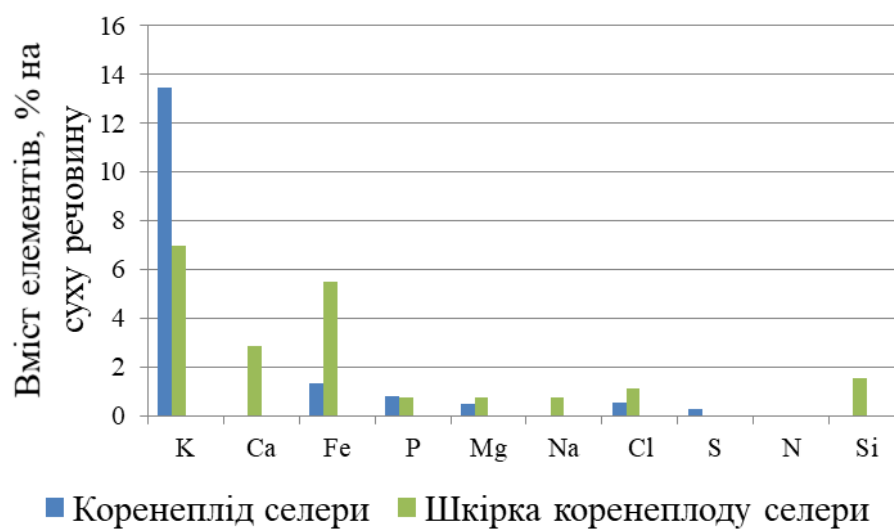
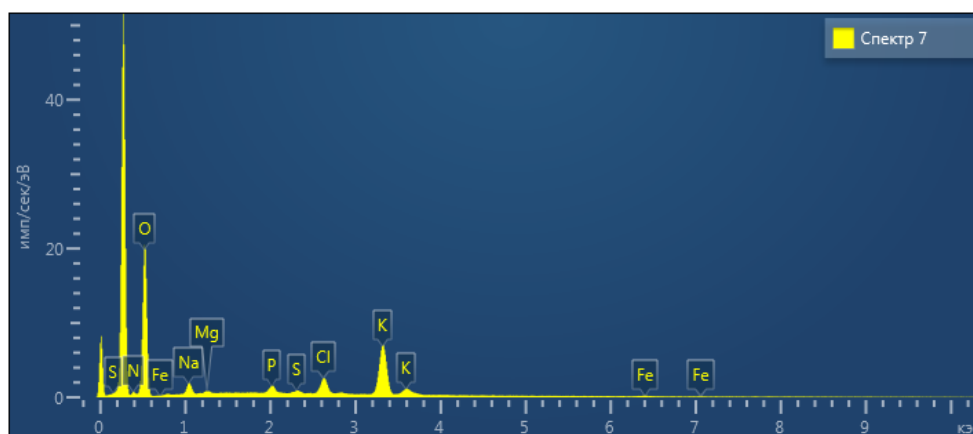
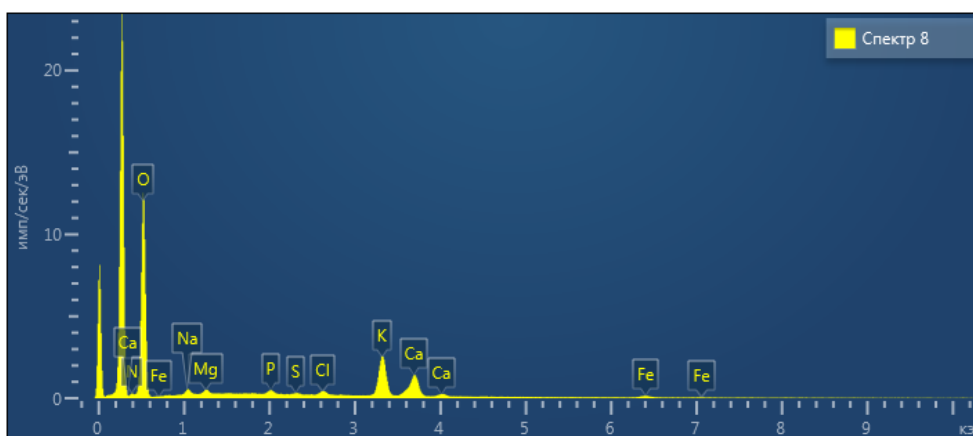


Рис.4.10 – Вміст мікроелементів у порошках із селери

Шкірка пастернака за вмістом макро- та мікроелементів поступається основній частині (рис.4.11).



а



б

Рис. 4.11 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із пастернака: *а* – із основної частини коренеплоду; *б* - із шкірок

Винятком є лише кальцій, який міститься тільки в шкірці (6,12%) та залізо (1,27% проти 0,6% у коренеплоді). Шкірка пастернака містить найбільшу кількість магнію (0,87%) порівняно з іншими коренеплодами.

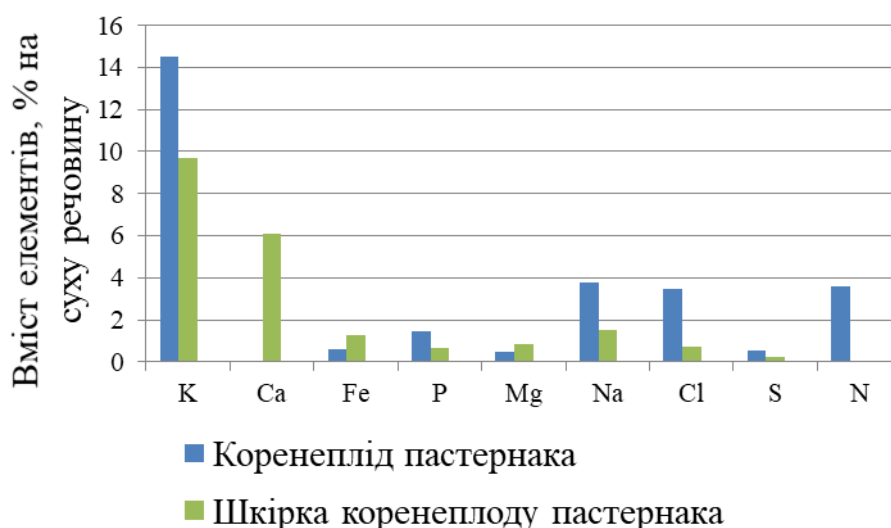


Рис.4.12 – Вміст мікроелементів у порошках із пастернака

Аналіз показав, що шкірки коренеплідних овочів не поступаються за хімічним складом та біологічною цінністю основній частині коренеплоду. Тому, доцільно їх переробляти у порошки та використовувати в якості харчових добавок функціонального призначення, багатих на макро- та мікроелементи.

4.1.2. Показники якості похідних переробки овочів із застосуванням осмотичної дегідратації

4.1.2.1. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості овочевих цукатів

Запропоновано спосіб переробки коренеплідних овочів із застосуванням осмотичної дегідратації, який дозволяє отримати овочеві цукати за більш спрощеною технологією, порівняно з типовою [245].

Традиційна технологія виробництва цукатів із овочів включає наступні стадії виробництва: миття та нарізку, оброблення у термостаті, бланшування, насичення цукровим сиропом, сушіння. Сирі овочі обробляються у термостаті за температури $40 \pm 2,0^\circ\text{C}$ водним розчином лугу (0,1 % NaOH в кількості

приблизно втричі більше ніж сировини). Промиті коренеплоди очищуються від шкірок і нарізаються у формі циліндрів розміром 20×2 мм. Бланшуються за температури 100±2,0 °С. Після бланшування овочі насичуються цукровим сиропом (70% мас) у співвідношенні 1:2 та сушаться при температурі 70 ±2,0 °С. Важливо не лише скоротити енерговитрати на процес, а й отримати продукт з гарними показниками якості.

Результати органолептичної оцінки овочевих цукатів, виготовлених із застосуванням осмотичної дегідратації представлено в таблиці 9.

Таблиця 9

Органолептичні показники якості овочевих цукатів

Найменування показників	Значення
Цукати із буряків	
Зовнішній вигляд	Властивий овочевим цукатам. Частинки однакового розміру, нежорсткої консистенції
Форма	Правильна квадратна форма
Колір	Забарвлення темно-бордове, рівномірне, достатньо виражене, без плям
Смак і запах	Властивий овочам, з вираженим смаком і запахом буряка, без сторонніх присмаків і запахів
Цукати із моркви	
Зовнішній вигляд	Властивий овочевим цукатам. Частинки однакового розміру, нежорсткої консистенції
Форма	Правильна квадратна форма
Колір	Забарвлення помаранчеве, рівномірне, достатньо виражене, без плям
Смак і запах	Властивий овочам, з вираженим смаком і запахом моркви, без сторонніх присмаків і запахів
Цукати із селери	
Зовнішній вигляд	Властивий овочевим цукатам.

Закінчення таблиці 9

Найменування показників	Значення
	Частинки однакового розміру, нежорсткої консистенції
Форма	Правильна квадратна форма
Колір	Забарвлення біле, рівномірне, достатньо виражене, без плям
Смак і запах	Властивий овочам, з вираженим смаком і запахом селери, без сторонніх присмаків і запахів
Цукати із пастернака	
Зовнішній вигляд	Властивий овочевим цукатам. Частинки однакового розміру, нежорсткої консистенції
Форма	Правильна квадратна форма
Колір	Забарвлення біле, рівномірне, достатньо виражене, без плям
Смак і запах	Властивий овочам, з вираженим смаком і запахом пастернака, без сторонніх присмаків і запахів

За органолептичними показниками овочеві цукати відповідають вимогам

Серед фізико-хімічних показників якості овочевих цукатів особливе значення має масова частка води, оскільки даний продукт рекомендується використовувати як добавку до сухих сніданків, борошняних виробів, кисломолочних продуктів та інш. Важливо, щоб їх додавання не спричиняло значного підвищення масової частки сахарози в зазначених продуктах.

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості овочевих цукатів представлено в таблиці 10. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,5$).

Фізико-хімічні показники овочевих цукатів

Найменування показників	Цукати із буряків	Цукати із моркви	Цукати із селери	Цукати із пастернака
Масова частка сахарози, %	74,6±0,5	75,2±0,5	74,2±0,5	74,1±0,5
Масова частка сухих речовин, %	86,9±0,5	87,4±0,5	87,2±0,5	85,9±0,5

Масова частка сахарози у цукатах має важливе значення, оскільки вона впливає на їх органолептичні властивості та здатність до зберігання. Проте, важливо, щоб цукати, додані у харчові продукти, не сприяли значному підвищенню вмісту цукру в готових виробах. Результати збільшення вмісту сахарози у цукатах за рахунок осмотичної дегідратації представлено на рис.4.13.

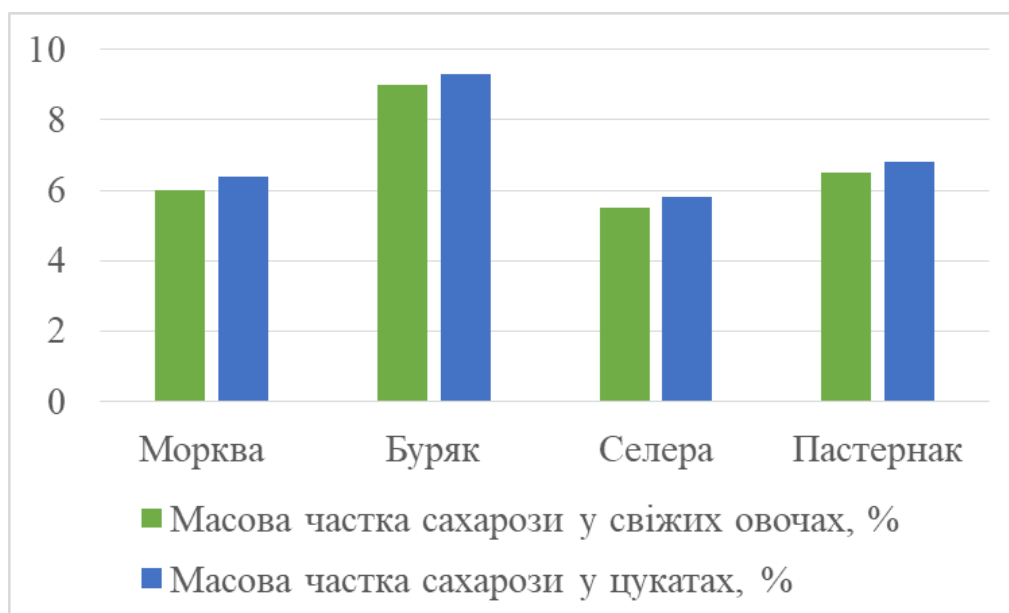


Рис.4.13 – Підвищення вмісту сахарози за рахунок осмотичної дегідратації

Результати показали, що найбільше сахарози міститься у цукатах із моркви, а цукати із пастернака – її найменшу кількість. Застосування овочевих цукатів при виробництві харчових продуктів, може призводити до зменшення кількості цукру у рецептурі. При цьому смакові якості продуктів не будуть погіршуватися. Із рисунка 4.13 видно, що обробка цукровим розчином під час

осмотичної дегідратації не призводить до суттєвого збільшення вмісту сахарози у готових продуктах.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками всі зразки овочевих цукатів відповідають вимогам ДСТУ 6075:2009 Цукати. Технічні умови [246].

4.1.2.2. Результати дослідження вмісту клітковини у овочевих цукатах

Результати дослідження вмісту клітковини у овочевих цукатах представлено в таблиці 11. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,05$).

Таблиця 11

Вміст сирої клітковини у ОЦ

Найменування продуктів	Вміст «сирої» клітковини, %
Морквяні цукати	2,8±0,05
Бурякові цукати	2,7±0,05
Селерові цукати	2,6±0,05
Цукати із пастернака	2,4±0,05

Результати показали, що цукати із моркви містять найбільше сирої клітковини, а цукати із пастернака – її найменшу кількість. Додавання овочевих порошків або цукатів до харчових продуктів може підвищити їх функціональні властивості.

Враховуючи, що добова норма споживання клітковини становить 10 г на 1000 ккал, а фізіологічна добова потреба дорослої людини в енергії – 2000-3000 ккал, вживаючи 100 г овочевих цукатів на день, можна забезпечити потребу організму у харчових волокнах на 10-15%. Овочеві цукати можуть стати якісною добавкою для збагачення сухих сніданків, борошняних виробів, йогуртів, або бути натуральними замінниками цукерок для дітей.

4.2. Результати дослідження молока збагаченого морквяним порошком

4.2.1. Результати дослідження амінокислотного спектру молока

У молоці [247] було розпізнано 18 амінокислот, в тому числі 7 незамінних (треонін, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, фенілаланін та лізин) (табл.12).

Таблиця 12

Масова частка амінокислот у дослідних зразках молока А2

Амінокислота	Норма	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
	г	г/100 г				
аспарагінова кислота	3	0,19	0,32	0,42	0,39	0,34
% добової потреби		6	11	14	13	11
треонін	2–3	0,09	0,15	0,21	0,20	0,17
% добової потреби		4	6	8	8	7
серин	3	0,17	0,21	0,24	0,24	0,18
% добової потреби		6	7	8	8	6
глутамінова кислота	5	0,53	0,69	0,84	0,76	0,71
% добової потреби		11	14	17	15	14
пролін	5	0,27	0,31	0,50	0,42	0,36
% добової потреби		5	6	10	8	7
гліцин	0,3	0,04	0,06	0,08	0,07	0,07
% добової потреби		13	20	27	23	23
аланін	3	0,10	0,12	0,17	0,16	0,11
% добової потреби		3	4	6	5	4
цистин	2–3	0,01	0,02	0,03	–	0,01
% добової потреби		0,4	0,8	1,2	–	0,4
валін	3–4	0,16	0,23	0,35	0,31	0,24
% добової потреби		5	7	10	9	7
метіонін	2–4	0,01	0,01	0,06	0,07	0,05
% добової потреби		0,3	0,3	2	2	2
ізолейцин	3–4	0,13	0,19	0,26	0,23	0,20
% добової потреби		4	5	7	7	6
лейцин	4–6	0,28	0,34	0,41	0,37	0,35
% добової потреби		6	7	8	7	7

Закінчення таблиці 12

Амінокислота	Норма	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
	г	г/100 г				
тирозин	1	0,11	0,16	0,20	0,19	0,16
% добової потреби		11	16	20	19	16
фенілаланін	2–4	0,13	0,20	0,25	0,22	0,19
% добової потреби		4	7	8	7	6
гістидин	2	0,08	0,10	0,14	0,14	0,09
% добової потреби		4	5	7	7	5
лізин	3–5	0,21	0,30	0,34	0,32	0,27
% добової потреби		5	8	9	8	7
аргінін	5	0,08	0,15	0,23	0,17	0,11
% добової потреби		2	3	5	3	2

Найбільшою масова концентрація амінокислот (4,87 г/100 г) була у незбираному молоці А2, збагаченому морквяним порошком, виготовленим із шкірок моркви (Зразок 2). Варто зазначити, що концентрація амінокислот у молоці А2 без добавок становила 2,59 г/100 г. Найбільше у Зразку 2 було виявлено, г/100 г: глютамінової кислоти (0,84), проліну (0,50), аспарагінової кислоти (0,42), лейцину (0,41), валіну (0,35). Зразок 3, виготовлений на основі знежиреного молока та морквяного порошку із шкірок, теж відрізнявся підвищеним вмістом масової концентрації більшості амінокислот, порівняно з молоком без добавок (Контроль).

Амінокислотний склад Зразка 1 був дещо кращий за Контроль, оскільки спостерігалось зростання масової концентрації деяких незамінних амінокислот. А саме, г/100 г: глютамінової кислоти на 0,16; аспарагінової кислоти на 0,13; лізину на 0,09; валіну, аргініну, фенілаланіну на 0,07; треоніну, лейцину та ізолейцину на 0,06; тирозину на 0,05; серину та проліну на 0,04; гліцину та гістидину на 0,02.

При використанні свіжої моркви для збагачення молока (Зразок 4) спостерігається, порівняно зі Зразком 1 та Контролем, збільшення масової

концентрації проліну на 0,05 та 0,09 г/100 г відповідно. Концентрація аспарагінової кислоти в цьому зразку на 0,15 г/100 г була вищою ніж в молоці без добавок.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що під впливом раціональної дози – 10 % порошків, виготовлених із моркви та її шкірок в усіх дослідних зразка молока А2, підвищується вміст загальної кількості амінокислот. Масова концентрація амінокислот у молоці А2, збагаченому морквяним порошком, виготовленим із шкірок моркви становила 4,87г/100г.

У складі молока, збагаченого морквяним порошком із шкірок моркви, виявлено більшу кількість глютамінової та аспарагінової кислоти, проліну, лейцину та валіну, порівняно з контролем. Також відбувається збільшення вмісту проліну, лейцину та валіну молока, тобто амінокислот, що забезпечують асиміляції білкового комплексу. Вживання 200 г такого збагаченого морквяними порошками молока дозволить забезпечити частину добової потреби у незамінних амінокислотах

4.2.2. Результати дослідження вмісту каротиноїдів у збагаченому молоці

Результати визначення вмісту каротиноїдів у досліджуваних зразках представлені на рис.4.14.

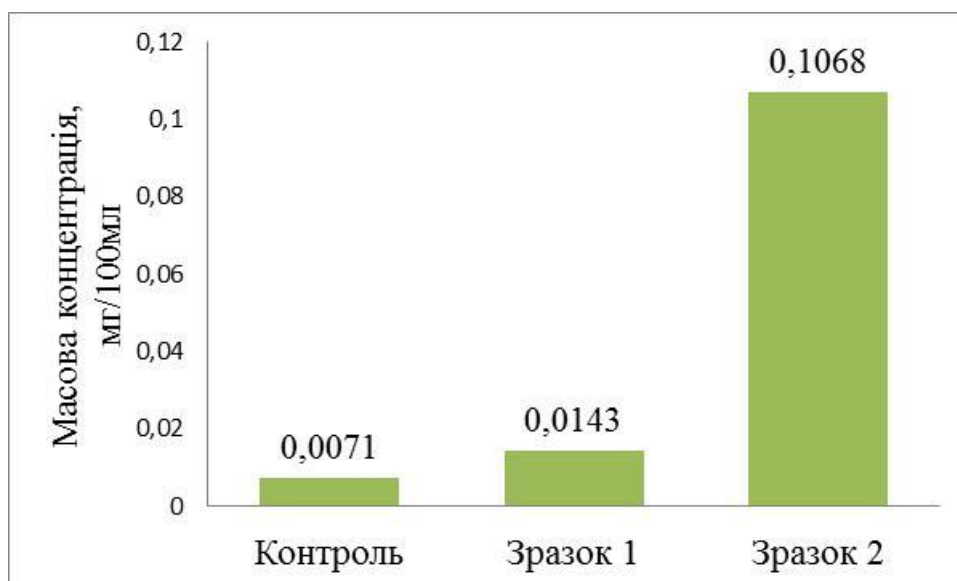


Рис.4.14 – Масова концентрація каротиноїдів у молоці

Найбільша концентрація каротиноїдів спостерігалася у зразку 2 (0,1068 мг/100 мл). Додавання до молока рослинної добавки на основі риб'ячого жиру, також не показало суттєвого зростання каротиноїдів (0,0143 мг/100 мл). Варто зазначити, що вживання тієї ж кількості молока А2 без добавок забезпечує потребу організму в каротиноїдах лише на 0,09 %.

4.3. Результати дослідження йогуртів збагачених буряковими порошками та цукатами

4.3.1. Аналіз залежності кислотності продукту від властивостей наповнювачів

Консистенція йогурту залежить від кислотної коагуляції казеїну внаслідок дії молочної кислоти, що утворюється в процесі молочнокислого бродіння лактози. Суть цього процесу полягає в агрегації гідрофобних частинок і структуроутворенню просторової сітки йогурту, в яку захоплюються дисперсійне середовище з кульками жиру та інші компоненти молока. Цей процес зумовлений поступовою нейтралізацією негативно заряджених карбоксильних груп казеїну, гідроксидіонів фосфорної кислоти та видаленням колоїдного фосфату кальцію з казеїнових міцел.

Проводили визначення активної та титрованої кислотності контрольного та дослідних зразків йогурту [183]. Результати дослідження активної та титрованої кислотності представлено на рис. 4.15.

Із графіка на рис. 4.15, *а* видно, що контрольний (К), із наповнювачем у вигляді стабілізатора, та дослідний (Д1) зразки йогурту, із наповнювачем природного походження (буряковим порошком), характеризувалися майже однаковою високою активною кислотністю.

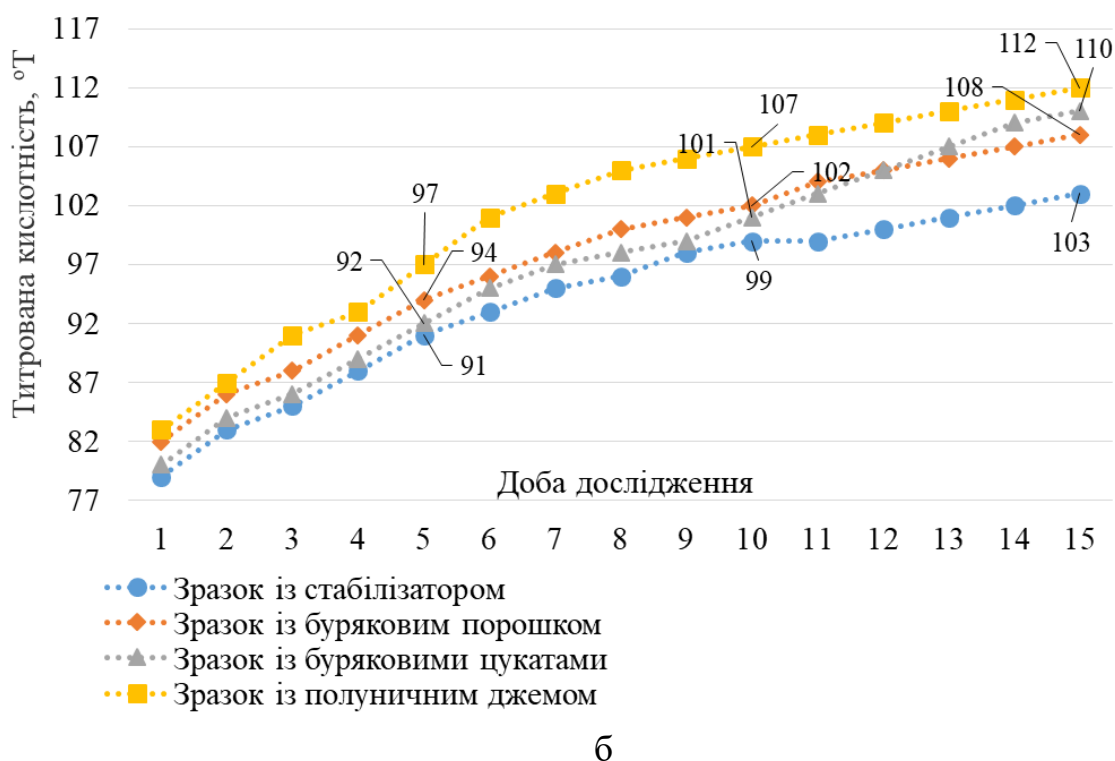
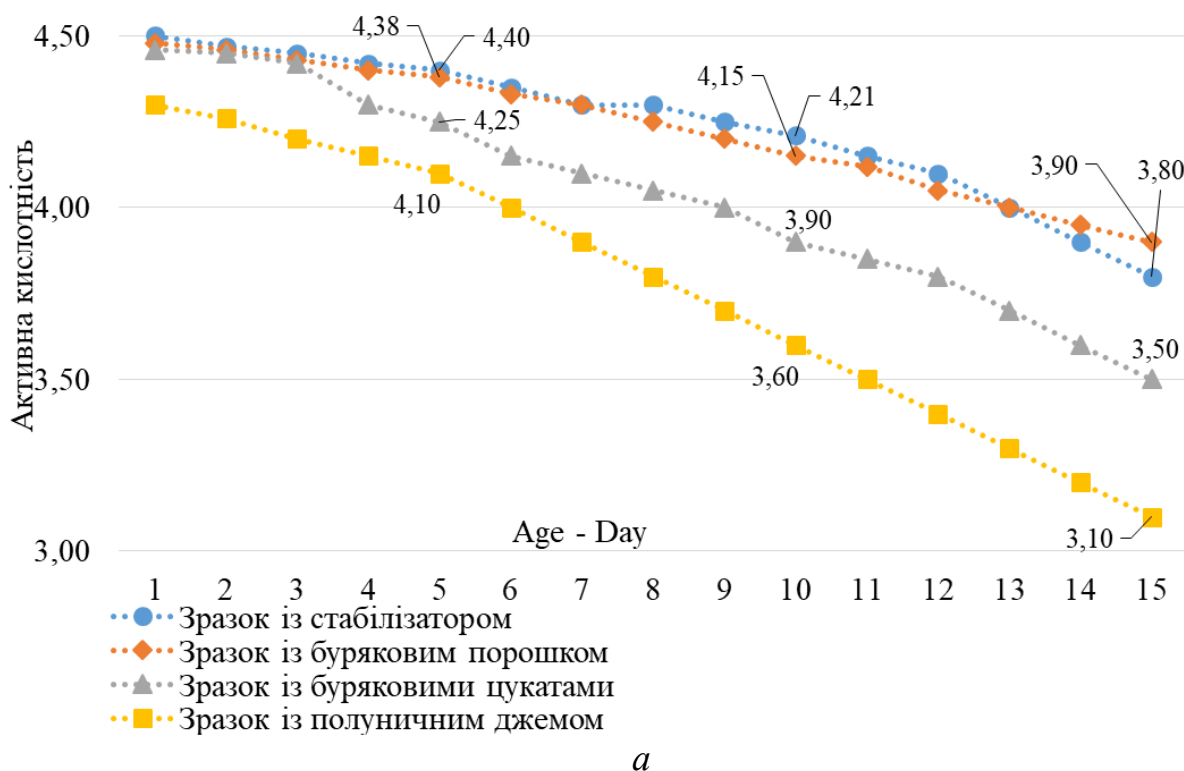


Рис. 4.15 – Зміна кислотності йогуртів в процесі зберігання: *а* – активної, *б* – титрованої

На 5-ту добу зберігання рівень кислотності рН зразка із стабілізатором STABMILK-P (К) становив 4,4, зразка із буряковим порошком (Д1) – 4,8. На 10-ту добу значення рН відзначено на рівні 4,21 (для зразка К1) та 4,15 (для зразка

Д1). На 15-ту добу дослідження рівень рН зразка зі стабілізатором був нижчим (3,8), порівняно зі зразком із полуничним порошком (3,9), на 0,1.

Дещо меншою активною кислотністю відрізнявся зразок йогурту, до складу якого було введено бурякові цукати, його рівень активної кислотності рН становив: на 5-ту добу – 4,25; на 10-ту добу – 3,9; на 15-ту – 3,5. Наповнювач, що уявляє собою полуничний джем, створював найменшу активну кислотність рН=4,1; 3,6; 3,1 (відповідно на 5, 10 та 15-ту добу дослідження).

Найбільша титрована кислотність (112°Т) спостерігалася у дослідного зразка (Д3) на 15-ту добу дослідження, що на 4°Т більше за аналогічний показник дослідного зразка (Д1), на 2°Т більше за кислотність зразка (Д2) та на 9°Т – за кислотність контрольного зразка. Підвищена титрована кислотність дослідного зразка продукту (Д3) свідчить про його гірші органолептичні показники, ніж аналогічні показники дослідних зразків Д1, Д2 та контролю.

Із графіків на рис. 4.15., а, б видно, що всі наповнювачі (буряковий порошок, бурякові цукати та полуничний джем) не мали негативного впливу на процес сквашування. Показники активної (рН=4,8-4,0) та титрованої кислотності (80-140°Т) знаходилися в межах, що відповідають вимогам стандарту, протягом всього часу дослідження. Це пояснюється тим, що, використані в досліді наповнювачі, як і більшість інгредієнтів рослинного походження, володіють здатністю створювати лужну реакцію середовища в зоні їх дії (високу активну титровану та низьку титровану кислотність).

Крім того, у столових буряках міститься близько 3% пектинових речовин, у буряковому порошку близько 5-6 %. Пектин є гідроколоїдом, який підвищує вологоутримувальну здатність продукту, харчову та біологічну цінність [248].

Збагачення йогуртів похідними переробки буряка (цукатами, порошками) позитивно впливає на фізико-хімічні, реологічні показники готового продукту. Такі добавки надають продуктам додаткових функціональних властивостей.

4.3.2. Дослідження вологоутримувальної здатності йогуртів

Результати розрахунку вологоутримувальної здатності (ВУЗ) представлено на рис.4.16. Розрахунок ВУЗ проводили в 1, 5, 10 та 15-ту добу експерименту.

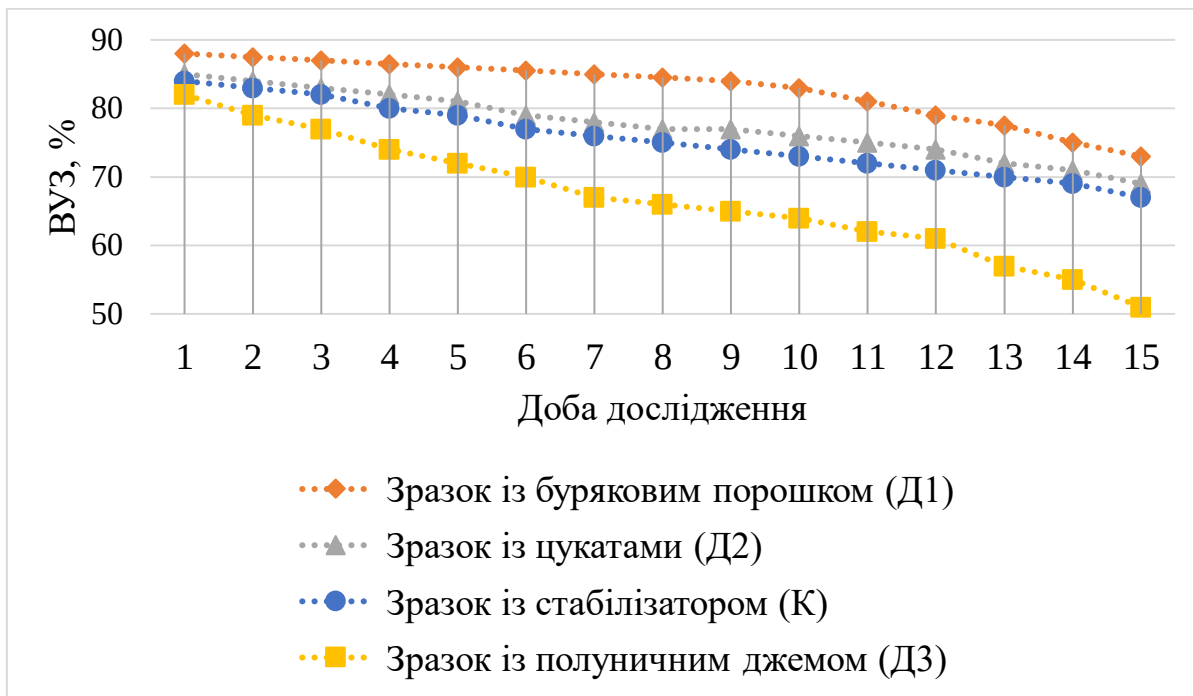


Рис.4.16 – Зміна вологоутримувальної здатності йогуртів

Дослідження здатності кисломолочних згустків утримувати вологу без впливу застосованого до них тиску та під дією відцентрових сил показали, що найбільшою вологоутримувальною здатністю володіли зразки продукту з буряковим порошком та з буряковими цукатами, показники ВУЗ якого були на 2-3 % більшими, ніж в контролі.

Найгіршою вологоутримувальною здатністю вирізнялися зразки продукту із полуничним джемом. Його ВУЗ була на 6-17% меншою, порівняно із аналогічним показником в контролі.

Висока вологоутримувальна здатність дослідних зразків йогурту із наповнювачами: буряковим порошком та буряковими цукатами, пояснюється наявністю у складі сухих рослинних інгредієнтів макро- і мікропор, здатних поглинати вологу. Це обговорення, треба переносити у відповідний розділ.

4.3.3. Дослідження впливу структурно-механічних властивостей наповнювачів на консистенцію йогуртів

Йогурти, як і решта кисломолочних напоїв, відносяться до псевдопластичних рідин. Їх в'язкість залежить не лише від напруження, а й від швидкості зсуву, температури, масової частки жиру та кислотності.

Показники ефективної в'язкості зразків представлено на рис. 4.17.

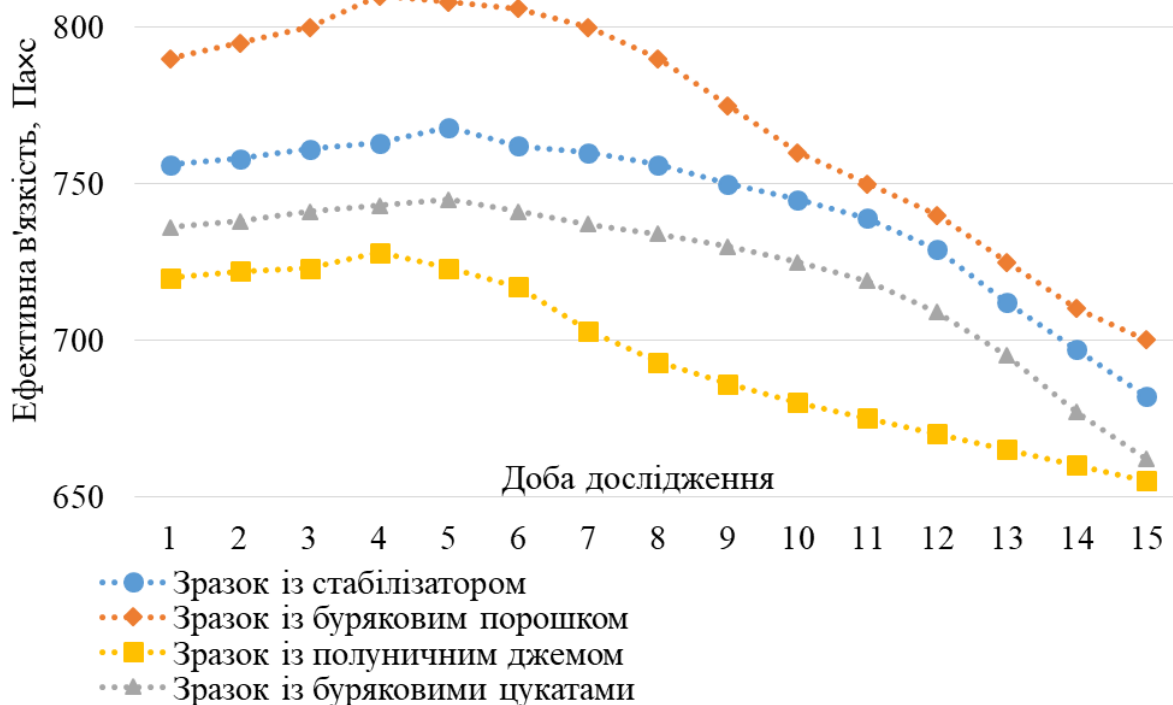


Рис. 4.17 – Реолограма досліджуваних проб йогуртів

Із реолограми на рис.4.17 видно, що введення до складу йогурту порошкоподібних наповнювачів підвищує в'язкість і зберігає структуру без використання стабілізаційних систем. Проведений аналіз реологічних параметрів дослідних зразків йогурту із такими наповнювачами, як буряковий порошок (Д1), бурякові цукати (Д2) та полуничний джем (Д3), показав зміни ефективної в'язкості, що відбувалися на останню добу їхнього зберігання за температури 8°C у побутовому холодильнику. Варто зазначити, що ефективна в'язкість всіх зразків на п'яту добу зберігання підвищилась. Найбільше підвищення спостерігалось у зразку із буряковим порошком (від 790 до 810Па·с), а найменше – у зразку з полуничним джемом (від 720 до 730Па·с). На 10-ту добу

досліджень ефективна в'язкість зразка із буряковим порошком (Д1) була вищою, в порівнянні з контролем, на 1,5%. А в'язкість зразка із буряковими цукатами (Д2) – на 3% нижча за в'язкість того ж зразка. Це пояснюється структурою наповнювача у порошкоподібній формі, яка сприяє більш рівномірному розподілу вологи між часточками подрібненої рослинної сировини.

Результати дослідження мікробіологічних показників якості йогуртів збагачених буряковими порошками та цукатами представлено в таблиці 13.

Таблиця 13

Мікробіологічні показники якості йогуртів

Найменування зразків	Термін зберігання, діб			
	1	14	21	27
Контроль 1	-	-	-	-
Зразок із буряковим порошком	-	-	<30 КУО в 1 см ³	<50 КУО в 1 см ³
Зразок із буряковими цукатами	-	-	<30 КУО в 1 см ³	>50 КУО в 1 см ³

Дослідження показало, що застосування похідних переробки буряків не сприяє розмноженню плісняви та дріжджів в готовому продукті.

Встановлено, що наповнювачі буряковий порошок та бурякові цукати можуть бути використані для виробництва йогуртів. Це пояснюється рядом причин: вмістом харчових волокон, наявністю натуральних пігментів та ароматичних речовин, вітамінним та мінеральним складом. До того ж доведено, що дані наповнювачі не погіршували якість розробленого йогурту у процесі зберігання.

4.4. Обґрунтування доцільності переробки і використання похідних переробки плодів дикорослих рослин

4.4.1. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості порошоків із плодів дикорослих рослин

Результати дослідження органолептичних показників якості порошоків із похідних переробки плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 14.

Органолептичні показники ППДР

Найменування показників	Значення
<i>Порошки із похідних переробки ягід обліпихи</i>	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішків
Колір	Темно-помаранчевий, забарвлення натуральне, рівномірне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодам обліпихи
Смак і запах	Приємний, виражений смак і запах притаманний плодам обліпихи, з легким кисло-солодким присмаком, без сторонніх присмаків і запахів
<i>Порошки із похідних переробки ягід калини</i>	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішків
Колір	Темно-червоний, забарвлення натуральне, рівномірне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодам калини
Смак і запах	Приємний, виражений смак і запах притаманний плодам калини, з легким терпким, кисло-солодким присмаком, без сторонніх присмаків і запахів
<i>Порошки із похідних переробки ягід бузини чорної</i>	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішків
Колір	Темно-фіолетовий, забарвлення натуральне, рівномірне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодам бузини

Закінчення таблиці 14

Найменування показників	Значення
Смак і запах	Приємний, виражений смак і запах притаманний плодам бузини, без сторонніх присмаків і запахів
<i>Порошки із похідних переробки ягід горобини звичайної</i>	
Зовнішній вигляд	Однорідний, сипкий, дрібнодисперсний порошок, без грудочок та домішків
Колір	Помаранчевий, забарвлення натуральне, рівномірне, достатньо виражене, відповідає кольоровим характеристикам плодам горобини
Смак і запах	Приємний, виражений смак і запах притаманний плодам горобини, без сторонніх присмаків і запахів

Результати дослідження фізико-хімічних показників якості порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 15

Таблиця 15

Фізико-хімічні показники ППДР

Найменування показників	Значення для рослинних порошків із похідних переробки ягід			
	Обліпихи	Калини	Бузини	Горобини
Масова частка вологи, %	7,46±0,05	6,14±0,05	4,44±0,05	5,77±0,05
Дисперсність, мм	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Активна кислотність, од. рН	4,15	4,23	4,71	4,65
Титрована кислотність (у перерахунку на яблучну кислоту), %	0,58	0,46	0,33	0,21
Розчинність, %	77,0	77,8	79,5	90,1
Масова частка редукувальних цукрів, %	29,9	37,1	50,0	37,9

За всіма органолептичними та фізико-хімічними показниками всі зразки рослинних порошків із похідних переробки ягід (калини, бузини, обліпихи, горобини) відповідають вимогам ДСТУ 8498:2015 [249].

4.4.2. Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості сиропів із плодів дикорослих рослин

Утворені після осмотичної дегідrataції плодів дикорослих рослин є цінним продуктом і можуть стати основною сировиною для виробництва багатьох харчових продуктів, зокрема: соків, кондитерських виробів, лікero-горілчаних виробів, цукру та інш. Результати дослідження органолептичних показників якості порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин представлено в таблиці 16.

Таблиця 16

Органолептичні показники сиропів

Найменування показників	Значення
<i>Сироп калиновий</i>	
Зовнішній вигляд	Містить в невеликій кількості осад плодової м'якоті, без насіння і сторонніх включень, не властивих продукту
Колір	Яскраво червоний. Рівномірний по всьому об'єму, відповідає кольору плодів калини
Смак та запах	Солодкий, з присмаком калини. Запах характерний калині
Консистенція	Однорідна в'язка плинна консистенція, не драглюються.
<i>Сироп бузиновий</i>	
Зовнішній вигляд	Не містить осаду, насіння і сторонніх включень, не властивих продукту
Колір	Темно-бордовий. Рівномірний по всьому об'єму, відповідає кольору плодів бузини
Смак та запах	Солодкий, з присмаком бузини. Запах характерний бузині
Консистенція	Однорідна в'язка плинна консистенція, не драглюються.

Закінчення таблиці 16

Найменування показників	Значення
<i>Сироп горобиновий</i>	
Зовнішній вигляд	Не містить осаду, насіння і сторонніх включень, не властивих продукту
Колір	Яскраво теракотовий. Рівномірний по всьому об'єму, відповідає кольору плодів горобини
Смак та запах	Солодкий, з присмаком горобини. Запах характерний горобині
Консистенція	Однорідна в'язка плинна консистенція, не драглюються.
<i>Сироп обліпиховий</i>	
Зовнішній вигляд	Суспензія, без насіння і сторонніх включень, не властивих продукту
Колір	Яскраво жовтий. Рівномірний по всьому об'єму, відповідає кольору плодів обліпихи
Смак та запах	Солодкий, з присмаком обліпихи. Запах характерний обліписі
Консистенція	Однорідна в'язка плинна консистенція, не драглюються.

Після осмотичної дегідратації масова частка сухих речовин у осмотичних розчинах зменшується, за рахунок розбавлення клітинним соком, тому якщо передбачається їх тривале зберігання, рекомендується згущувати сиропи.

Якщо сиропи будуть одразу використовуватися після відокремлення від плодів, згущення непотрібне, крім тих випадків, коли це передбачено рецептурою (наприклад для збагачення цукру).

Під час лабораторних досліджень осмотичні розчини згущували за допомогою лабораторної вакуум-сушарки при температурі 50°C.

Фізико-хімічні показники якості сиропів на основі осмотичних розчинів представлено в таблиці 17.

Фізико-хімічні показники якості сиропів

Найменування показників	Сироп калиновий	Сироп бузиновий	Сироп горобининовий	Сироп обліпиховий
Масова частка сахарози, %, не більше	63±0,05	66±0,05	54±0,05	61±0,05
Масова частка сухих речовин, %, не менше	68,5±0,05	68,5±0,05	69±0,05	68,5±0,05
Кислотність активна, рН	3,31–3,17	4,57–4,23	3,53–3,43	3,28–3,13

За органолептичними та фізико-хімічними показниками всі зразки вітамінізованих сиропів відповідають вимогам ДСТУ 8057:2015 [250].

4.4.3. Результати аналізу мікроструктури порошків із плодів дикорослих рослин

Аналіз мікроструктури ППДР показав, що всі вони містять ХВ (4.18-4.21).

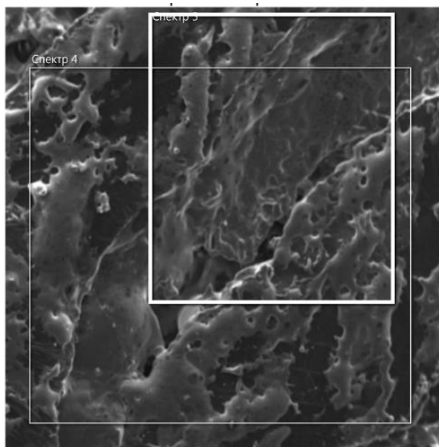


Рис. 4.18 – Мікроструктура порошку із бузини (кратність збільшення 500 μm)

Порошок із бузини представляє собою кристалічну полідисперсну систему (рис.4.18), яка переважно складається із механічних тканин. Містить певну кількість незруйнованих частинок, що свідчить про доцільність підвищення ступеня подрібнення в разі необхідності. Виявлено велику кількість харчових волокон.

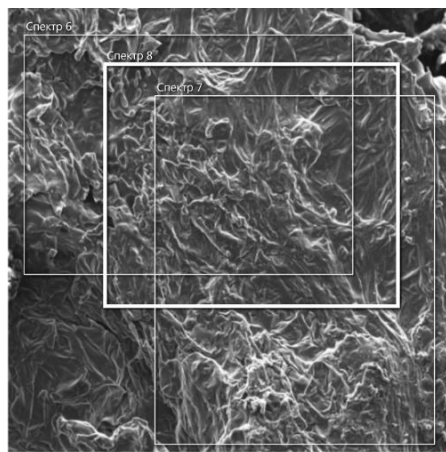


Рис. 4.19 – Мікроструктура порошку із плодів горобини (*кратність збільшення 500 μ m*)

У порошку із горобини виявлено велику кількість ситовидних трубочок, утворених провідною тканиною, через них рідкі середовища можуть вільно проходити, та утримуватися всередині комірок.

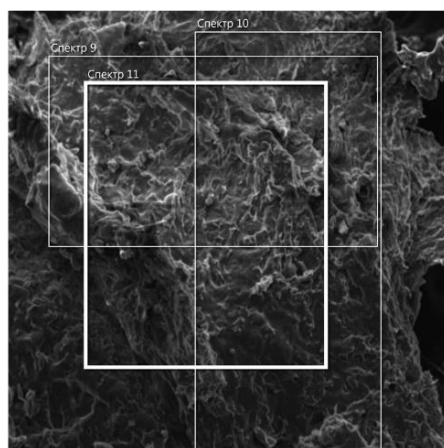


Рис. 4.20 – Мікроструктура порошку із калини (*кратність збільшення 500 μ m*)

Структура горобини (рис.4.19) та калини (рис. 4.20) дуже подібні. Система каналців, утворена провідною тканиною. Пористість даних порошків вказує на їх високу вологоутримуючу здатність.

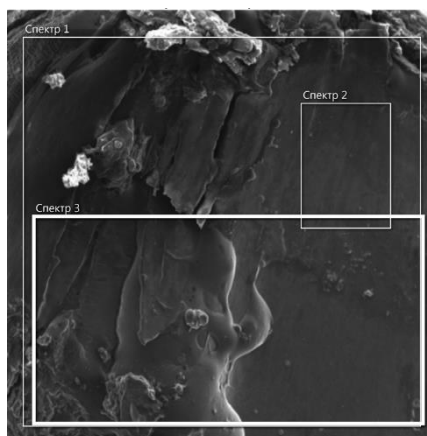


Рис. 4.21 – Мікроструктура порошку із обліпихи (кратність збільшення 500 μm)

Порошки із обліпихи складаються переважно із механічної тканини з окремими включеннями кристалічних фракцій. Обліпихові порошки містять менше харчових волокон порівняно зі зразками калинових та горобинових порошоків.

4.4.4. Результати дослідження вмісту клітковини у порошках із плодів дикорослих рослин

Проаналізувавши мікроструктуру окремих видів порошоків, було досліджено вміст сирової клітковини в них. Результати представлено в таблиці 18. Невизначеність, U ($k=2$, $P=0,05$).

Таблиця 18

Вміст сирової клітковини у ППДР

Найменування продуктів	Вміст «сирової» клітковини, %
Порошок із бузини	18,2 $\pm$ 0,05
Порошок із калини	10,92 $\pm$ 0,05
Порошок із горобини	6,7 $\pm$ 0,05
Порошок із обліпихи	7,34 $\pm$ 0,05

Найвищий вміст «сирової» клітковини міститься в порошках виготовлених із похідних переробки бузини, найменший – у порошках із похідних переробки горобини. Таким чином, всі види порошоків можна використовувати для

збагачення продуктів харчовими волокнами або для підвищення їх вологоутримуючої здатності.

4.4.5. Результати дослідження масового вмісту мікроелементів у порошках із похідних переробки плодів дикорослих рослин

Порівняльний аналіз вмісту макро- та мікроелементів у порошках, виготовлених із похідних переробки плодів дикорослих рослин, представлено на рисунках 4.22-4.25 Вміст елементів представлено у виразі на сухі речовини.

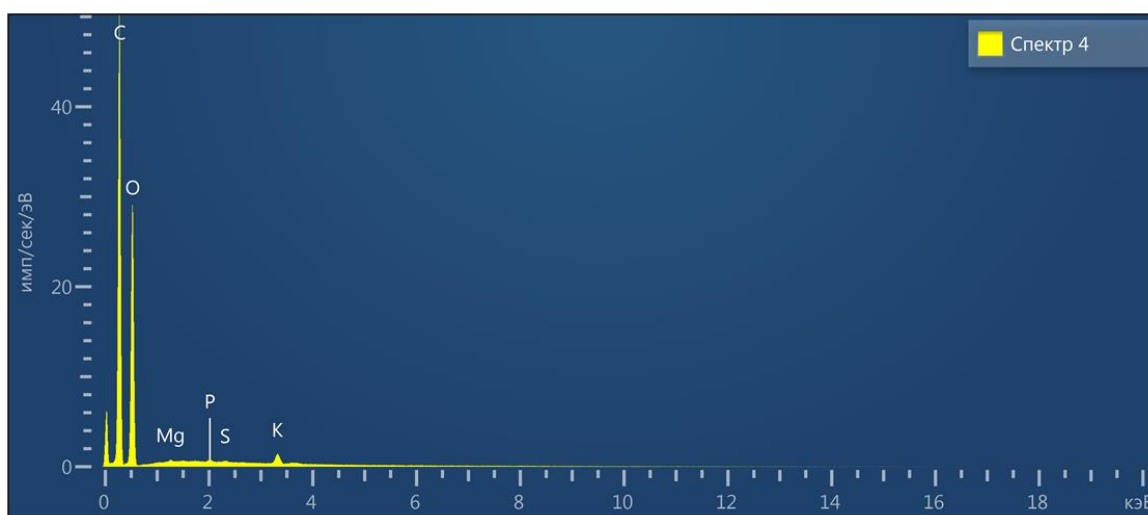


Рис.

4.22 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із бузини

У порошках із похідних переробки бузини виявлено наступні мінеральні речовини, %: калію (0,61), фосфору (0,08), сірки (0,05), магнію (0,07).

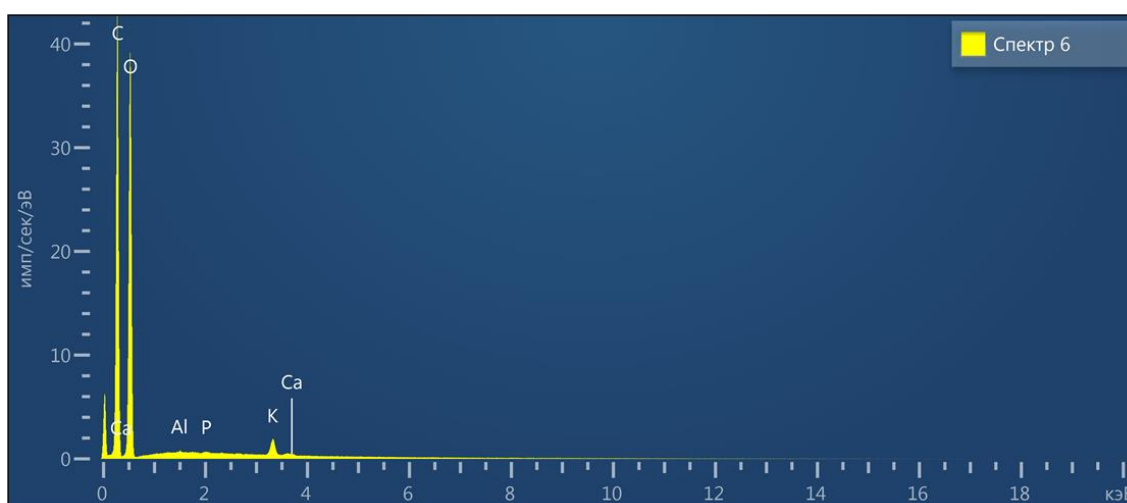


Рис. 4.23 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із горобини

Магній, який виявлено лише в порошках із бузини, контролює збудження і гальмування нервової системи, регулює роботу головного мозку, ефективний у боротьбі з мігренню і головним болем. Бере участь в травних процесах, нормалізує кислотність шлункового соку, стимулює вироблення жовчі, запобігає появі закрепів та інших проблем з шлунково-кишкового тракту.

У порошках із похідних переробки горобини виявлено наступні мінеральні речовини, %: калію (0,85), алюмінію (0,04), фосфору (0,05), кальцію (0,1).

Калій бере участь у нервовій провідності та в процесі скорочення м'язів, тому його правильна концентрація в крові надзвичайно важлива для людини. Фосфор необхідний для здоров'я внутрішніх органів, суглобів і зубів. Також цей мікроелемент бере участь в регуляції рівня гормонів.

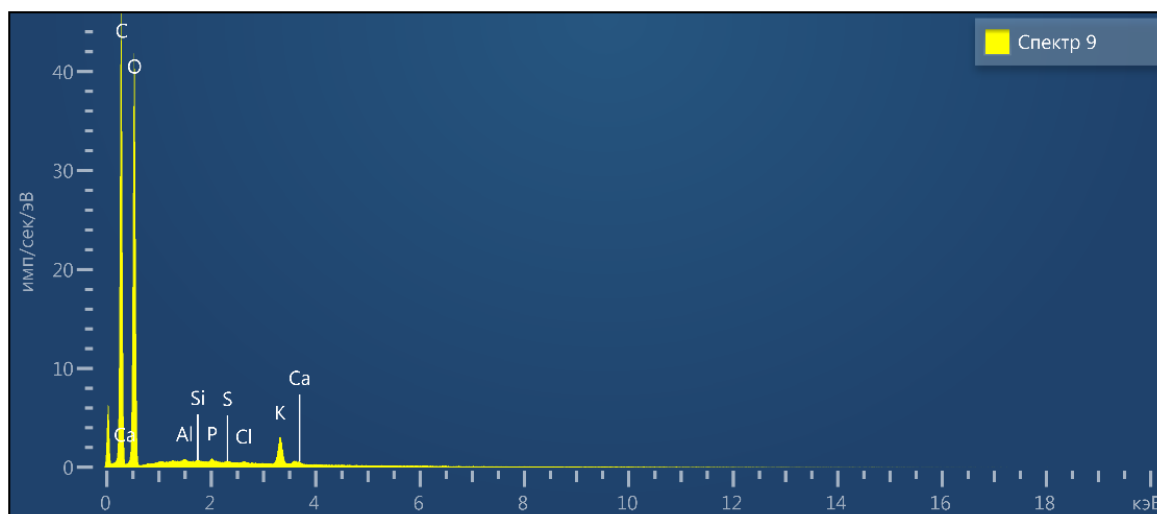


Рис. 4.24 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із калини

У порошках із похідних переробки калини виявлено наступні мінеральні речовини, %: калію (1,37), алюмінію (0,07), фосфору (0,1), хлору (0,05), сірки (0,04), кальцію (0,11), кремнію (0,03).

Алюміній концентрується у сироватці крові, легенях, печінці, кістках, нирках, входить до структури оболонок нервових клітин головного мозку людини. Для організму людини кальцій важливий не лише як будівельний матеріал для кісткової тканини, а й як елемент, що бере участь у перебігу багатьох процесів та навіть регулює їх.

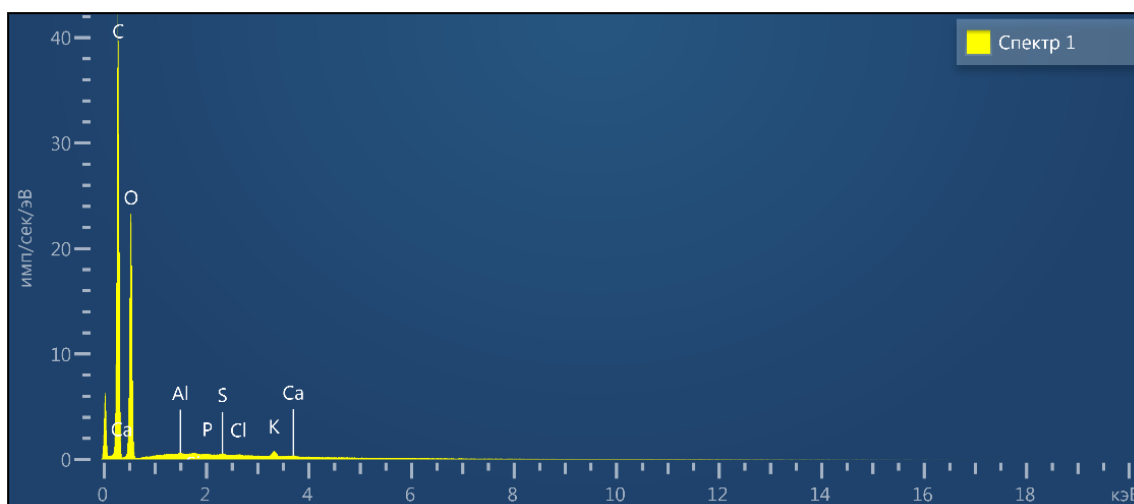


Рис. 4.25 – Вміст макро- та мікроелементів у порошках із обліпихи

У порошках із похідних переробки обліпихи виявлено наступні мінеральні речовини, %: калію (0,35), алюмінію (0,05), фосфору (0,04), хлору (0,04), сірки (0,06), кальцію (0,07), кремнію (0,03).

Сірка міститься в шкірі, м'язовій тканині, суглобах, клітинах нервової системи, скелеті, нігтьової пластини і волоссі. Вона необхідна для їх нормального функціонування. Кремній необхідний для процесів мінералізації кісткової тканини, синтезу колагену, позитивно впливає на стан шкіри, волосся і нігтів, сприяє попередженню атеросклерозу і хвороби Альцгеймера. При дефіциті кремнію відбувається втрата основною речовиною кістки регулярної трабекулярної структури, можливі патологічні зміни хрящової тканини, дефекти суглобів. Найбільшу кількість калію, алюмінію, фосфору, хлору, кальцію містить порошок із похідних переробки калини.

Порошок із похідних переробки бузини алюмінію, хлору і кальцію не містить. Хлору і сірки не виявлено у порошках із похідних переробки горобини. Сірки найбільше міститься у порошках із похідних переробки обліпихи. Кремній в однаковій кількості було виявлено у порошках із похідних переробки калини та обліпихи, і не виявлено взагалі у порошках із горобини та бузини. Таким чином, порошки із плодів дикорослих рослин, особливо калиновий, можуть використовуватися для збагачення харчових продуктів деякими мінеральними елементами, які виконують важливу роль в організмі.

4.4.6. Результати мікробіологічного аналізу порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин

За результатами контролю встановлено [251], що у порошках із похідних переробки бузини ріст мікроорганізмів відсутній (рис.4.26): *МАФАМ* <100 КУО; дріжджів <100 КУО; плісневих грибів <100 КУО.

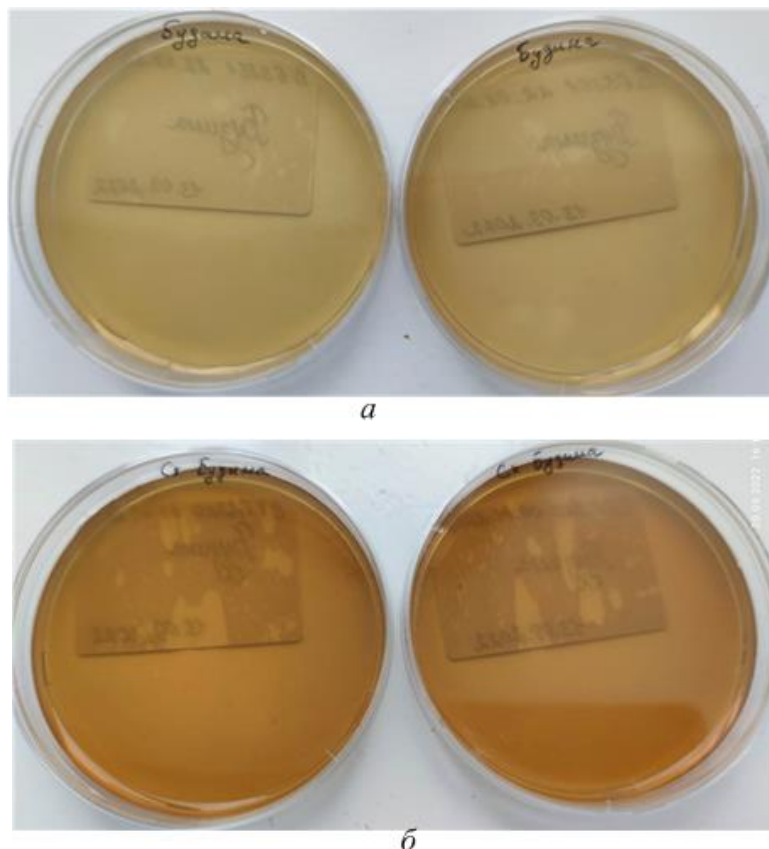
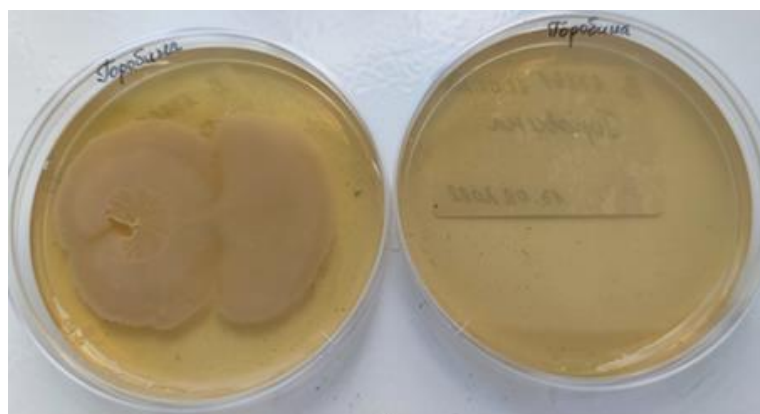
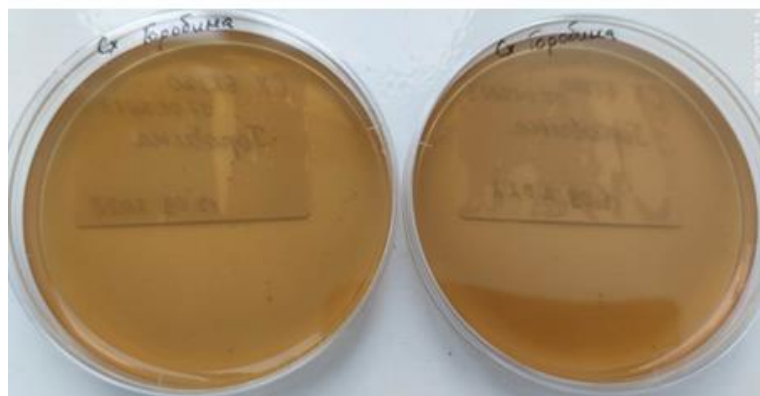


Рис.4.26 – Результати мікробіологічного дослідження порошків із похідних переробки бузини: *а* – загальне число МАФАМ; *б* – загальне число дріжджових та плісневих грибів

У порошках із похідних переробки горобини виявлено ріст 2 колонії на одній з двох чашок Соєво-казеїнового агару (рис.4.27). На інших чашках ріст мікроорганізмів відсутній: *МАФАМ* = 100 КУО; дріжджів <100 КУО; плісневих грибів <100 КУО.



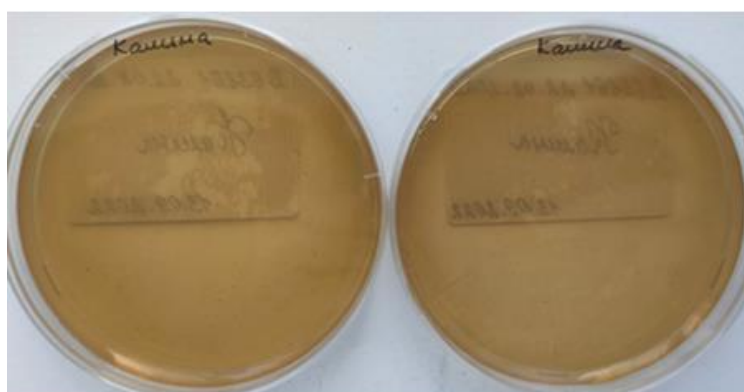
а



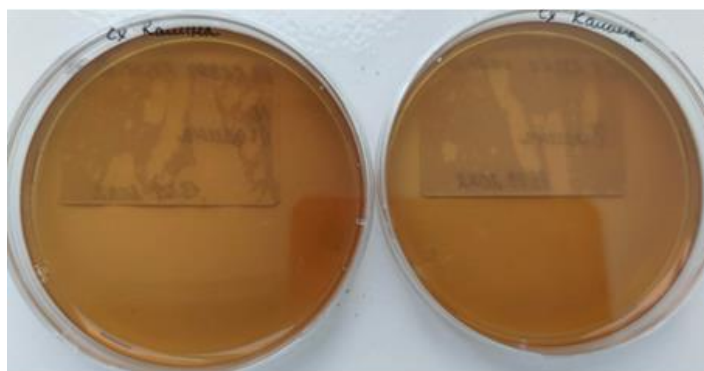
б

Рис.4.27 – Результати мікробіологічного дослідження порошків із похідних переробки горобини: а – загальне число МАФАМ; б – загальне число дріжджових та плісневих грибів

У порошках із похідних переробки калини ріст мікроорганізмів відсутній (рис.4.28): МАФАМ <100 КУО; дріжджів <100 КУО; плісневих грибів <100 КУО.



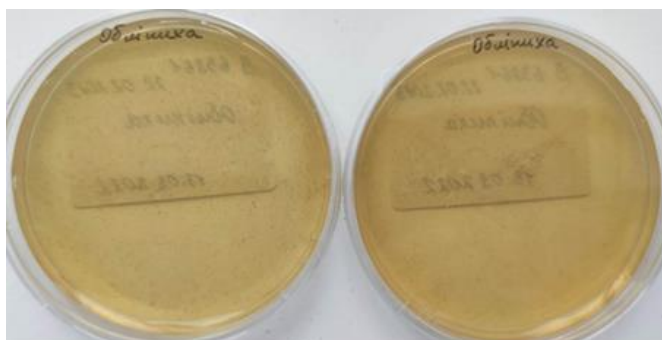
а



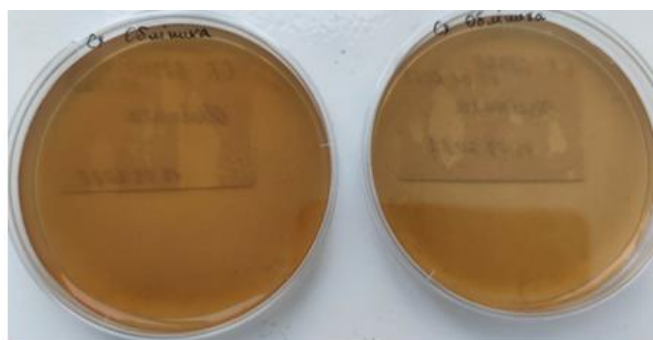
б

Рис.4.28 – Результати мікробіологічного дослідження порошків із похідних переробки калини: *а* – загальне число МАФАМ; *б* – загальне число дріжджових та плісневих грибів

У порошках із похідних переробки обліпихи ріст мікроорганізмів відсутній (рис.4.29): МАФАМ <100 КУО; дріжджів <100 КУО; плісневих грибів <100 КУО.



а



б

Рис.4.29 – Результати мікробіологічного дослідження порошків із похідних переробки обліпихи: *а* – загальне число МАФАМ; *б* – загальне число дріжджових та плісневих грибів

Всі надані зразки відповідають вимогам за показником мікробіологічної чистоти для субстанцій рослинного походження.

4.4.7. Результати дослідження безпечності порошків із похідних переробки плодів дикорослих рослин

Присутність важких металів в ґрунті становить серйозну загрозу для здоров'я людей. Із ґрунту важкі метали потрапляють в рослини, які є не лише сировиною для виробництва багатьох харчових продуктів, а й безпосередньо вживаються в їжу. В організмі важкі метали накопичуються в нирках і печінці, можуть викликати серйозні порушення обміну речовин. Як правило важкі метали накопичуються в рослинах, які ростуть поблизу промислових підприємств та автомагістралей.

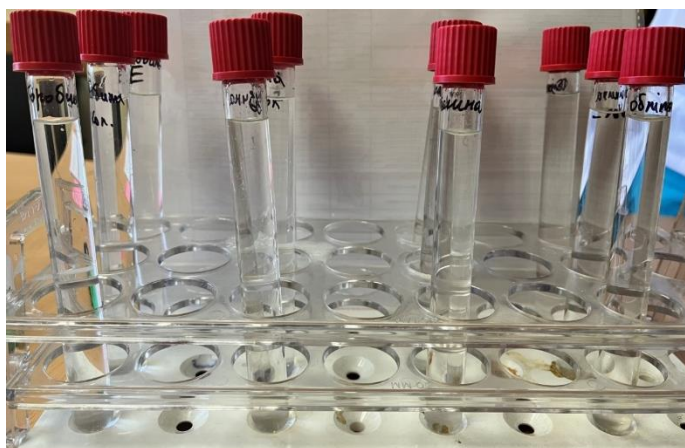


Рис.4.30 – Результати дослідження вмісту важких металів у порошках із похідних переробки дикорослих ягід

За результатами випробування розчини всіх зразків були не інтенсивніші за еталон (рис.4.30), що свідчить про те, що вміст важких металів у порошках із похідних переробки дикорослих ягід становить менше 10 ppm Pb.

4.4.8. Результати дослідження вмісту вітаміну С у похідних переробки плодів дикорослих рослин

Запропонований спосіб обробки плодів дикорослих рослин, із застосуванням осмотичної дегідратації, дозволяє зберегти вміст вітаміну С в продуктах їх переробки. Результати дослідження вмісту вітаміну С у порошках із ПППДР представлено на рисунку 4.31.

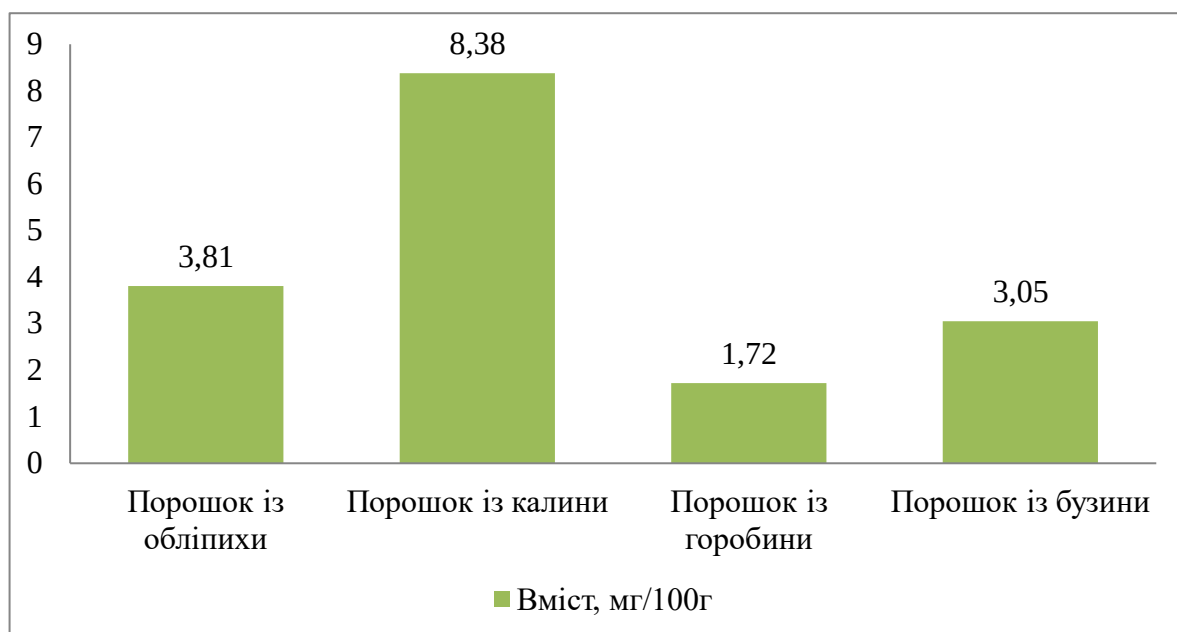


Рис. 4.31 – Вміст вітаміну С у порошках із ППДР

Встановлено, що найбільше вітамін С при осмотичній дегідратації та сушінні зберігається у порошках калини, найменше його залишається у горобинових порошках.

Результати дослідження вмісту вітаміну С у сиропів із похідних переробки плодів дикорослих ягід представлено на рисунку 4.32.

Із рисунків видно, що при осмотичній дегідратації вітамін С по різному переходить в похідні продукти, залежно від виду сировини. Найбільша кількість вітаміну С переходить із бузини у осмотичний розчин. Найменша – із обліпихи.

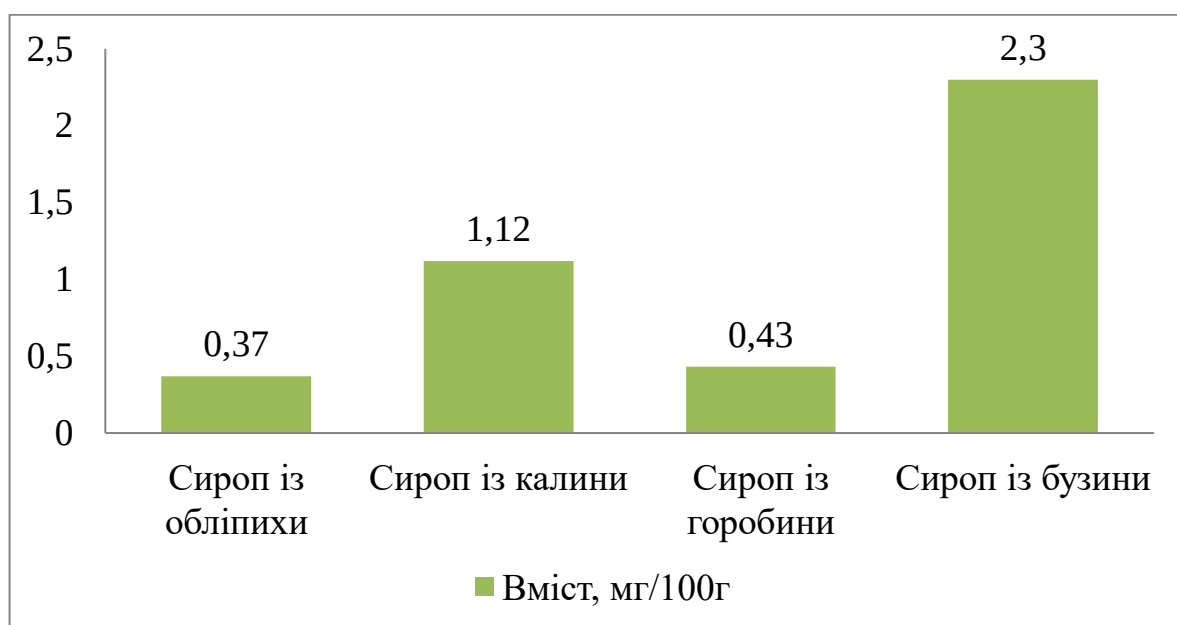


Рис. 4.32 – Вміст вітаміну С у сиропів

Сумарна кількість вітаміну С у ПППДР становить, мг/100г: обліпихи – 4,16; калини – 9,5; горобини – 2,15; бузини – 5,35. Це свідчить про те, що найкращою сировиною для збагачення продуктів вітаміном С є калина та бузина. Результати показали, що і порошки, і сиропи можна використовувати для збагачення харчових продуктів вітаміном С. Вітамін С бере участь у процесах метаболізму, захищає молекули (білки, ліпіди, вуглеводи та ін.) від пошкодження активними формами кисню. Також він потрібен для синтезу гормонів, що грають важливу роль у реакції серцево-судинної системи на важку інфекцію, і допомагає засвоювати залізо. Це незамінний вітамін, який можна отримати лише у їжі рослинного походження. Дефіцит вітаміну С викликає захворювання під назвою "цинга", що проявляється кровотечами та ламкістю судин. Тому, збагачення продуктів харчовими добавками, що містять вітамін С, дозволить підвищити їх біологічну цінність.

Також було досліджено вміст вітаміну Е. Результати дослідження вмісту вітаміну Е представлено на рисунку 4.33.

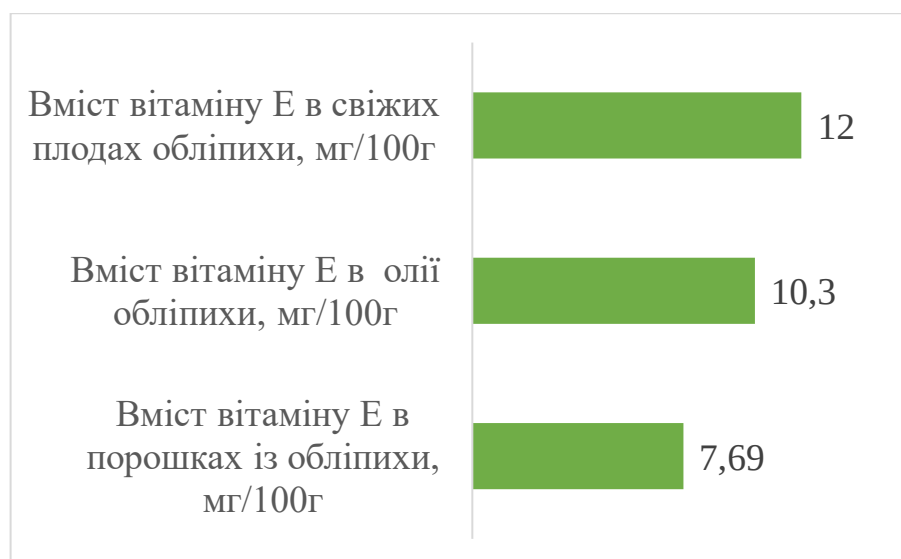


Рис. 4.33 – Вміст вітаміну Е у плодах обліпихи та похідних її переробки. Зазвичай макуха, утворена після добування обліпихової олії, утилізується. Використовуючи запропоновану нами технологію, можна повністю зберегти вітамін Е, оскільки порошки виготовляються із цільних плодів.

Вітамін Е являється антиокислювачем, він стійкий до високих температур, що дає можливість застосування у харчових продуктах, які підлягають високій температурній обробці.

4.4.9. Вплив осмотичної дегідратації на амінокислотний склад похідних переробки плодів дикорослих рослин

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 [252].

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 4.33, 4.34, 4.35, 4.36.

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 [253]. 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.4.34, 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), який 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. До складу порошку *Viburnum opulus* входить 18 амінокислот (рис.4.34, 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).

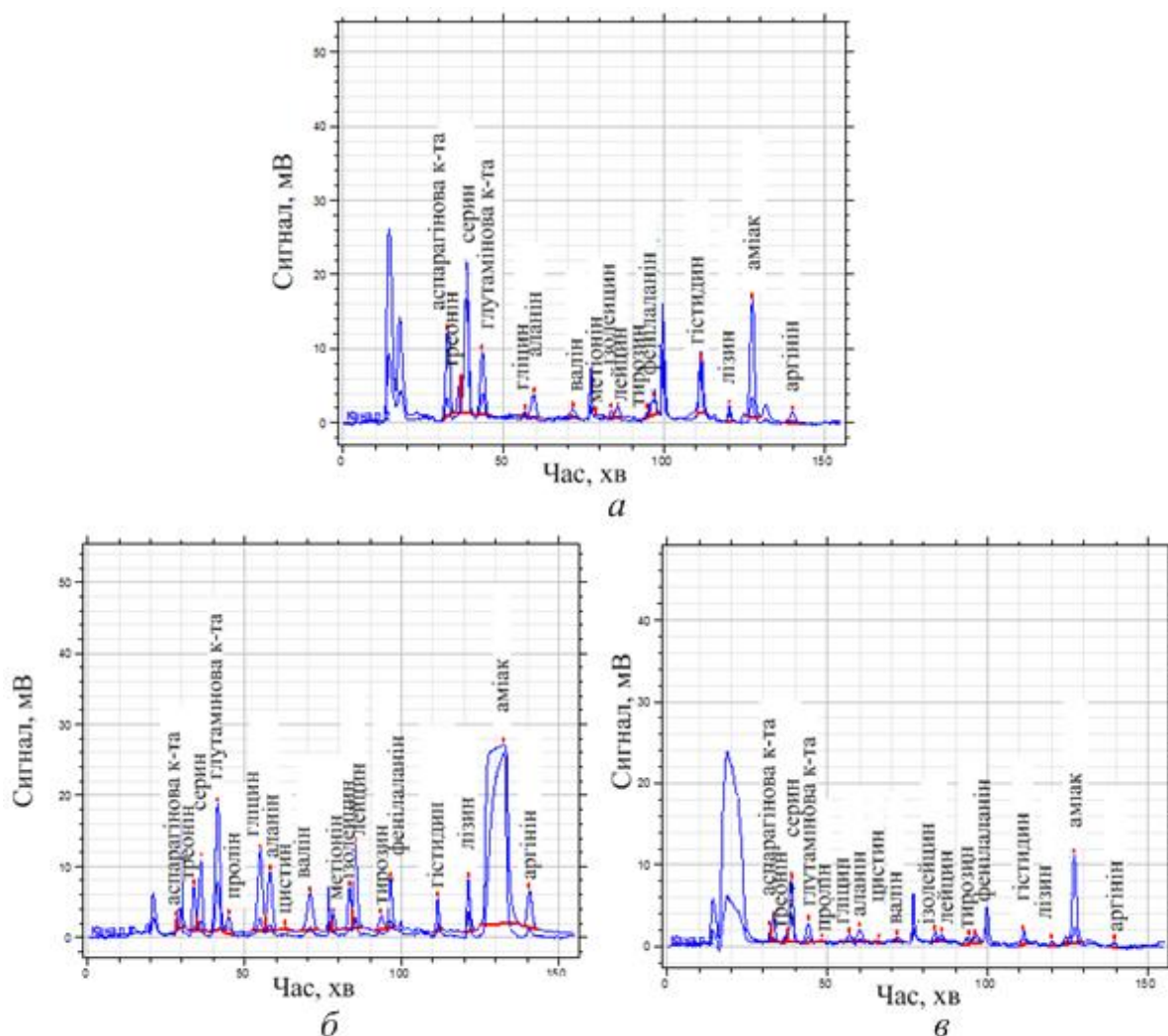


Рис.4.34 – Амінокислотний склад *Viburnum opulus*: а – плодів; б – порошоків; в – осмотичного розчину

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. 4.34, 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 *Hippophae rhamnoides* L. містять багато вітамінів, фенольних з'єднань, каротиноїдів та інших біологічно активних компонентів, які мають фармакологічні ефекти [254]. Обліпиха традиційно використовується як лікарський засіб [255]. З неї добувають олію та сік, а шрот при цьому йде на корм тваринам або утилізується.

Аналіз амінокислотного профілю плодів обліпихи (рис.4.35, а) показав присутність у їх складі 17 амінокислот, найбільша концентрація припадає на серин – 84,35 мг/100 г.

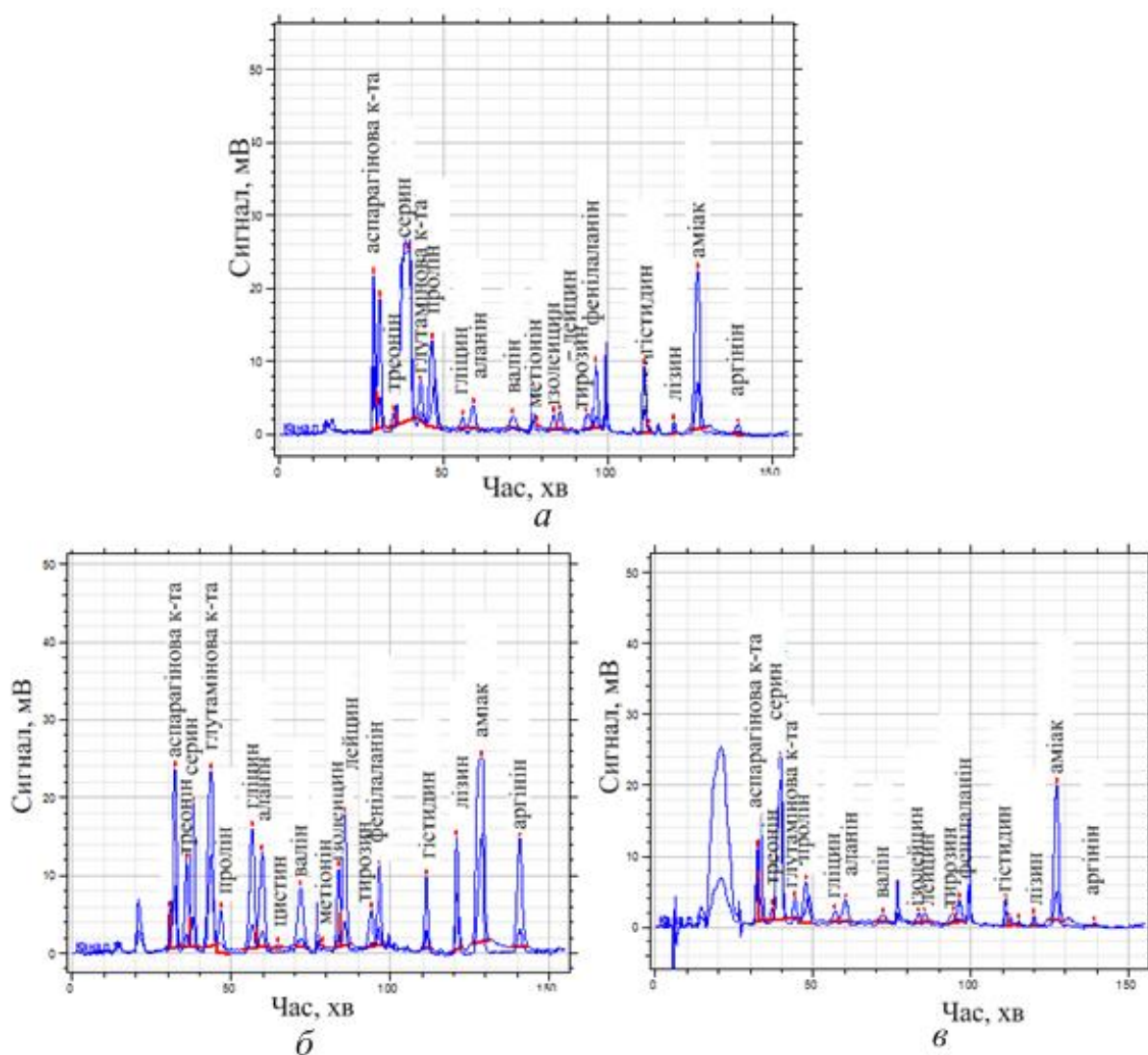


Рис.4.35 – Амінокислотний склад *Hippophae rhamnoides* L.: а – плодів; б – порошків; в – осмотичного розчину

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. Наші дослідження та результати інших науковців показали, що похідні переробки обліпихи містять найбільшу кількість аспарагінової та глутамінової кислоти, аргініну. Кількість незамінних амінокислот, що містяться у шроті обліпихи 23,7% [256], у м'якоті 22,6-31,0%, а

за нашими результатами кількість незамінних амінокислот у похідних переробки обліпихи становить 29%. За результатами інших досліджень [257] 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.4.35, 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), ізолейцин (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.4.35, 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.4.36, 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.

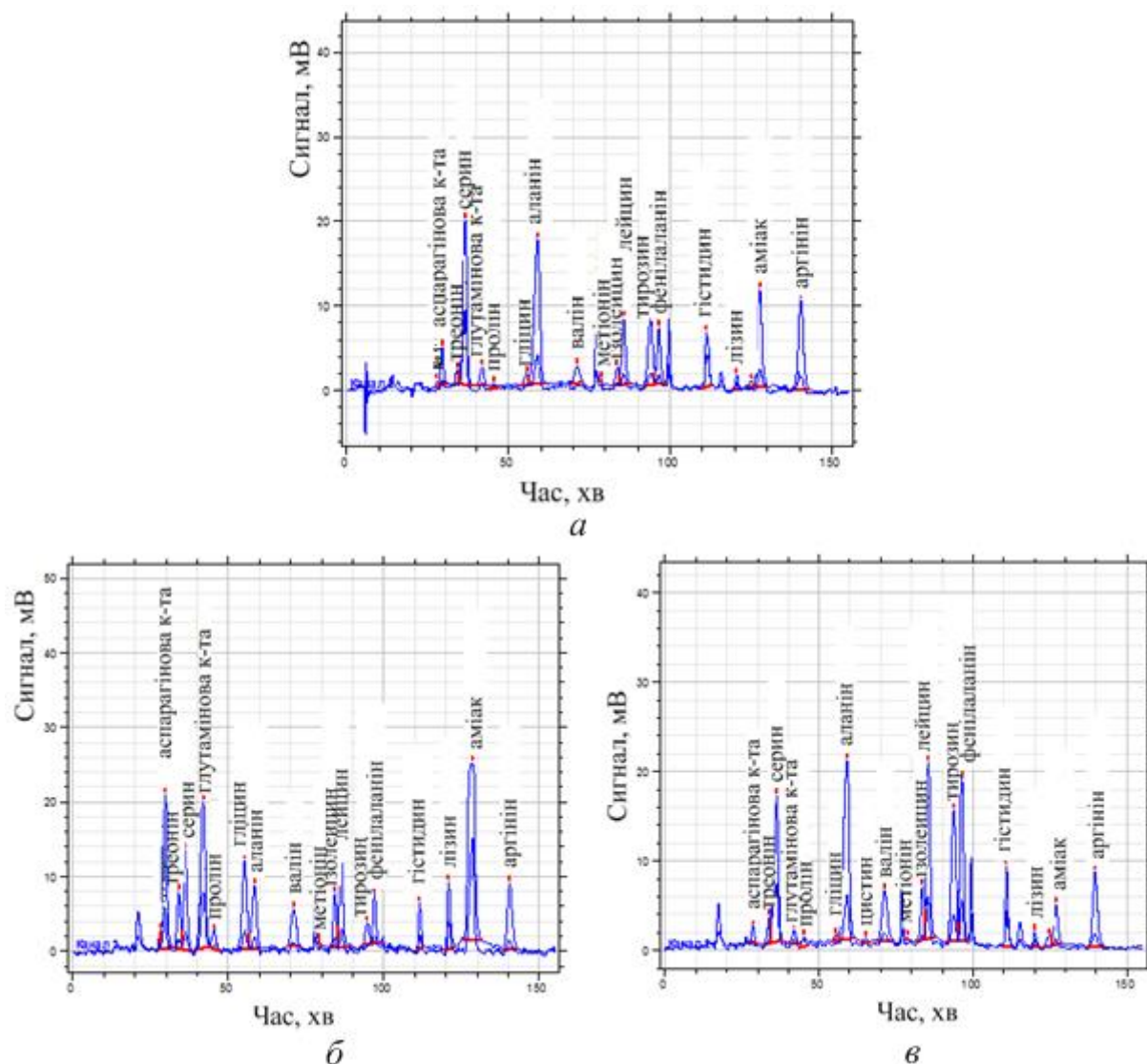


Рис. 4.36 – Амінокислотний склад *Sambucus nigra* L.: а – плодів; б – порошок; в – осмотичного розчину

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 порошок із бузини (рис.4.36, 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 [258] 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 [259] і становить лише 0,634 г/100г.

Амінокислотний спектр (рис. 4.36, 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.4.37, а) показали, що у плодах горобини міститься найбільша концентрація наступних амінокислот мг/100г: серину – 65,41; проліну – 35,82, аспарагінової кислоти – 20,07, глютамінової кислоти – 14,96 та треоніну 7,23.

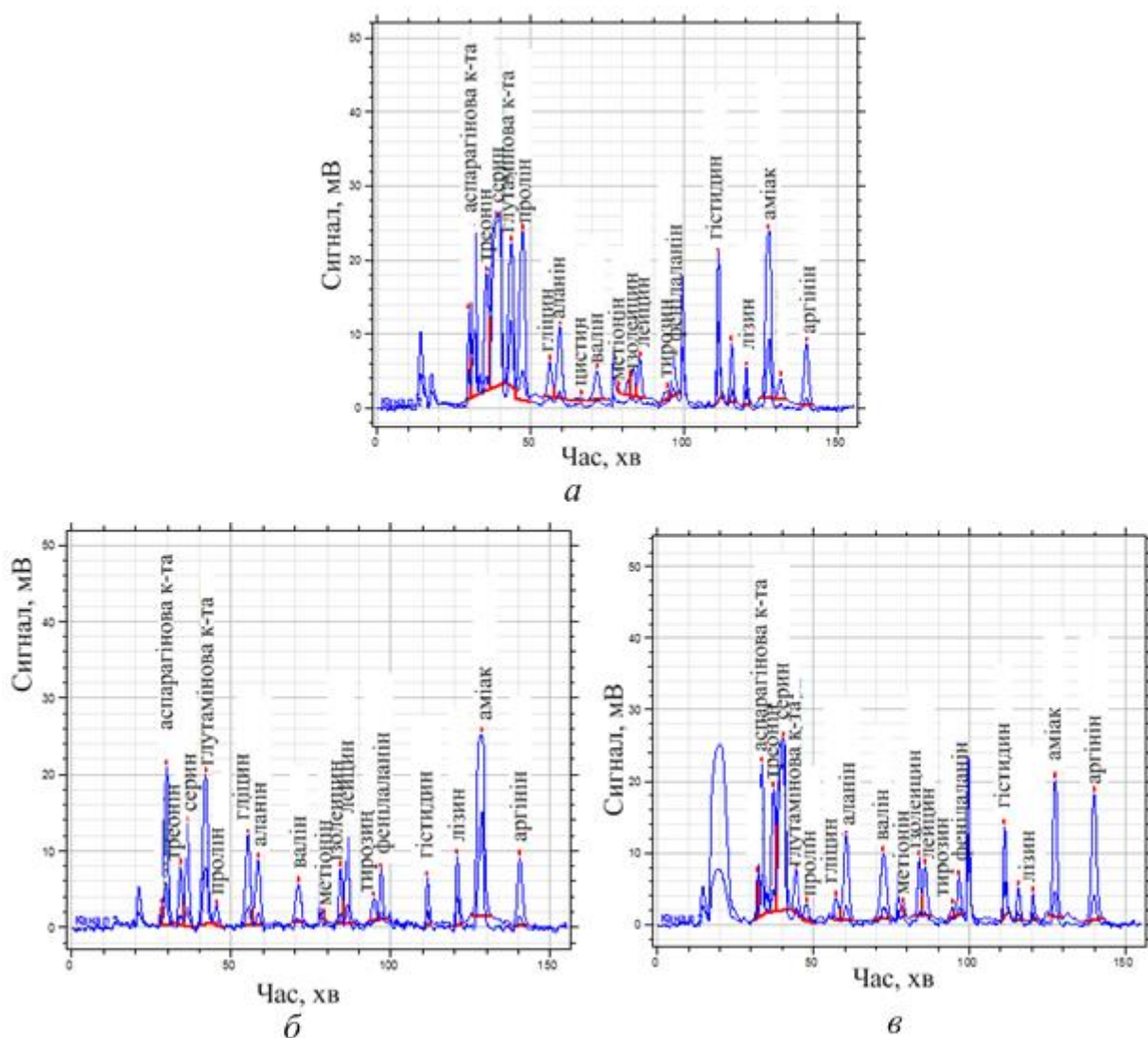


Рис.4.37 – Амінокислотний склад *Sorbus aucuparia*: *а* – плодів; *б* – порошоків; *в* – осмотичного розчину

В наслідок ферментативного перетворення глютамінова кислота під дією ферменту глютаматдекарбоксилази перетворюється у γ -аміномасляну кислоту, яка є найважливішим медіатором процесу гальмування в нейронах головного мозку.

Крім того, глютамінова кислота посилює смакові відчуття, створюючи «почуття задоволеності». Особливо посилюється гіркий смак. Похідні глютамінової 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.

Оскільки при осмотичній дегідrataції використовується концентрований цукровий розчин, гіркота значно зменшується, при цьому активна дія

глутамінової 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.4.37, 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 глутамінова кислота (1,57 г/100 г). Такі результати дають підставу припускати, що порошок із похідних переробки *Sorbus aucuparia* може стати натуральних 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.4.37,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 [260], 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.

Висновки до розділу 4

1. Встановлено, що овочеві порошки мають гарні гідрофільні властивості і можуть використовуватися в якості стабілізаторів структури, емульгаторів, вологоутримувачів та згущувачів при виробництві різноманітних харчових продуктів.

2. За органолептичними та фізико-хімічними показниками овочеві цукати, виготовлені із застосуванням осмотичної дегідrataції, відповідають вимогам стандарту.

3. Похідні переробки овочів містять клітковину, тому доцільно їх використовувати для збагачення харчових продуктів ХВ. Найбільший вміст клітковини міститься у порошках та цукатах із моркви (2,9 та 2,8 % відповідно), найменший – у продуктах переробки пастернака (2,4-2,6%).

4. У овочевих порошках знайдено К, Са, Mg, Р, Fe. Найбільше у досліджуваних зразках овочевих порошків міститься калію (від 6,95 до 31,38%). Особливо багатий мінеральний склад мають порошки виготовлені із шкірок коренеплідних овочів. У шкірках столових буряків найбільше знайдено заліза (26,46 мг/100г), у складі шкірки моркви – калію (1123 мг/100г). Порошки із шкірок кореня селери містять найбільшу кількість заліза (5,49%). У шкірці пастернака виявлено найбільшу кількість магнію (0,87%) порівняно з іншими коренеплодами.

5. Використання морквяних порошків дозволяє підвищити концентрацію амінокислот у молоці А2 на 2,28 г/100 г, порівняно, з контролем. У дослідних зразках молока, виявлено найбільшу кількість амінокислот (глутамінової, аспарагінової кислот, лейцину, валіну), які чинять позитивний вплив на підтримку життєво важливих функцій організму.

6. Результати досліджень показали, що найбільша концентрація каротиноїдів (0,1068 мг/100 мл) спостерігалася у дослідних зразках молока, збагачених порошком із цільних коренеплідів моркви. Це свідчить про те, що збагачення молока А2 морквяним порошком, є додатковим джерелом вітаміну А, що виробляється в людському організмі.

7. Структура наповнювачів (порошкоподібної та твердої форми) чинить вплив на покращення реологічних показників готового до реалізації продукту та стійкість згустків до їх руйнування в процесі зберігання. Це, пояснюється тим, що у столових буряках міститься близько 3 % пектинових речовин.

8. Буряковий порошок та бурякові цукати підвищують в'язкість та вологоутримувальну здатність зразків йогурту. Доведена можливість виробництва йогуртів без стабілізаторів структури з використанням наповнювачів рослинного походження.

9. Аналіз мікроструктури порошоків із похідних переробки плодів дикорослих рослин показав присутність харчових волокон у їх складі.

10. Найвищий вміст «сирої» клітковини міститься в порошках виготовлених із похідних переробки бузини (18,2%), найменший – у порошках із похідних переробки горобини (6,7%).

11. Найбільшу кількість калію (1,37%), алюмінію (0,07%), фосфору (0,1%), хлору (0,05%), кальцію (0,11%) містить порошок із похідних переробки калини. Порошок із похідних переробки бузини алюмінію, хлору і кальцію не містить. Хлору і сірки не виявлено у порошках із похідних переробки горобини. Сірки (0,06%) найбільше міститься у порошках із похідних переробки обліпихи. Кремній в однаковій кількості було виявлено у порошках із похідних переробки калини та обліпихи (0,03%), і не виявлено взагалі у порошках із горобини та бузини.

12. Порошки із плодів дикорослих рослин відповідають вимогам за показником мікробіологічної чистоти для субстанцій рослинного походження і містять дуже низьку кількість важких металів (менше 10 ppm Pb), що свідчить про їх безпечність.

13. У похідних переробки плодів дикорослих рослин виявлено вітамін С. Найбільше його залишається у порошках із калини – 8,38 мг/100г, найменше у горобинових порошках (1,72 мг/100 г). Найбільша концентрація вітаміну С спостерігалася у сиропях із бузини (2,3 мг/100 г), найменша – у сиропях із обліпихи (0,37 мг/100 г).

14. У порошках із обліпихи виявлено 7,69 мг/100 г вітаміну Е.

15. До складу калинового порошку входить 18 амінокислот (4,63 г/100 г), з них незамінних – 1,63 г/100 г. При цьому загальна кількість амінокислот у сиропі складала 3,63 мг/100 г., найбільшу концентрацію становив серин (0,94 мг/100 г).

16. Порошок із похідних переробки обліпихи містить 17 амінокислот (7,48 г/100 г), із них незамінних амінокислот – 2,17 г/100 г. У осмотичний розчин із обліпихи переходить 16 амінокислот (16,14 мг/100 г) із яких найбільша концентрація серину (7,43 мг/100 г).

17. Загальна кількість амінокислот у порошку із бузини складає 6,65 г/100 г, з них незамінних – 2,16 г/100 г. У сироп переходить 17 амінокислот (55,47 мг/100 г).

18. Найбільшу концентрацію із всієї кількості амінокислот у горобинових порошках становила глютамінова кислота (1,57 г/100 г). А у горобиновому сиропі найбільше виявлено серину (9,96 мг/100г).

РОЗДІЛ V

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ

5.1. Загальні положення

Одним з основних завдань щодо різних процесів є можливість управління дослідженням задля забезпечення оптимальних умов його проведення. Найкраще побудувати процес, визначити оптимальні режими його проведення – одне із основних завдань дослідження. Проте частіше ці питання вирішуються інтуїтивно, з урахуванням досвіду розробника і замовника. Пояснюється це надзвичайною складністю сучасних процесів, розмаїттям і різноманітністю різноманітних внутрішніх зв'язків у них. Адже для вибору оптимального процесу необхідно порівняти його різні варіанти, врахувати та проаналізувати вплив величезної кількості факторів на параметри продукту цього процесу – і все це потрібно робити в обмежені терміни розробки. Але оптимізація процесу в результаті виявляється неефективною.

Звичайно, таке становище не може задовольняти виробництво. Розвиток обчислювальної техніки викликав значні зміни у методиці оптимізації технологічних процесів.

Природа процесу завдання, що стоїть перед дослідником, визначає тип моделі, найбільш прийнятної для досліджуваного процесу. Складність технологічних процесів виробництва зумовлює особливості підходу до аналізу та управління ними, а так само робить недоцільним повне та глибоке розшифрування механізму явищ, що відбуваються в них. У тому випадку, коли невідома теорія процесів і необхідно приймати рішення за умов невизначеності, бажано навчитися керувати процесом емпірично. Відповідно до цього для опису технологічних процесів найбільш прийнятними є імітаційні моделі.

Одним з перших етапів при оптимізації технологічних процесів є визначення критерію оптимізації - функції відгуку Y , значення якої буде

покладено в основу оцінки процесу при його оптимізації.

Параметр оптимізації повинен відповідати таким вимогам:

- повинен вимірюватися за будь-якої зміни (комбінації) режимів технологічного процесу;
- має бути статистично ефективним, тобто вимірятись з найбільшою точністю;
- має бути інформативним, тобто всебічно характеризувати технологічний процес (операцію);
- повинен мати фізичний зміст, тобто має бути можливість досягнення корисних результатів за відповідних умов процесу;
- повинен бути однозначним, тобто має мінімізувати або максимізувати тільки одну властивість виробу.

Завдання оптимізації зводиться до знаходження таких умов проведення технологічного процесу, за яких критерій оптимізації досягає екстремуму.

При визначенні виду цільової функції оптимізації можна використовувати критерії різного виду – технологічні, термодинамічні, економічні тощо. Найбільш загальним і повним є критерій ефективності використання енергії в обладнанні.

Від класу завдання залежить підбір методу (ефективність її розв'язання). Класифікацію завдань визначають: цільова функція і допустима область (задається системою нерівностей і рівнянь чи складнішим алгоритмом) [261].

Методи оптимізації класифікують відповідно до завдань оптимізації:

Локальні методи: сходяться до якогось локального екстремуму цільової функції. У разі унімодальної цільової функції цей екстремум є єдиним і буде глобальним максимумом/мінімумом.

Глобальні методи: мають справу з багатоекстремальними цільовими функціями. При глобальному пошуку основним завданням є виявлення тенденцій глобальної поведінки цільової функції.

Існуючі в даний час методи пошуку можна розбити на три великі групи:

- детерміновані;

- випадкові (стохастичні);
- комбіновані.

За критерієм розмірності допустимої множини, методи оптимізації ділять на методи одновимірної оптимізації та методи багатовимірної оптимізації.

Отримані дослідні дані, що характеризують вплив тривалості процесу дегідратації та концентрації осмотичного розчину на продуктивність масопередачі, показують, що найбільше перенесення маси спостерігається при використанні розчину з вмістом сахарози – 70%. Далі спостерігається авто модельність значень, тобто вплив тривалості витримки продукту практично нівелюється (рис.5.1). Подальше збільшення концентрації практично не призводить до зростання виділення цільового компонента.

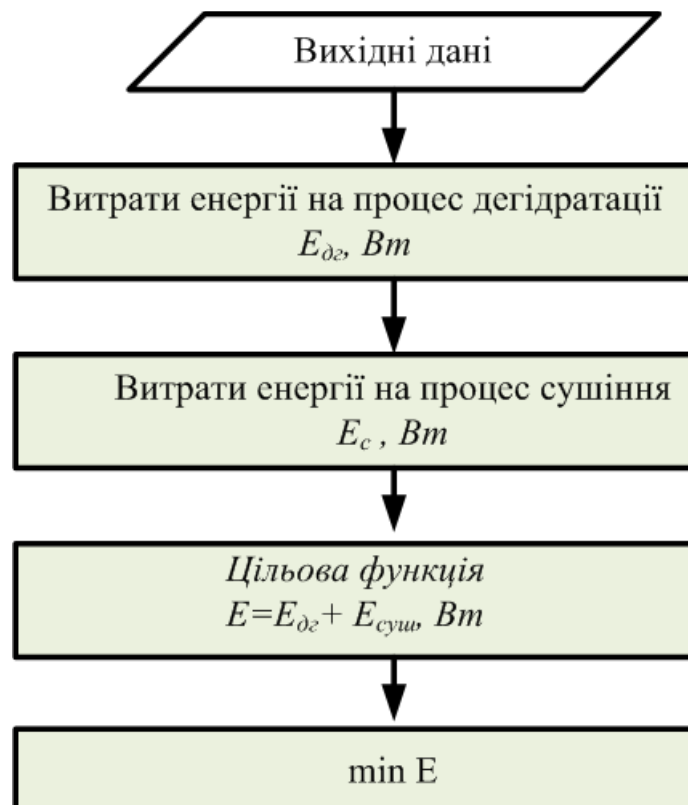


Рис.5.1 – Загальний алгоритм оптимізації процесу: $E_{дг}$ - витрати енергії на процес дегідратації, $E_{суш}$ – витрати енергії на процес сушіння, E – сумарні витрати енергії на процес, Вт.

Метою оптимізації є визначення концентрації, за якої сумарні енерговитрати на процес дегідратації та сушіння будуть мінімальними. Розроблено загальний алгоритм для оптимізації даного процесу (рис. 5.1).

Разом з тим зі збільшенням концентрації та тривалості дегідратації зростатиме споживана потужність обладнання. З другого боку, чим більша тривалість витримки продукту, тим менші енерговитрати на процес сушіння. Виникає протиріччя, яке можливо вирішити, застосовуючи методи математичного моделювання та оптимізації.

Цільова функція є сумою енерговитрат на процес дегідратації і енерговитрат на процес сушіння.

5.2. Апроксимація даних (отримання функцій по властивостям продуктів)

Властивості цукрового розчину є визначальним для процесу осмотичної дегідратації. Необхідно докладно визначити його тепло- фізичні властивості для застосування в подальшому моделюванні та комп'ютерних розрахунках.

Теплофізичні властивості цукрового розчину залежать від концентрації та температури. Табличні значення використані з довідника [262]. Для отримання математичних залежностей використовуємо метод найменших квадратів.

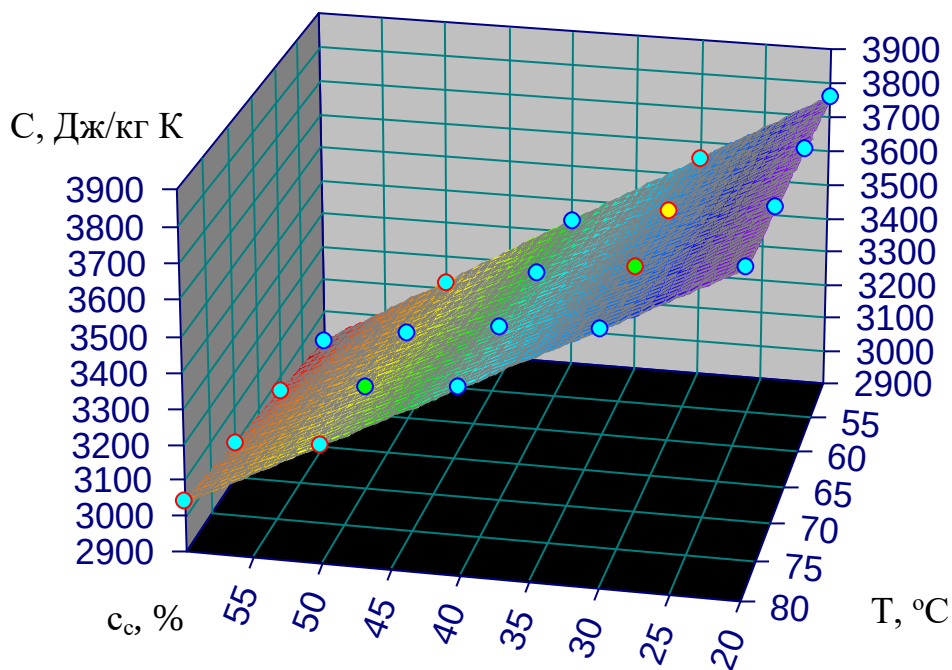


Рис. 5.2 – Апроксимація даних для цукрового розчину

З використанням програми Table Curve отримано рівняння залежності теплоємності цукрового розчину від температури та концентрації у вигляді:

$$C=a+b \cdot c_c+c \cdot T+d \cdot c_c^2+e \cdot T^2+f \cdot c_c, \quad (5.1)$$

де, a, b, c, d, e, f – коефіцієнти;

c_c – концентрація розчину, %;

T – температура розчину, °C.

Коефіцієнти для використання даного рівняння наведено в таблиці 19.

Таблиця 19

Значення коефіцієнтів в регресійному рівнянні

a	b	c	d	e	f
4186,68	-25,12357	0,008	0,000357	1,86E-16	0,075

Коефіцієнт квадратичної кореляції при обробці даних дорівнює $r^2=0,99$, що говорить про високу відповідність моделі до табличних даних.

5.3. Оптимізація процесу

Алгоритм розрахунку витрат енергії на процес дегідратації виглядає наступним чином (рис. 5.3).

Вихідними даними для розрахунку є: початкова та кінцева температура цукрового розчину, концентрація, тривалість процесу.

Рівняння для розрахунку теплоємності цукрового розчину отримано при апроксимації табличних даних [262].

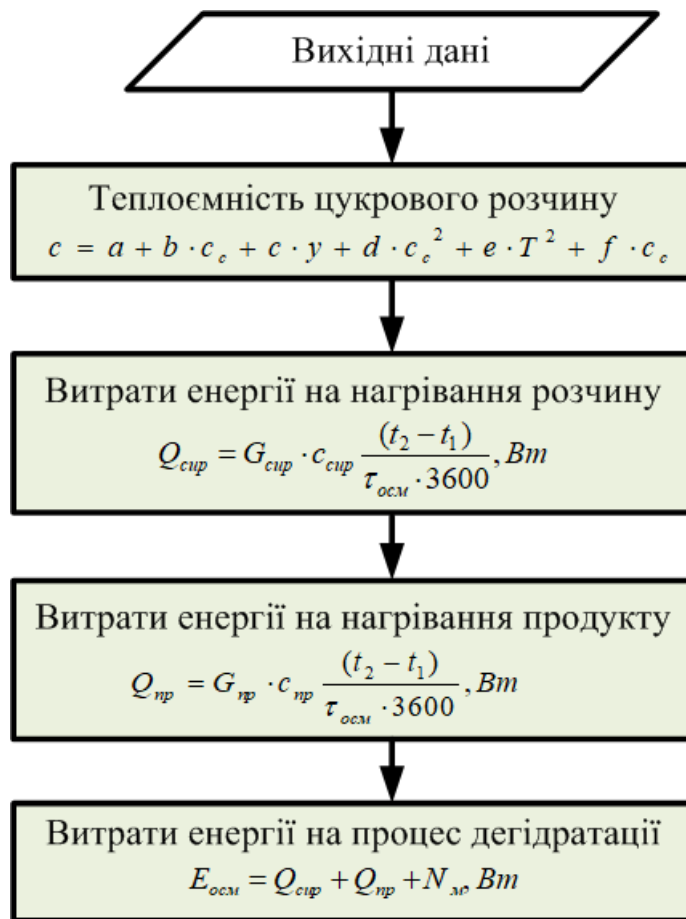


Рис.5.3 – Блок-схема розрахунку витрат енергії на процес дегідратації: c_e – концентрація розчину, %, $G_{сир}$ – маса цукрового розчину, кг; $G_{пр}$ – маса продукту, кг; N_m – потужність мішалки, Вт, $c_{пр}$ – питома теплоємність продукту, Дж/кг·К; t_1, t_2 – початкова та кінцева температура цукрового розчину, °С; $\tau_{осм}$ – тривалість процесу, год.

Алгоритм розрахунку витрат енергії на процес сушіння виглядає наступним чином (рис. 5.4).

Вихідними даними для розрахунку є: початкова та кінцева температура продукту, тривалість процесу. Дані отримано з кінетичних кривих процесу сушіння (рис.3.5).

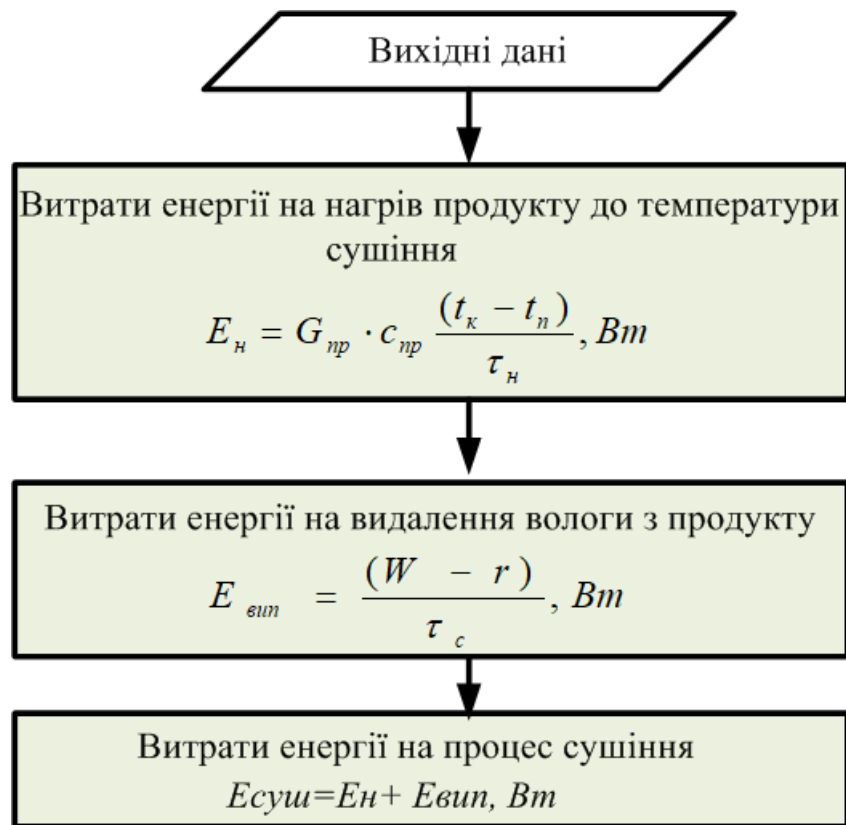


Рис. 5.4 – Блок-схема розрахунку витрат енергії на процес сушіння: t_n , t_k – початкова та кінцева температура продукту, °C; τ_n – тривалість нагріву продукту до температури сушіння, с; r – питома теплота пароутворення Дж/кг, τ_c – тривалість процесу сушіння, с; W – кількість видаленої вологи, кг.

Оптимізація проведена за наступних параметрів обладнання (табл.20).

Таблиця 20

Параметри оптимізації

Параметр	Значення
Потужність двигуна мішалки, кВт	0,2
Потужність нагрівачів дегідратора, кВт	1,5-2

Мінімум цільової функції дасть нам концентрацію розчину, за якої сумарні енергетичні витрати на процес будуть мінімальними.

Результат оптимізації для буряка наведено на рис.5.5.

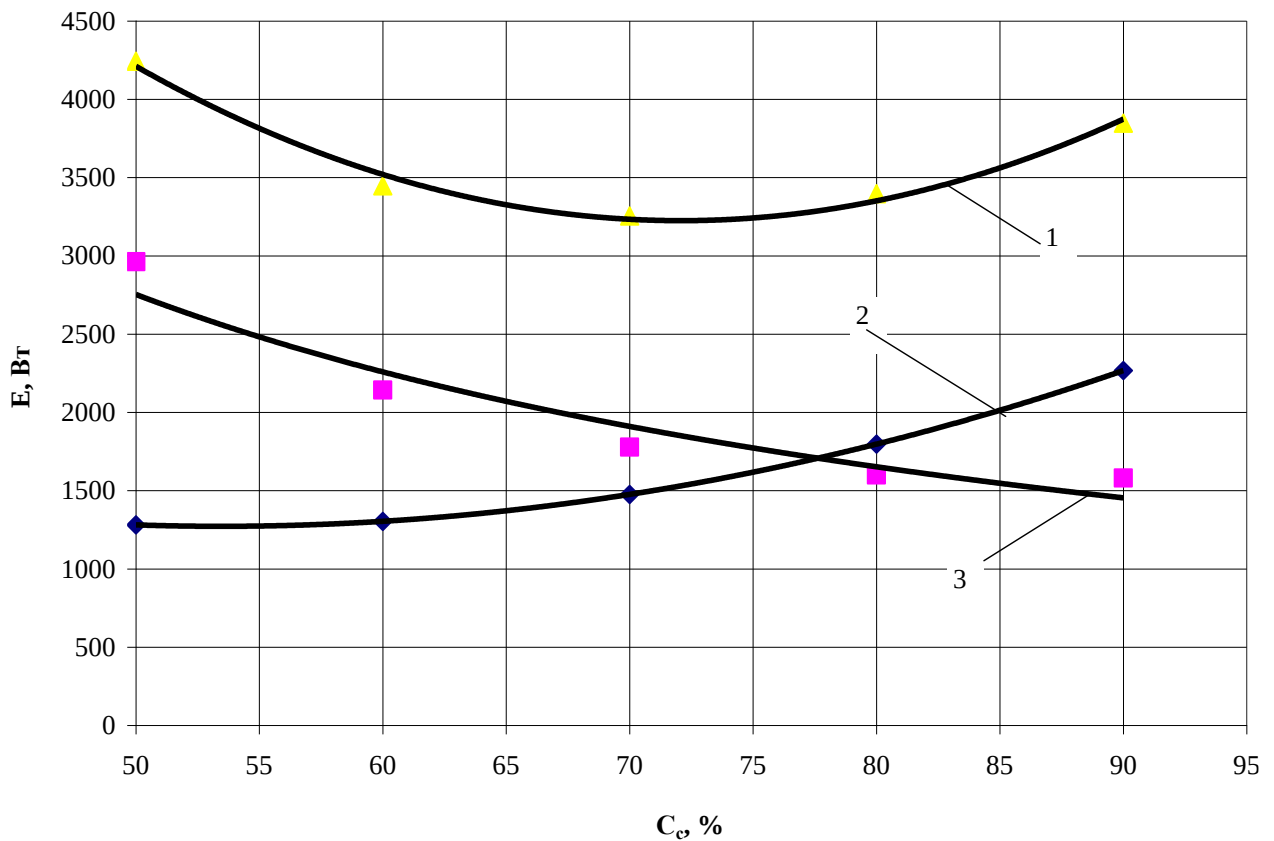


Рис. 5.5 – Результати оптимізації для буряка $d_c = 3$ мм: 1 – цільова функція; 2 – витрата енергії на процес дегідратації ; 3 – витрата енергії на процес сушіння.

Цільову функцію апроксимовано в програмі MS Excel у вигляді поліному:

$$E = 2.0214 c_c^2 - 291.44 c_c + 13729, \quad (5.2)$$

та у програмі Mathcad визначено вигляд першої похідної та розраховано її значення при нулі. В результаті отримано значення концентрації $c_c = 72 \%$, що добре корелюється з експериментальними даними. Сумарні енерговитрати для такої концентрації будуть складати 3,2 кВт.

Якщо представити залежність цільової функції від концентрації розчину та співвідношення тривалості процесу сушіння та осмотичної дегідратації $\tau_c/\tau_{осм}$, отримаємо наступний результат (рис. 6). Фактично на рисунку переставлено функцію двох змінних. За допомогою програми Table Curve проведено апроксимацію отриманої функції у вигляді:

$$E=a+b\cdot c_c+c\cdot c_c^2+d\cdot(\tau_c/\tau_{ocm}) \quad (5.3)$$

Коефіцієнти для використання даного рівняння наведено в таблиці 21.

Таблиця 21

Значення коефіцієнтів в регресійному рівнянні

a	b	c	d
9494.3	-174.7	1.1	603.2

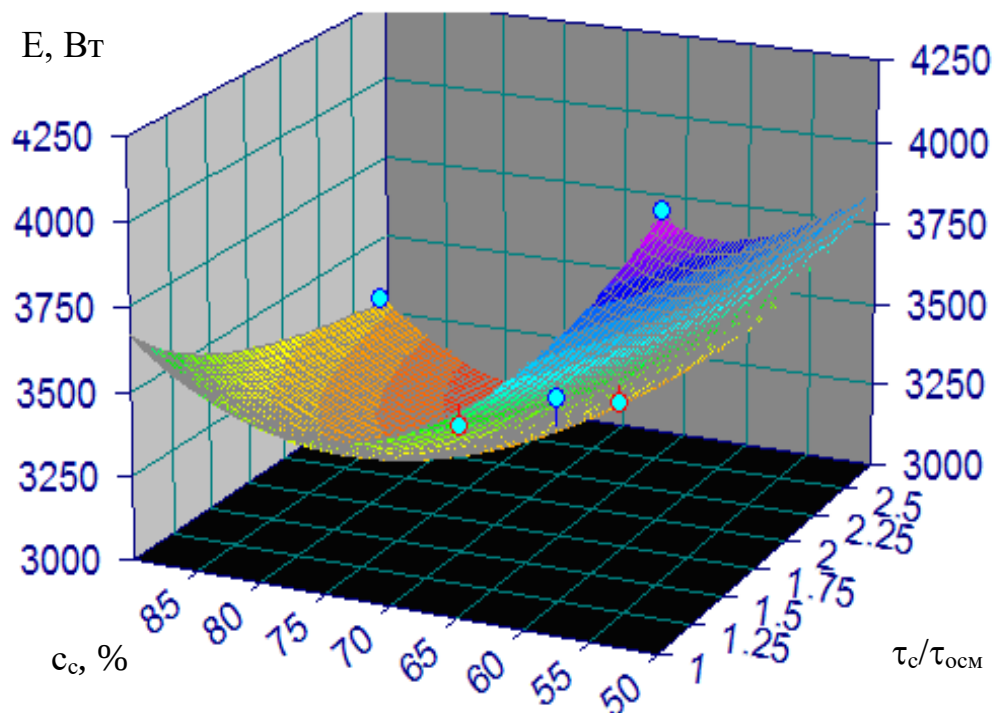


Рис. 5.6 – Результати оптимізації для буряка $d_q = 10$ мм

Для отриманої функції (5.3) у програмі Mathcad визначено вигляд часткових похідних по c_c та по τ_c/τ_{ocm} . Часткові похідні прирівняні до нуля. Вирішено систему рівнянь з часткових похідних та отримано координати точки мінімуму цільової функції. Значення концентрації розчину для проведеної оптимізації $c_c = 75$ %. Сумарні енерговитрати для такої концентрації будуть складати 3,4 кВт.

Також в MS Excel використано функцію «Пошук рішення» для кожного розміру частинок отримано мінімум цільової функції та результати зведено в таблицю.

Побудовано графік залежності оптимальної концентрації та енерговитрат від еквівалентного розміру частинок (рис.5.7). Для визначення оптимального значення застосовано метод послідовних поступок.

Суть методу, полягає в тому, що всі часткові критерії мають у своєму розпорядженні і нумерують у порядку їх відносної важливості; максимізують перший, найважливіший критерій, потім призначають величину припустимого зниження значення цього критерію та максимізують другий за важливістю частковий критерій за умови, що значення першого критерію не повинно відрізнятися від максимального більш ніж на величину встановленого зниження (поступки).

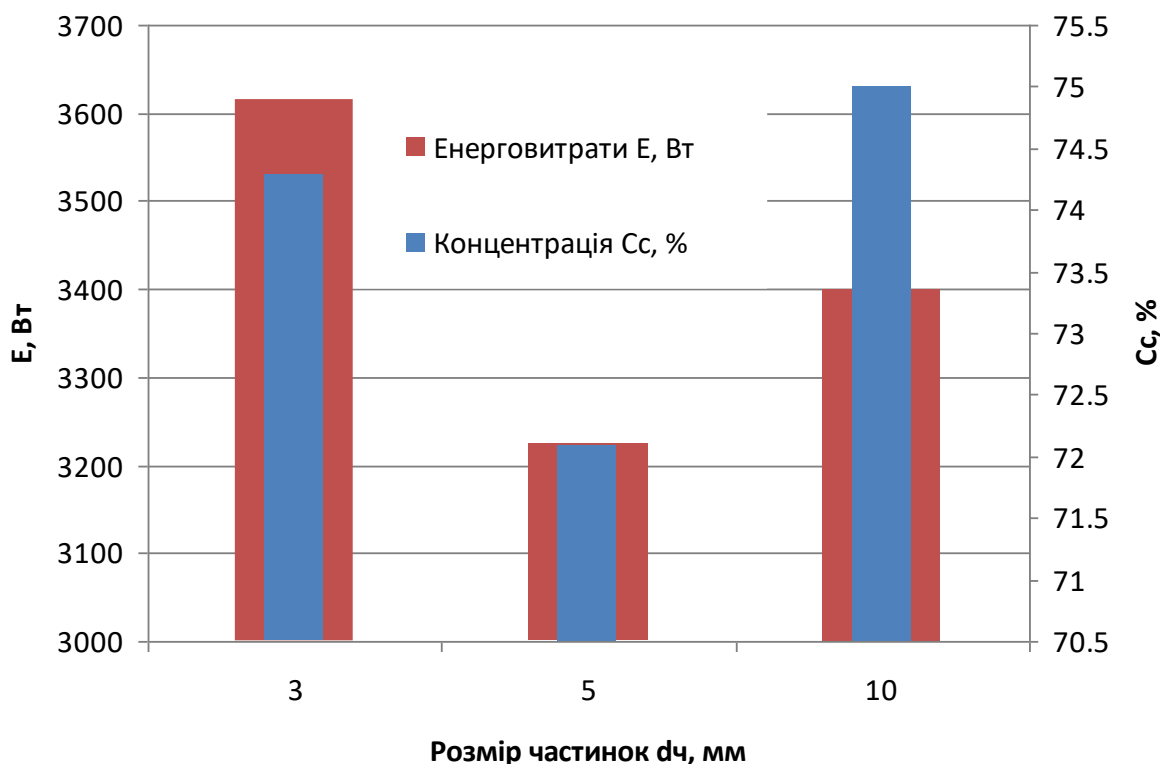


Рис.5.7 – Залежність сумарних енерговитрат на процес та концентрації розчину від розміру частинок

Знову призначали величину поступки, але вже за другим критерієм і знаходили максимум третього за важливістю критерію за умови, щоб значення перших двох критеріїв не відрізнялися від знайдених раніше максимальних значень більше ніж на величини відповідних поступок; далі подібним чином по

черзі використовували всі інші часові критерії. Оптимальною зазвичай вважають будь-яку стратегію, яка отримана під час вирішення завдання відшукування умовного максимуму останнього за важливістю критерію. Таким чином, при використанні методу послідовних поступок багатокритеріальна задача зводиться до послідовної максимізації приватних критеріїв та вибору величин поступок. Величини поступок характеризують відхилення пріоритету одних часткових критеріїв перед іншими від лексикографічного: чим поступки менші, тим пріоритет жорсткіший.

Встановлено, оптимальні параметри процесу: використання розчину з вмістом сахарози – 72 %, розмір частинок 5 мм, сумарні витрати на процес 3,22 кВт.

5.4. Моделювання процесу осмотичної дегідратації

Розглянемо процес осмотичної дегідратації. Процес розглядаємо як нестационарний.

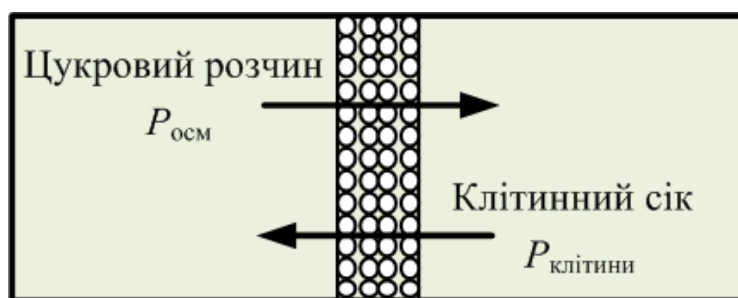


Рис.5.8 – Фізична схема процесу осмотичної дегідратації

Видалення води при осмотичному перенесенні засноване на природному та неруйнівному явищі осмосу через клітинні мембрани. Воно завжди має місце, якщо молекули розчиненої речовини не можуть вийти з розчину, а розчинник може проникати в розчин.

Рушійна сила для дифузії води з тканини в розчин забезпечується більш високим осмотичним тиском гіпертонічного розчину. Дифузія води супроводжується одночасною зустрічною дифузією розчинених речовин з осмотичного розчину в тканину. Оскільки клітинна мембрана, що відповідає за осмотичний транспорт, не є повністю вибірковою, розчинені речовини, присутні

в клітинах (органічні кислоти, цукор, мінерали, ароматизатори та пігментні сполуки) також можуть просочуватися в осмотичний розчин, що впливає на органолептичні та поживні характеристики продукту.

Швидкість дифузії води для рослинних матеріалів, залежить від наступних факторів: температура та концентрація осмотичного розчину, осмотичний тиск розчину, осмотичний тиск всередині клітини, розмір та геометрія матеріалу, масове співвідношення розчину та матеріалу і, до певного рівня, перемішування розчину.

Основними статичними характеристиками, що визначають процес дифузії, є необхідна кількість компонентів і число одиниць переносу для розподіленої фази.

Процес осмотичної дегідратації є масообмінним процесом. Для розрахунку процесів масопередачі необхідно отримати рішення диференціального рівняння за відповідних крайових умов. Найважливішим з таких умов у разі масопередачі є рівняння, що виражає масообмін на межі розділу фаз:

$$(-DdC / dz)dF = -\beta\Delta C dF, \quad (5.4)$$

де β – коефіцієнт масовіддачі;

ΔC – рушійна сила (різниця концентрацій, або парціальних тисків);

F – площа поверхні контакту фаз.

Рівняння (5.4) є математичним описом процесу масообміну. Методами аналізу розмірності рівняння 5.4 наводиться до критеріальної форми для апаратів безперервної дії:

$$Sh = A Pe_\delta^n K^m, \quad (5.5)$$

де Sh – число Шервуда (або дифузійне число Нусельта);

A, n, m – постійні, що визначаються дослідним шляхом;

Pe_δ – дифузійне число Пекле;

K – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості апарату.

Крім того, процес дифузії можна розглядати як нестационарний, у такому разі залежність співвідношення тиску в клітині і осмотичного можливо представити у вигляді функції:

$$\frac{p}{P} = f(D, d, \tau) \quad (5.6)$$

де D – коефіцієнт дифузії цукрового розчину;

τ – тривалість процесу;

p/P – співвідношення між осмотичним тиском розчину та клітини;

d – еквівалентний розмір (розмір частинки).

Все, представлене вище, показує, що досвід вивчення при осмотичному перенесенні не дає однозначного рішення для всіх випадків. Більше того, методів розрахунку, що дозволяють проектувати апарати із застосуванням сучасних методів інтенсифікації масопереносу, немає. Надійним способом одержання структур критеріальних рівнянь є метод аналізу розмірностей [263]. На основі його загальних принципів установлюємо вид критеріального рівняння для розрахунку співвідношення p/P .

Співвідношення осмотичних тисків, залежить від наступних параметрів: коефіцієнта дифузії цукрового розчину (D), визначального розміру частинок продукту (d), тривалості процесу (τ).

Необхідно врахувати, як впливають теплофізичні параметри продукту, та розчину на обраний безрозмірний параметр якості (p/P) (рис.5.9).

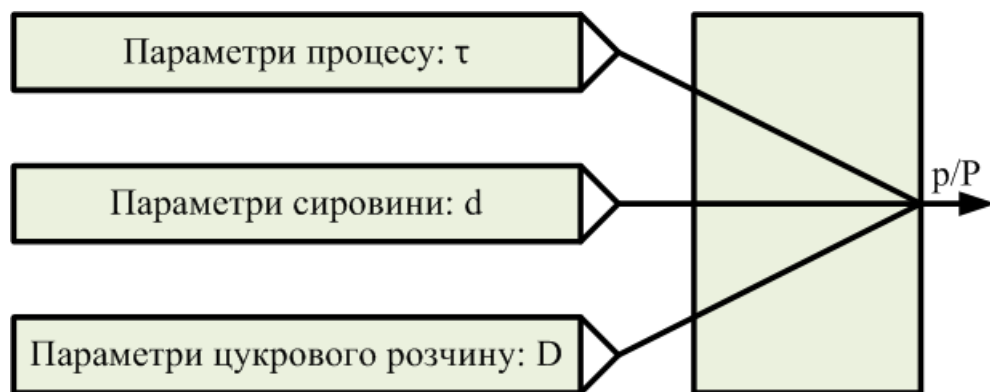


Рис. 5.9 – Параметрична модель процесу

Припустимо, що p , D , d , τ , P мають невідомі показники ступеня k_1 , k_2 , k_3 , k_4 і запишемо:

$$p = D^{k_1} \cdot d^{k_2} \cdot \tau^{k_3} \cdot P^{k_4} \quad (5.7)$$

Всі ці параметри складаються із трьох основних розмірностей: довжини (L), часу (τ), маси (M) (табл.22). Розмірності параметрів, що входять у рівняння (7) відомі, його можна записати:

$$M \cdot L^{-1} \cdot \tau^{-2} = L^{2k_1} \cdot \tau^{-1k_1} \cdot L^{k_2} \cdot \tau^{k_3} \cdot M^{k_4} \cdot L^{-k_4} \cdot \tau^{-2k_4} \quad (5.8)$$

Список основних параметрів процесу та їх значення представлено в таблиці 22.

Таблиця 22

Список параметрів

Параметр	Символ	Розмірність
Осмотичний тиск розчину	P	$M \cdot L^{-1} \cdot \tau^{-2}$
Визначальний розмір	d	L
Коефіцієнт дифузії	D	$L^2 \cdot \tau^{-1}$
Осмотичний тиск клітини	p	$M \cdot L^{-1} \cdot \tau^{-2}$

Умови безрозмірності даного виразу виводяться безпосередньо з рядка в розмірній матриці (табл.23).

Таблиця 23

Розмірна матриця

	D	d	τ	P	Рівняння
M				k_4	$k_4=1$
L	$2k_1$	k_2		$-k_4$	$2k_1+k_2-k_4=-1$
τ	$-k_1$		k_3	$-2k_4$	$-k_1+k_3-2k_4=-2$

Вирішуємо в символьному вигляді систему рівнянь таблиці 5 відносно k_1 . Результати підставляємо в рівняння (5.7). Одержуємо критеріальне рівняння виду:

$$p = D^{k_1} \cdot d^{-2 \cdot k_1} \cdot \tau^{k_1} \cdot P \quad (5.9)$$

Групуючи окремі величини, одержуємо критеріальне рівняння виду:

$$\frac{p}{P} = C \cdot \left[\frac{D \cdot \tau}{(d)^2} \right]^{k_1} \quad (5.10)$$

Таким чином, маємо рівняння залежності безрозмірного тиску (p/P) від безрозмірного комплексу $\frac{\tau \cdot D}{d^2}$, який являється числом Фур'є дифузійним.

Якщо враховувати вплив перемішування та температури на процес, то по аналогії, використовуючи метод аналізу розмірностей отримаємо рівняння:

$$\frac{p}{P} = C \cdot Fo^{k_1} \cdot \theta^{k_2} \cdot Eu^{k_3}, \quad (5.11)$$

де C, k_1, k_2, k_3 – константи;

$$\theta = \frac{t(\tau)}{t_0} \quad \text{– симплекс температур;}$$

Eu – критерій Ейлера.

Завдання математичної обробки даних – отримати показники степеня та константи в рівняннях (5.10, 5.11).

5.5. Узагальнення експериментальних даних

Вихідні дані для обробки отримані в результаті експериментальних досліджень.

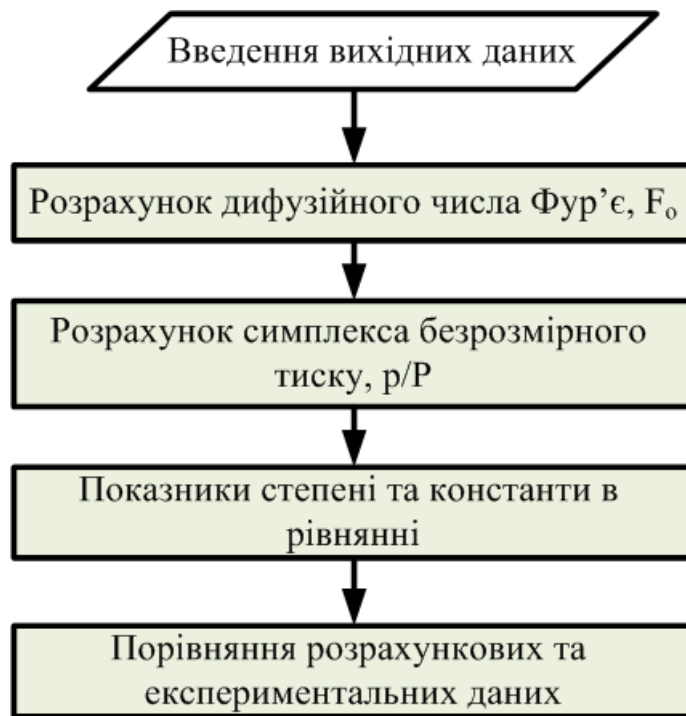


Рис. 5.10 – Алгоритм узагальнення експериментальних даних

Алгоритм (рис.5.10) реалізовано в середовищі Microsoft Excel. Використовуючи функції Microsoft Excel, одержуємо показники ступеня в рівнянні в числах подібності.

Завдання узагальнення даних – отримати показники степені та константи в рівнянні (5.10). Необхідно врахувати, як залежить безрозмірний осмотичний тиск від тривалості процесу. Будуємо залежність $p/P = f(F_0)$ у логарифмічних координатах (рис. 5.11).

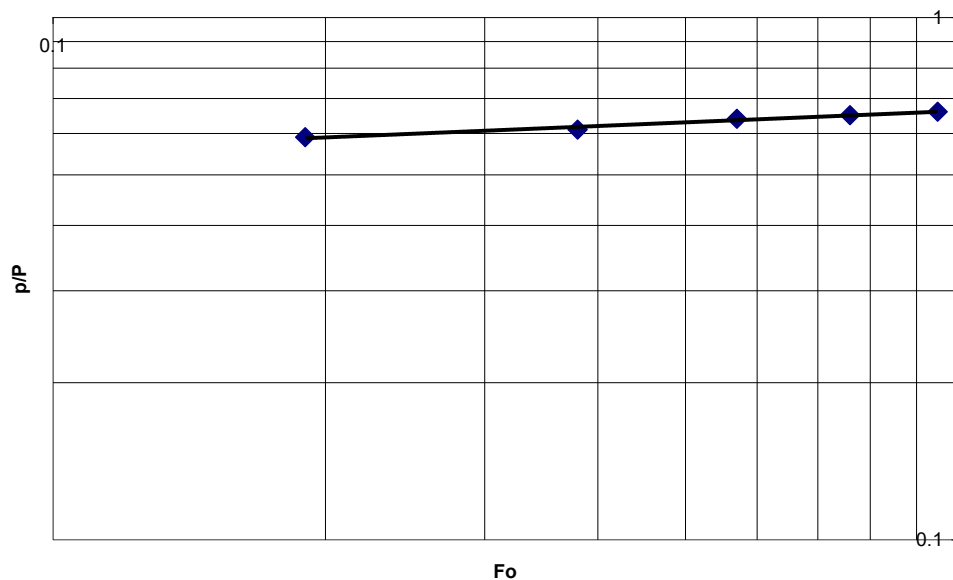


Рис. 5.11 – Залежність $p/P = f(F_0)$

Тангенс кута нахилу прямої дорівнює 0,01, що є показником ступеня у числа Фур'є. Остаточний результат обробки – рівняння виду:

$$\frac{p}{P} = 0.66 \cdot Fo^{0.01} \quad (5.12)$$

Використовуємо отримане рівняння в числах подібності для розрахунку ряду значень безрозмірного осмотичного тиску. Порівнюємо з експериментальними даними (рис.5.12). Для порівняння використовуємо експериментальні дані (рис. 3.2). Розбіжність в межах 15%. Отримана модель із високою точністю описує отримані експериментальні дані.

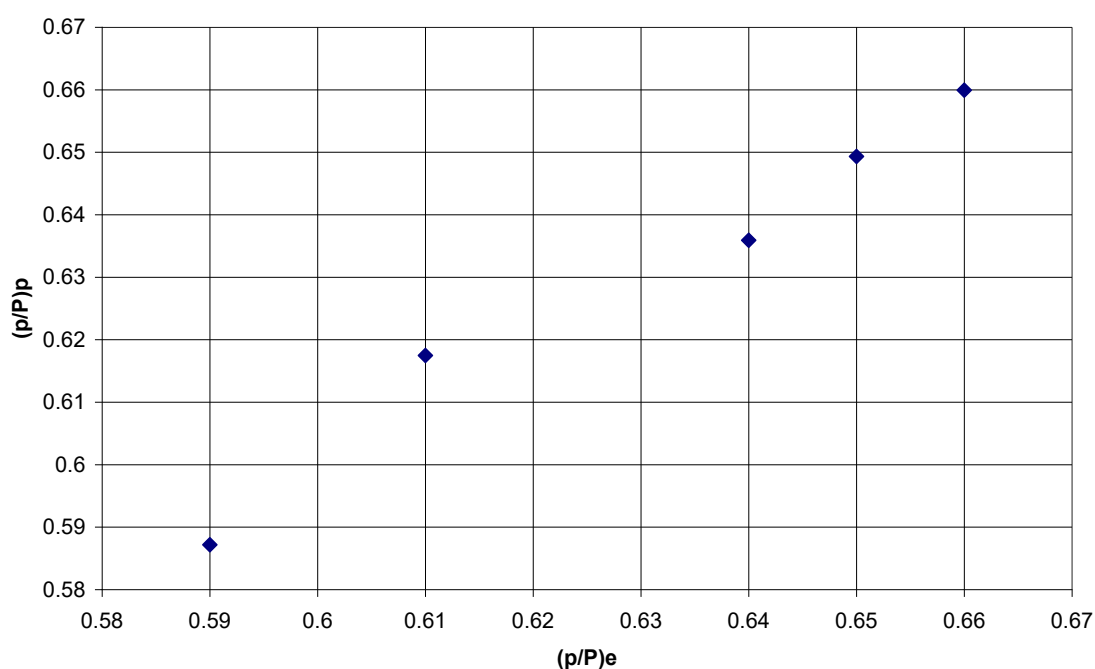


Рис.5.12 – Порівняння розрахункових $(p/P)_r$ і експериментальних $(p/P)_e$ значень симплекса безрозмірного тиску

Використовуючи рівняння (5.12), зможемо розраховувати зміну осмотичного тиску в процесі або тривалість самого процесу в залежності від концентрації розчину, так як величина осмотичного тиску є функцією концентрації.

Висновки до розділу 5

1. Цільова функція є сумою енерговитрат на процес дегідратації і енерговитрат на процес сушіння.
2. Для різних розмірів частинок отримано мінімум цільової функції. Отримано залежність оптимальної концентрації та енерговитрат від еквівалентного розміру частинок (рис. 5.7). В результаті визначено розмір частинок ($d_e=5$ мм), при якому сумарні енерговитрати наближуються до мінімуму.
3. Отримано значення концентрації оптимальної $C_c=72$ %, що добре корелюється з експериментальними даними. Сумарні енерговитрати для такої концентрації будуть складати 3,2 кВт.
4. Проведено моделювання процесу осмотичної дегідратації та отримано рівняння в числах подібності. Узагальнено експериментальні дані, отримано значення коефіцієнтів в рівнянні (5.10). Розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними в межах 15%. Отримана модель із високою точністю описує отримані експериментальні дані.
5. Рівняння 5.12 дає можливість розраховувати зміну осмотичного тиску в процесі або тривалість самого процесу в залежності від концентрації розчину, так як величина осмотичного тиску є функцією концентрації.

РОЗДІЛ VI

ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОХІДНИХ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

6.1. Способи виробництва харчових продуктів із використанням похідних переробки овочів

6.1.1. Спосіб виробництва збагаченого молока

Молоко є обов'язковим продуктом у щоденному раціоні дітей та основним джерелом надходження білків до їхнього організму. Рекомендовано споживати молоко і молочні продукти, до яких додано вітаміни та мінеральні речовини [264].

Технології збагачення молока дають можливість покращити його біологічну цінність. Молочні продукти, збагачені мікроелементами, зазвичай містять кальцій, фосфор, магній, залізо, цинк, мідь, марганець, селен, йод, хром, молібден та кобальт. Крім того, молоко збагачують вітамінами А, D, С, Е і К та біотином, пантотеновою чи фолієвою кислотами [265]. Встановлено, що молоко, збагачене мікронутрієнтами, може бути ефективним засобом зниження анемії дітей віком до трьох років у країнах, що розвиваються [266]. Більшість цих біологічно активних речовин виготовлені штучно в промислових умовах. Вони допомагають скоригувати хімічний склад продукту, але не використовуються організмом подібно до своїх природних аналогів. Крім того, надмірне їх вживання може бути шкідливим.

Додавання лляної олії, фітостеролів та полідекстрази позитивно впливало на фізико-хімічні та органолептичні властивості молока. Таке молоко добре зберігалось при температурі охолодження протягом 1 тижня, маючи практично незмінні органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні властивості [267]. Але використання рослинних жирів підвищує жирність молока, що не відповідає потребам деяких споживачів.

Збагачення молока дозволяє не лише підвищити біологічну цінність, а й

підвищити його додану вартість. В роботі [268] наведено результати досліджень щодо зниження попиту на просте, чисте молоко та зростання тенденції на збільшення споживання ароматизованого молока середньої та високої жирності. Проте, штучні ароматизатори не варто використовувати у продуктах для харчування дітей.

Збагачення молока вітаміном А і надання йому певних органолептичних властивостей можливе за рахунок використання каротиноїдів. Відомо, що каротиноїди мають антиоксидантні властивості, провітамінну активність А, імунну, ендокринну та метаболічну активність, відіграють роль у регуляції клітинного циклу [269].

Тому молоко, збагачене каротиноїдами моркви, має кращу здатність до зберігання. Очевидно, це пов'язано з тим, що β -каротин сповільнює мікробіологічні процеси [270]. Природним джерелом каротиноїдів є морква (*Daucus carota*) [271], 35 % каротиноїдів сухої моркви у живому організмі перетворюється у вітамін А [272]. Разом з тим, відсутні промислові технології використання моркви для збагачення молока.

У промислових умовах для збагачення молочних продуктів використовується вітамінний комплекс FT 041081EU, який містить 12 важливих вітамінів (А, Д, Е, С, Вс, В1, В2, В6, В12, РР, В5, біотин) та мінеральний FT 042836EU, до складу якого входять Fe, Zn та І [273]. Поки не зрозуміло, наскільки успішно синтетичні біологічно активні речовини засвоюються і використовуються організмом.

Все це дозволяє стверджувати, що існуючі технології збагачення молока, в основному, передбачають використання синтетично створених вітамінно-мінеральних комплексів. Практично відсутній асортимент молока із використанням натуральних харчових добавок. Незважаючи на те, що натуральні вітаміни засвоюється набагато краще, ніж синтетичні [274].

Біологічна цінність молока також визначається його амінокислотним складом, оскільки амінокислоти беруть участь у біосинтезі клітин, що дуже важливо для життєдіяльності організму людини [275]. Доцільно підвищувати

концентрацію амінокислот у молоці за рахунок натуральних добавок.

Тому, актуальним питанням є розробка способу збагачення молока натуральними харчовими добавками. В якості натуральної харчової добавки запропоновано використовувати порошки, виготовлені із моркви.

Розроблена технологія представлена на рис.6.1. Дана технологія апробована у виробничих умовах (Додаток 2).

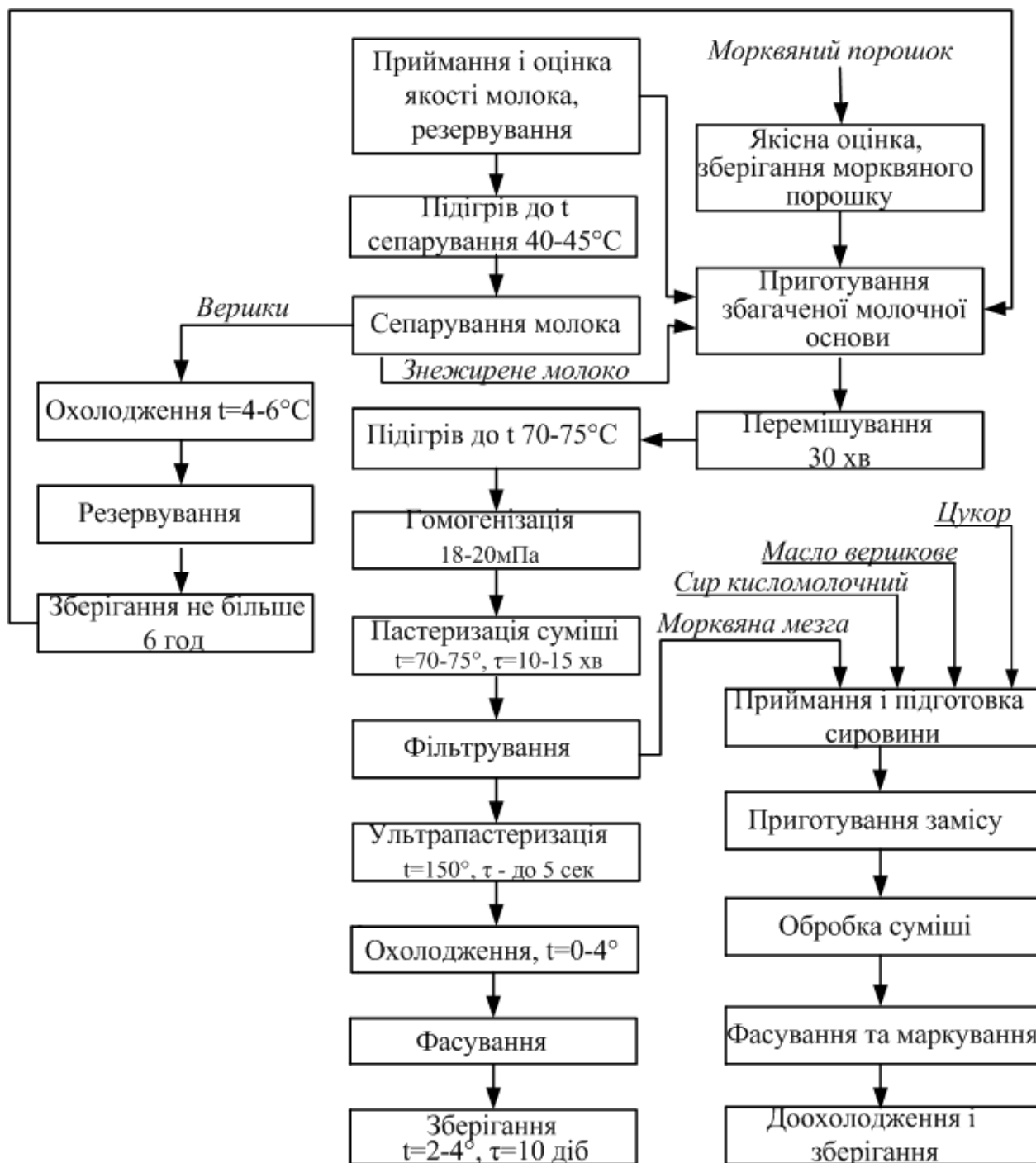


Рис. 6.1 – Технологічна схема виробництва збагаченого молока та сиркової

За цією схемою молоко, яке відповідає всім вимогам до якості, очищується та охолоджується для попередження розвитку мікроорганізмів. Після дозрівання, молоко підігрівається до температури сепарування. Нормалізована суміш очищується, гомогенізується при тиску 18-20 МПа. Гомогенізована збагачена морквяним порошком молочна суміш направляється на пастеризацію. Пастеризація суміші проводиться протягом 10-15 хв за температури 70–75°C. Пастеризоване молоко фільтрується і підлягає ультрапастеризації за температури 150°C протягом 5 секунд. Пастеризоване молоко швидко охолоджується до 0–4°C, фасується та направляється на зберігання.

Шляхом експериментальних досліджень [276] встановлена оптимальна кількість добавки порошку (10 %). Збагачене молоко за органолептичними показниками нагадує пряжене молоко (рис.6.2).

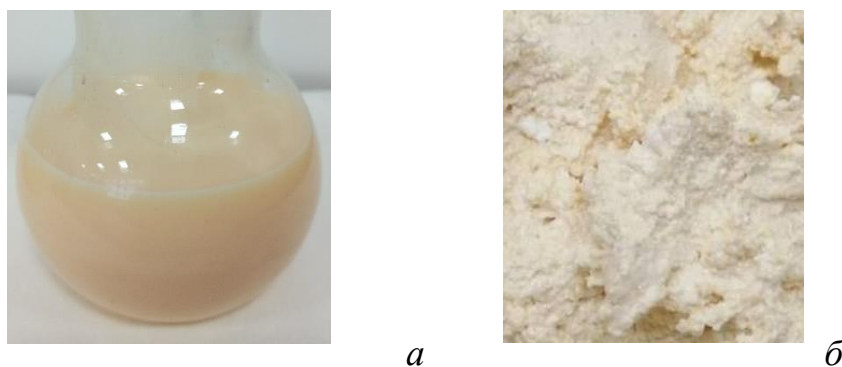


Рис. 6.2 – Молочні продукти збагачені морквяним порошком: *а* – молоко; *б* – сиркова маса

Результати проведених досліджень показали, що під впливом раціональної дози – 10 % порошків, виготовлених із моркви та її шкірок в усіх дослідних зразках молока, підвищується вміст загальної кількості амінокислот.

Зокрема, у складі молока, збагаченого морквяним порошком із шкірок моркви, було виявлено більшу кількість глютамінової та аспарагінової кислоти, проліну, лейцину та валіну, порівняно з контролем. Крім того, у складі дослідних зразків молока, також відбувається збільшення вмісту проліну, лейцину та валіну молока, тобто амінокислот, що забезпечують асиміляції білкового комплексу. Вживання 200 г такого збагаченого морквяними порошками молока дозволить забезпечити частину добової потреби у незамінних амінокислотах. Добова

потреба у треоніні, лейцині та фенілаланіні забезпечується на 16 %, метіоніні – на 4 %, ізолейцині – на 14 %, лізині – на 18 %, валіні – на 20 %. Встановлено, що молоко, збагачене порошком із цільних коренеплодів моркви, має вищий вміст каротиноїдів (0,1068 мг/100 мл), забезпечуючи потребу організму в них на 1,4 %.

Апаратурно-технологічна схема збагаченого молока представлена на рис.6.3.

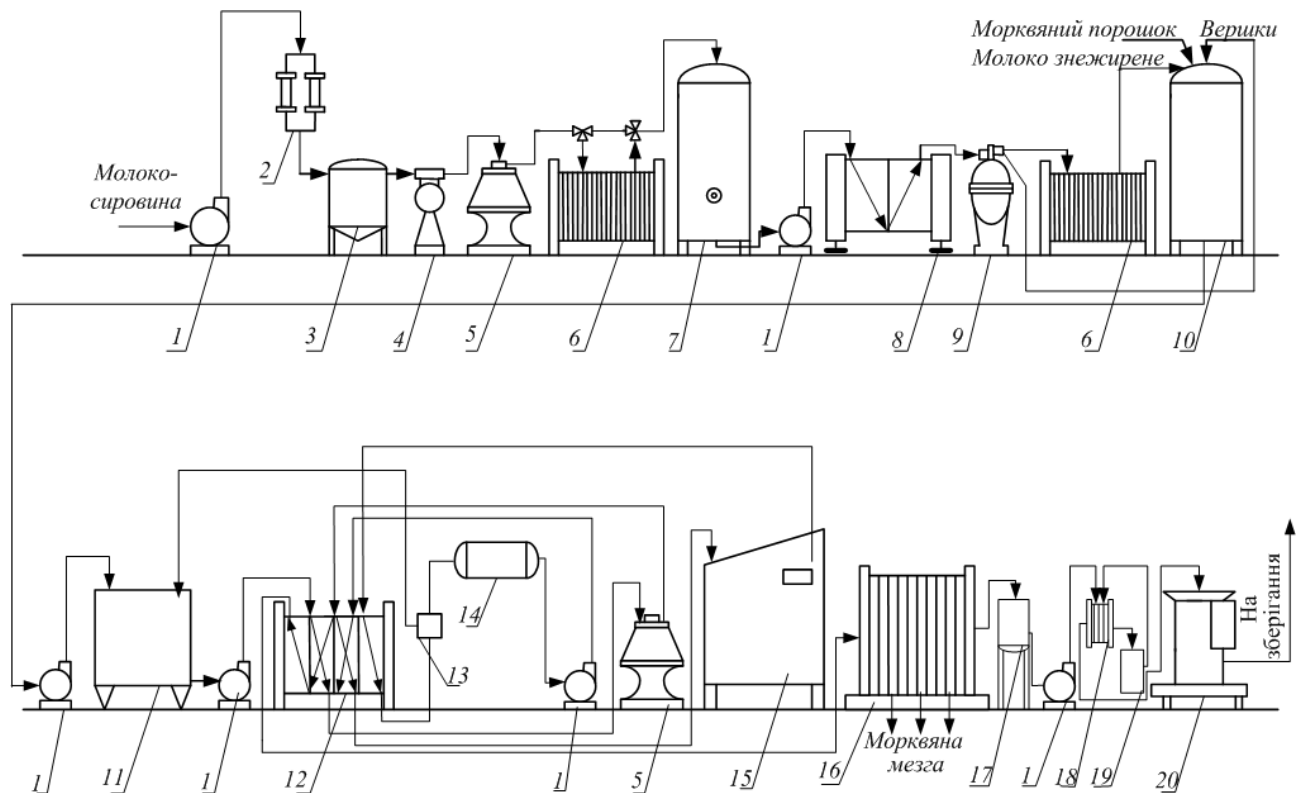


Рис. 6.3 – Апаратурно-технологічна схема виробництва збагаченого молока

За цією схемою молоко відцентровим насосом 1 перекачується на трубчастий молочний фільтр 2, де очищується від механічних забруднюючих домішок. Фільтроване молоко відокремлюється від бульбашок повітря за допомогою повітревідокремлювача 3, а далі через лічильник 4 направляється на сепаратор 5 для очищення від бактерій. За допомогою лічильника ведеться облік молока, яке направляється на переробку. Очищене молоко охолоджується за допомогою пластинчастого охолоджувача 6 до температури проміжного зберігання. Після дозрівання протягом 12 годин у резервуарі 7, молоко насосом перекачується на пластинчастий нагрівач 8, де нагрівається до температури сепарування. За допомогою сепаратора 9 від молока відокремлюються вершки.

Знежирене молоко переливається у резервуар для нормалізації 10. Туди ж подається морквяний порошок у кількості 10% до маси молока та вершки для доведення молочної суміші до потрібної жирності. Резервуар для нормалізації обладнаний мішалкою для рівномірного змішування знежиреного молока, вершків та морквяного порошку. Збагачена молочна основа насосами через урівнювальну ємність 11 перекачується на пастеризаційно-охолоджувальну установку. Температура пастеризованого молока контролюється за допомогою термодатчика 13. Частина пастеризованого молока через проміжний резервуар 14 повертається в пастеризатор в якості теплоносія, для зменшення витрат енергії на пастеризацію. Після попереднього нагрівання молоко піддається гомогенізації для утворення більш рівномірної суміші та розбивання жирових кульок. Після гомогенізатора 15 молоко фільтрується за допомогою фільтр-пресу 16. При цьому від нього відокремлюється морквяна мезга. Масова частка вологи в ній становить близько 20%. Мезга направляється в якості добавки на виробництво сиркових мас.

А молоко переходить у приймальний бак 17, в якому завдяки датчикам рівня проводиться підтримка робочого рівня продукту. Молоко насосом подається в секцію регенерації пластинчастого апарату 18 для попереднього нагрівання і далі прямує в секцію пастеризації, де нагрівається до заданої температури. Пастеризоване молоко надходить у витримувач 19, з якого направляється послідовно в секції регенерації та охолодження. Нагрівання продукту до необхідної температури в секції пастеризації здійснюється перегрітою водою, нагрівання якої проводиться парою в окремому теплообміннику. Охолодження продукту до необхідної температури здійснюється у два етапи за принципом протитечії: у секції регенерації вихідним холодним продуктом і потім, у секції охолодження – холодоносієм (крижаною водою). Охолоджене молоко перекачується на фасовочну машину 20 за допомогою якої фасується у споживчу тару. Варто зазначити, що запропонований спосіб збагачення молока передбачає комплексну переробку рослинної сировини, без утворення відходів.

6.1.2. 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 [277]. 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 [278], 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. Частишки 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 [279] передбачає подрібнення підготовленої сировини і варку при температурі 98–100 °C 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 °C протягом 2–2,5 год., після чого підсушені цукати обсипають сумішшю пектину і фруктози, а обсипані цукати сушать при температурі 58–60 °C до залишкової вологості 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 [280], 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 [281]. Відповідно до запропонованої технології, підготовлені коренеплоди пастернаку бланшують парою 8–12хв., 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°C 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 (Додаток Л).

За цією схемою (рис.6.4) сировину (коренеплідні овочі) ретельно промивають теплою проточною водою і очищають. Удосконалена технологія є універсальною для виготовлення цукатів із столових та цукрових буряків, моркви, пастернак, селери кореневої та брукви. Коренеплідні овочі ретельно відмиваються у коритній мийці з дома рівнями води 1. Ретельно відмиті, за рахунок перетирання один об одне у відділенні з низьким рівнем води, коренеплоди переміщуються у відділення з високим рівнем води, де відбувається їх остаточне миття та дезінфекція діоксином хлору, яким інактивує небезпечні бактерії, грибки, спори і найпростіші при низьких концентраціях.



Рис. 6.4 – Технологічна схема виробництва овочевих цукатів

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. Очищені коренеплоди відокремлюються від мийної води на дисковому водовідділювачі 3 і промиваються від залишків дезінфікуючого розчину чистою водою, яка подається через форсунки 2. Для видалення залишків вологи із поверхні очищених коренеплодів через повітродувку 4 подається стиснене повітря. Стрічковим транспортером 5 коренеплоди потрапляють у різальну машину 6, де відбувається їх подрібнення на кубики.

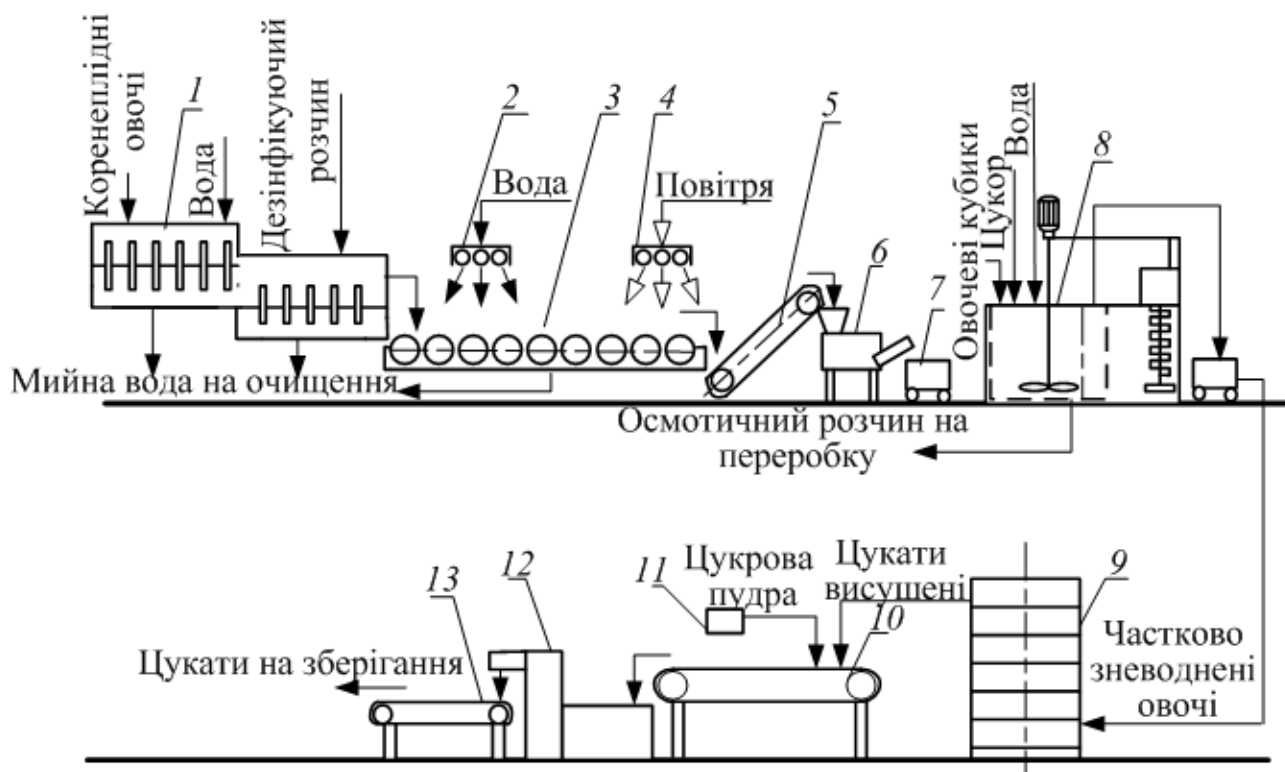


Рис. 6.5 – Апаратурно-технологічна схема виробництва овочевих цукатів

Подрібнені кубики розміром $5 \times 5 \times 5$ накопичуються у візках 7, а далі завантажуються у апарат для проведення осмотичної дегідратації 8. У апарат для дегідратації спочатку подається цукор-пісок та фільтрована питна вода у співвідношенні 7:10. Суміш ретельно перемішується і нагрівається до повного розчинення кристалів. Отриманий цукровий розчин нагрівається до 65°C після чого в нього вносяться шматочки овочів. Витримування овочів у цукровому розчині з масовою часткою сахарози 70% здійснюється за постійної температури 50°C протягом 2,5 годин. Після чого відділяють цукати від цукрового розчину і висушують у сушарці 9 протягом 1–1,5 годин при температурі 50°C . Підсушені цукати обсипаються на стрічковому транспортері 10 цукровою пудрою, яка подається дозатором 11. Фасуються за допомогою фасувальної машини 12 у споживчу тару і стрічковим транспортером 13 направляються на зберігання.

Особливістю, розробленої технології виготовлення овочевих цукатів, є використання осмотичної дегідратації, як альтернативи бланшування. Технологічна інструкція на виготовлення овочевих цукатів представлена в Додатку 5. Висушування при температурі не вище 50°C ґрунтується на тому, що

при цьому зберігається біологічна цінність та органолептичні властивості сировини. З продукту видаляється значна кількість води і створюються несприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, при цьому біологічна цінність овочів зберігається. 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 ощадного режиму теплової обробки ($t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$). 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.

Враховуючи, що цукати містять клітковину, даний продукт можна вважати продуктом із підвищеним вмістом харчових волокон. На основі овочевих цукатів було виготовлено хлібобулочні вироби (рис.6.6).

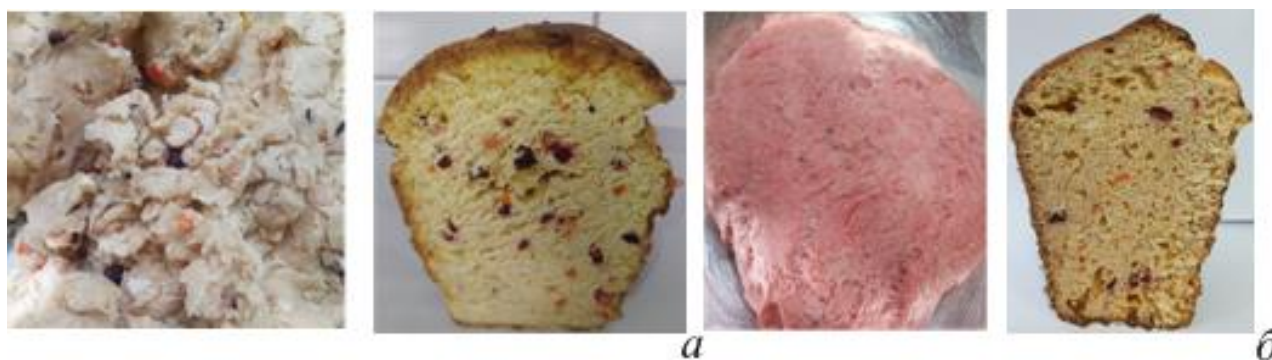


Рис. 6.6 – Хліб на основі ППРО: *а* – морквяний осмотичний розчин і суміш овочевих цукатів; *б* – буряковий осмотичний розчин та суміш овочевих цукатів

Даний хліб виготовлений за типовою технологією опарним способом, проте із рецептури було повністю вилучено цукор і воду, замінивши її на таку ж кількість осмотичного розчину.

Також, на основі осмотичних розчинів із овочів було виготовлено мармеладні вироби (рис.6.7). В якості драглеутворювача використовували агар. Розглянута можливість використання даних добавок у виробництві сухих сніданків у суміші з овочевими цукатами (рис.6.8).



Рис.6.7 – Мармеладні вироби на основі осмотичних розчинів із пастернака, селери, моркви та буряка

В якості основи для виробництва сухих сніданків розглянуто два види сировини: вівсяні та кукурудзяні пластівці. Розроблено технологічну інструкцію на їх виготовлення (Додаток С).



Рис.6.8 – Запарені сухі сніданки із желейними добавками і цукатами: *а* – буряковими; *б* – морквяними; *в* – пастернаковими; *г* – селеровими

Після запарювання желейні добавки не розчинилися, добре тримали форму.

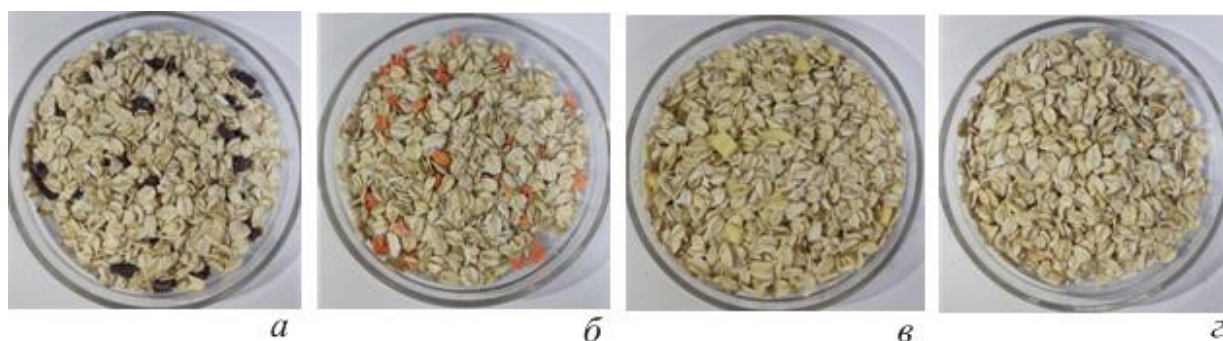


Рис.6.9 – Сухі сніданки на основі вівсяних пластівців із цукатами: *а* – буряковими; *б* – морквяними; *в* – пастернаковими; *г* – селеровими

При використанні кукурудзяних пластівців в якості глазурі запропоновано використовувати осмотичні розчини, утворені після переробки коренеплідних овочів



Рис.6.10 – Глазуровані сухі сніданки на основі кукурудзяних пластівців із морквяними цукатами

За органолептичними показниками сухі сніданки, виготовлені на основі похідних переробки коренеплідних овочів відповідають нормативним показникам.

6.1.3. 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. 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. В залежності від драгледоподібної основи мармеладні маси поділяються на: фруктово-ягідні, желейні та желейно-фруктові. Переважна більшість різновидів желейного мармеладу характеризується низьким вмістом вітамінів, макро- і мікроелементів [282].

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 [283]. Овочі є джерелом біологічно активних речовин, особливо вітамінів, мікро- і макроелементів, які містяться в легкозасвоюваній формі і оптимальних для організму людини співвідношеннях [284]. Зазвичай підприємства з переробки овочів мають вузькопрофільну спеціалізацію, використовуючи типові методи обробки сировини. Сироп, який використовується для варіння овочів при виготовленні овочевих цукатів, як відхід виробництва, передається на підприємства кондитерської галузі в якості додаткової сировини [285].

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 [286].

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. 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 [285].

Осмотичний розчин після дегідратації овочів має характерне забарвлення, яке відповідає забарвленню овочів. Мармелад виготовлений із осмотичного

розчину, отриманого після попереднього зневоднення селери представлено на рисунку 6.11.



Рис.6.11 – Мармелад селеровий

Розроблено універсальний спосіб виробництва желейного мармеладу з використанням драглеутворювачів рослинного та тваринного походження (рис.6.12). За цією схемою коренеплоди овочів ретельно відмиваються, дезінфікуються діоксином хлору. 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. 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.

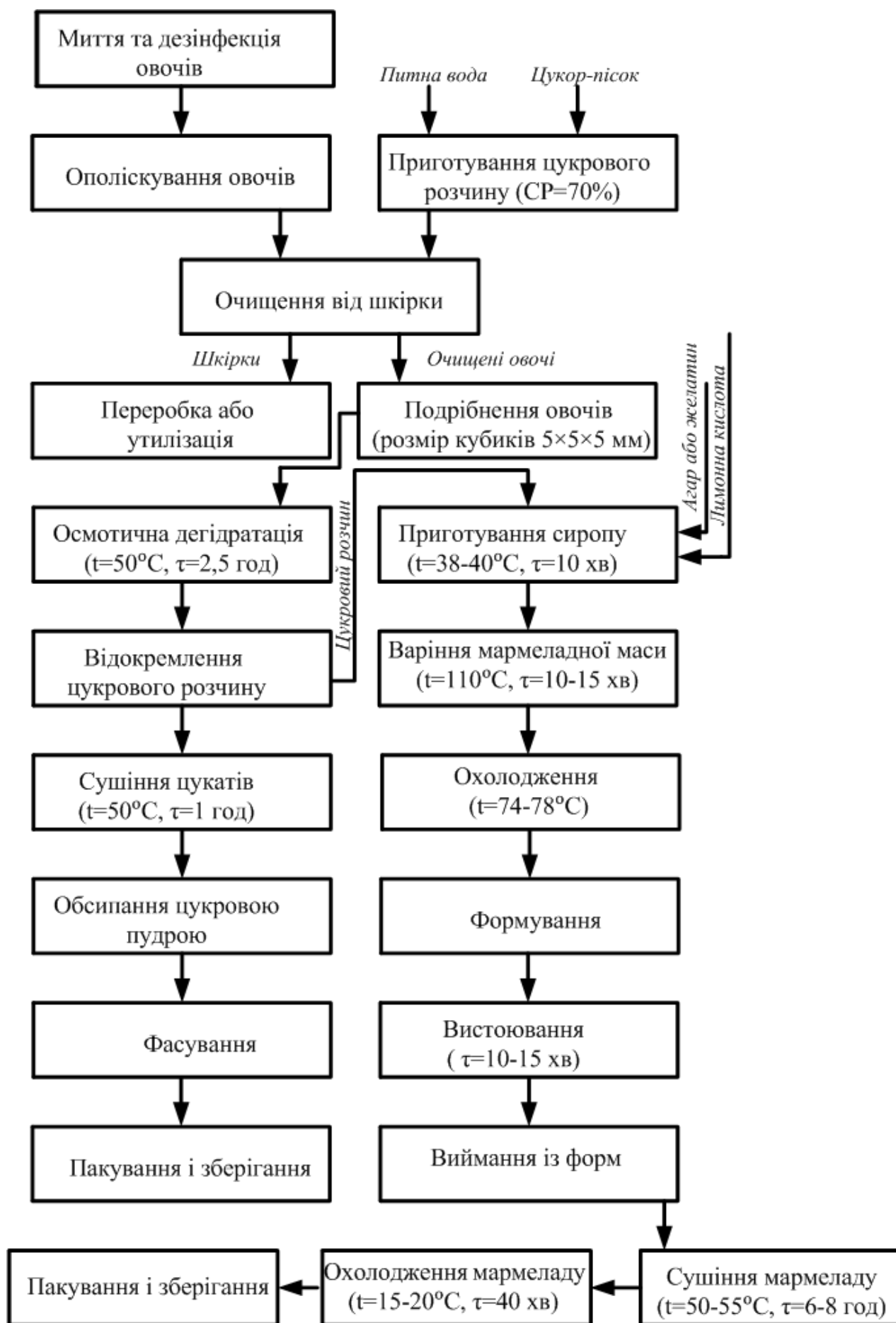


Рис. 6.12 – Технологічна схема переробки овочів на цукати та мармелад

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°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 °C 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.

6.1.4. 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% [287].

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 [288].

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 [289].

Вже апробовано у виробництві технології цукерок і мармеладу із відходів переробки буряку, вичавок чорноплідної горобини, цедри цитрусових та кропиви. Досліджено перспективи використання овочевих цукатів у виробництві різноманітних харчових продуктів [290, 291].

Найнижчу калорійність серед цукристих кондитерських продуктів мають желейні вироби [292]. Для виробництва желейної маси зазвичай використовується цукор, патока, драглеутворювачі та різноманітні смако-ароматичні добавки. В якості драглеутворювачів застосовують агар, агароїд, фурцеларан, пектин, желатин та карагінан [293].

Для ефективного використання агару, враховуючи склад продукту, рекомендовано застосовувати температуру драглеутворення не нижче 60°C [294].

Пектин, як драглеутворювач, здатен утворювати драглі у водяних розчинах лише за наявності цукру й кислоти. Він забезпечує високі смакові характеристики готовим виробам [295].

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

Розроблено спосіб безвідходної переробки моркви методом осмотичної дегідrataції і виробництва желейних цукерок із відходів виробництва (рис.6.13).

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 дегідrataцію. Тривалість дегідrataції 2,5 години. Частково зневоднена сировина відокремлюється від осмотичного розчину та направляється на сушіння. Висушені цукати обсипаються цукровою пудрою та направляються на пакування і зберігання. Осмотичний 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.

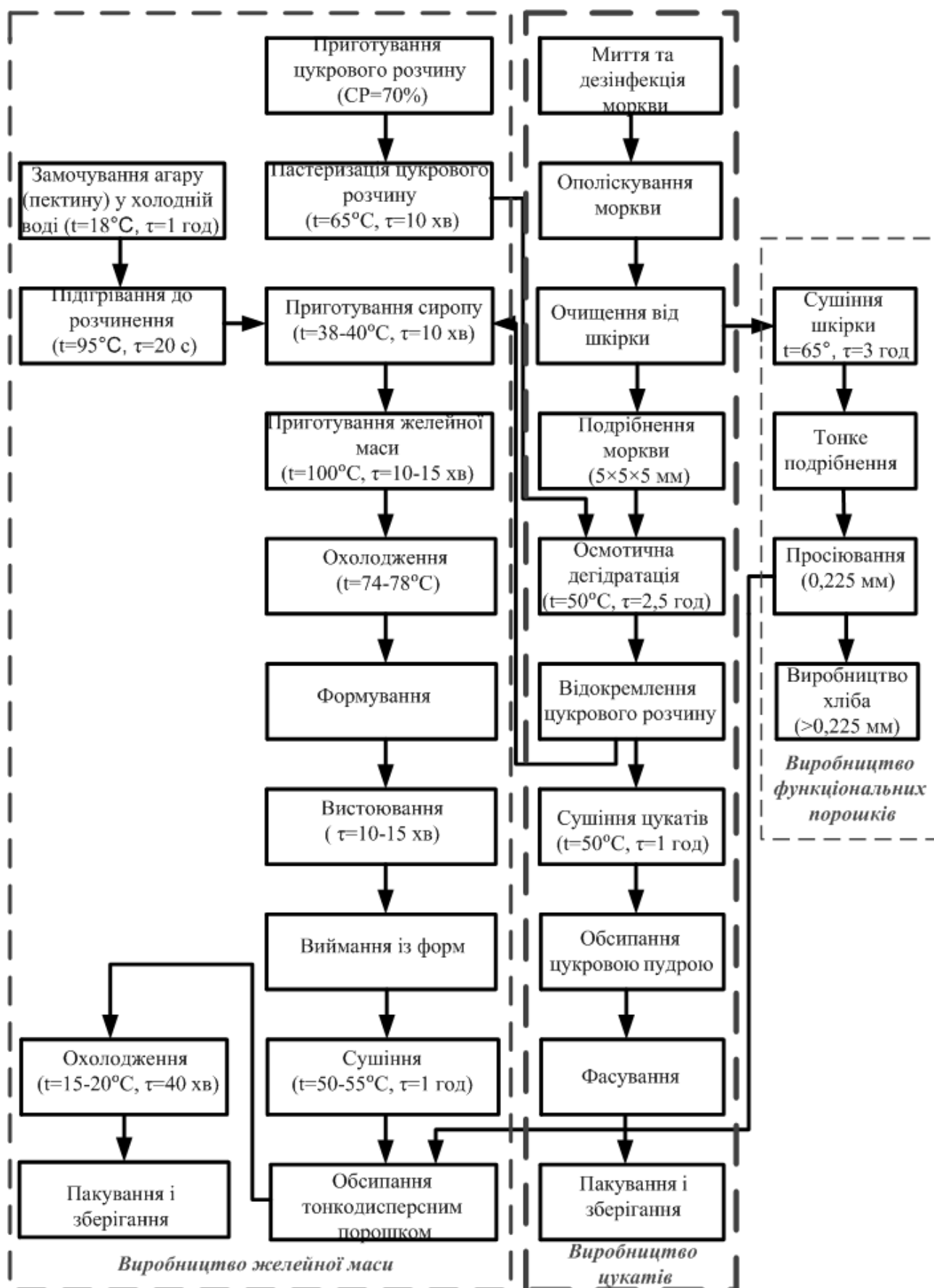


Рис. 6.13 – Технологічна схема безвідходної технології переробки моркви

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 6.14, 6.15).



Рис. 6.14 – Морквяна желейна цукерка на основі агару



Рис. 6.15 – 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 драглеутворювачів. За контроль було взято желейні цукерки, виготовлені у промислових умовах.

Обробка желейної 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.

Апаратурно-технологічна схема переробки коренеплідних овочів на мармеладні вироби та цукати представлена на рисунку 6.16.

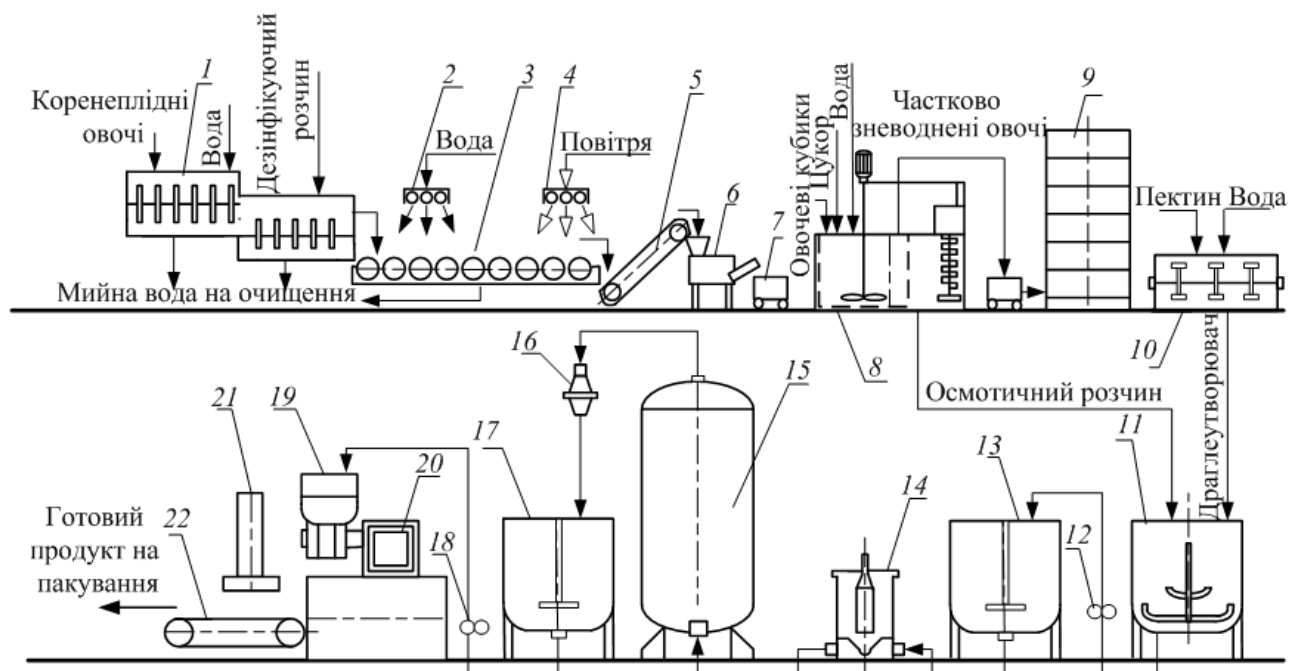


Рис. 6.16 – Апаратурно-технологічна схема переробки коренеплідних овочів

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 обдуви 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 $5 \times 5 \times 5$ 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 обсипку цукром або порошком. Цукор подається ковшовим елеватором 21.

Обсипаний готовий продукт фасується, пакується і направляється на зберігання.

6.2. Способи виробництва харчових продуктів із використанням похідних переробки плодів дикорослих рослин

6.2.1. Спосіб комплексної переробки дикорослих ягід

Бузина (*Sambucus nigra*) багата на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші полі феноли [296]. Калина є природним джерелом антиоксидантів [297, 298].

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).

В роботі [299] 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 [300]. Велику кількість фенолів у складі *Sorbus aucuparia* L. було підтверджено і іншими дослідниками [301].

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 [302] та інгібуючої активності α -глюкозидази [303].

Технологія переробки дикорослих ягід із застосуванням осмотичної дегідrataції представлена на рис.6.17.

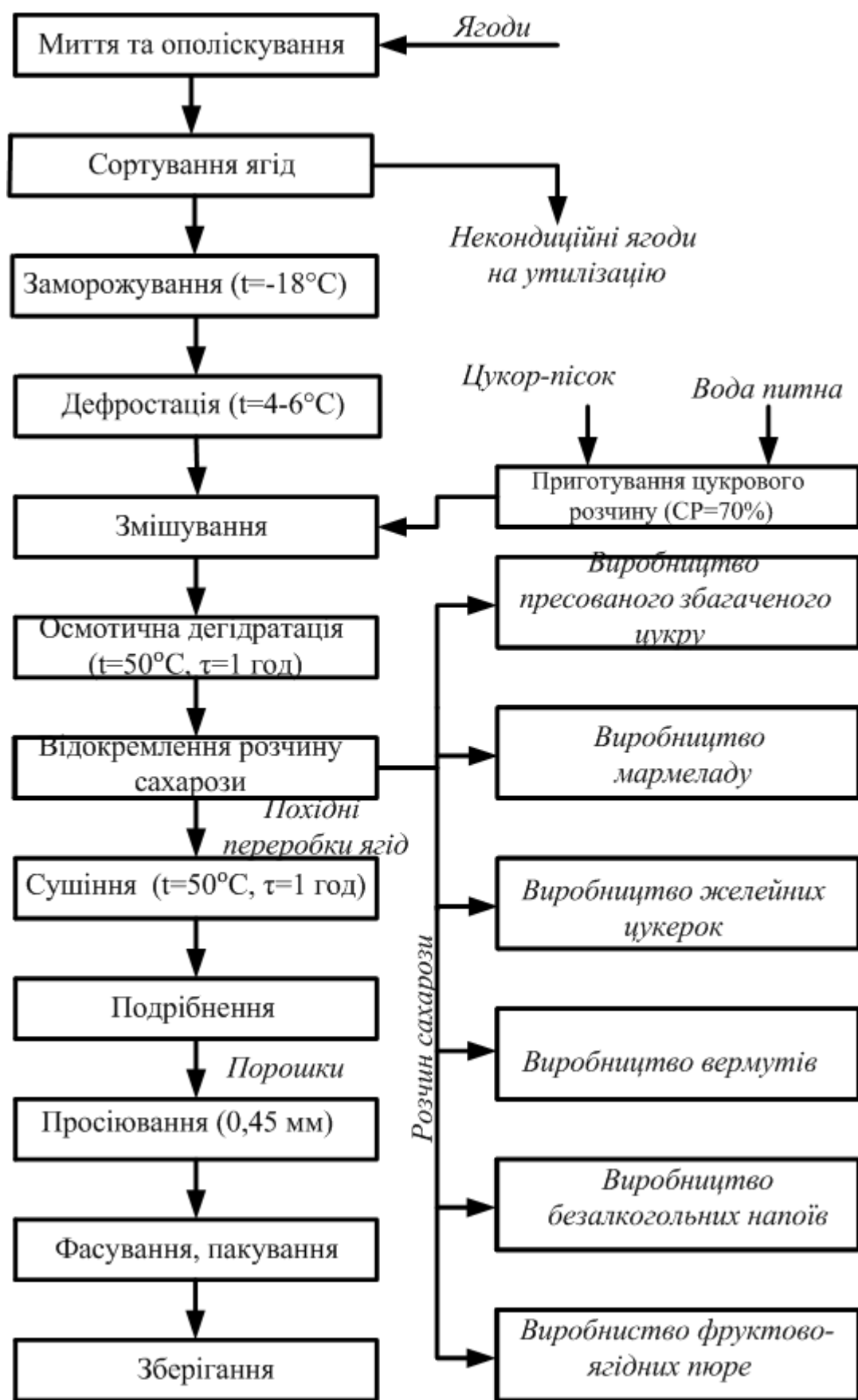


Рис. 6.17 – Технологічна схема комплексної переробки дикорослих ягід *Hippophae rhamnoides* L., *Viburnum opulus*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia*

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 . Протягом 1 годити 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 смако-ароматичних добавок. Крупніша фракція може застосовуватися як добавка для підвищення вмісту харчових волокон в харчових продуктах. Висушені похідні ягід подрібнюються у порошки. Розроблено технологічну інструкцію на їх виготовлення (Додаток М).

Утворений після дегідратації сироп має високі органолептичні характеристики. В осмотичний розчин переходять розчинні речовини, які містяться в клітинному соці. При цьому його концентрація зменшується на 10-12 % за рахунок переходу клітинного соку. Технологічна інструкція на виготовлення сиропів на їх основі предсталена в додатках (Додаток Н).

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

- ефективно 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.

6.2.2. Спосіб виробництва макаронних виробів збагачених порошками із плодів дикорослих рослин

Дослідження групи науковців були направлені на комплексне збагачення макаронних виробів м'ясними продуктами (15%), бобовими та рослинними ізолятами (7,5-10%). В результаті продукт задовільнив добову потребу у білках на 13,4% [304]. З метою збагачення макаронних виробів клітковиною частину борошна замінювали оливковою макухою [305]. З метою збагачення макаронних виробів каротиноїдами, до їх складу вносили морквяні порошки [306]. Доведено, що збагачення макаронних виробів нерозчинними харчовими волокнами, отриманих із побічних продуктів кімчі та борошна грубого помелу позитивно впливає на фізико-хімічні властивості готових виробів [307].

Таким чином, збагачені макарони можна віднести до продуктів для здорового харчування, які здатні знижувати рівень глюкози та холестерину в крові, нормалізувати перистальтику кишечника, посилювати ферментацію в товстій кишці та інше [308, 309]. Поряд з цим, багато біологічноактивних сполук, які містяться у фруктах та овочах, а саме каротиноїди та поліфеноли, відомі своїми антиоксидантними та протизапальними властивостями [310, 311]. Слід зазначити, що харчові добавки можуть бути багаті мінералами, вітамінами, жирними кислотами та білками, підвищуючи поживну цінність макаронних виробів [312, 313, 314]. Стрічкоподібні широкі макаронні вироби (локшину) виготовляли за класичною технологією домашньої локшини, частина пшеничного борошна була замінена ягідними порошками. Було додано по 10% порошків, виготовлених з похідних переробки дикорослих ягід *Viburnum opulus*, *Hippophae rhamnoides L.*, *Sambucus nigra* (рис.6.18).

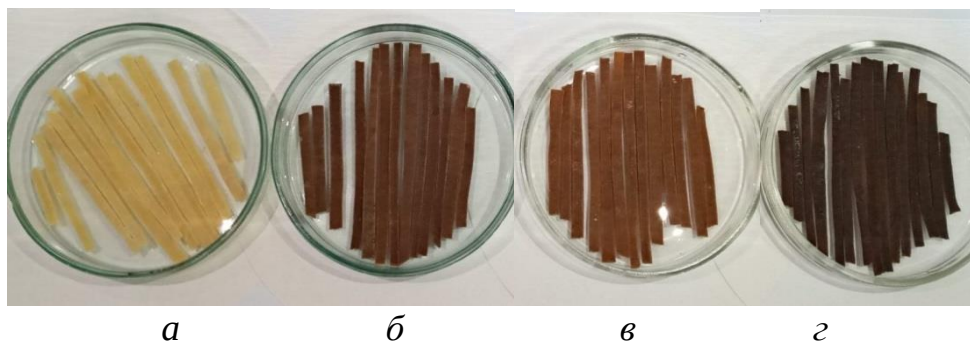


Рис. 6.18 – Макаронні вироби з додаванням 10 % порошоків: *а* – контроль без добавок; *б* – з порошком *Viburnum opulus*; *в* – з порошком *Hippophae rhamnoides* L.; *г* – з порошком *Sambucus nigra*

Встановлено, що вироби з дозуванням 10 % порошоків до маси борошна з похідних переробки дикорослих ягід набувають насиченого кольору, характерного кольору порошоків та незначного присмаку ягід, що не погіршує смакових властивостей продукту. Найбільше смак та аромат спостерігався у зразку, з доданим порошком *Sambucus nigra*. Варильні властивості виробів з добавками дещо погіршуються, зокрема вироби збільшуються в обсязі після варіння, зростає перехід сухих речовин у варильну воду.

Це свідчить про те, що складові ягідних порошоків дегідратують вплив у макаронному тісті і перешкоджають біополімерам пшеничного борошна утворювати тісто. Зафіксовано зниження клейкості (вищий бал). Макарони не визнаються збалансованим продуктом через низьку біологічну цінність їх білків та низький вміст харчових волокон. Додавання порошоків з похідних переробки дикорослих ягід сприяло як підвищенню їх біологічної цінності [315], а й підвищувало їх пружність з допомогою збільшення кількості харчових волокон. Цей показник має велике значення для товарної якості макаронних виробів, особливо локшини. Подібні результати були отримані при додаванні до макаронних виробів плодово-ягідних порошоків, борошна із каштанів та порошку гіразолу до вафельного тесту [316, 317].

При додаванні порошоків погіршується консистенція тіста, зменшується його розтяжність. Це пояснюється збільшенням кількості сахаридів у порошках,

які не дозволяють утворити еластичний целюлозний каркас і підвищують в'язкість тіста. Дана технологія апробована у виробничих умовах (Додаток Е).

6.2.3. Спосіб виробництва хліба збагаченого порошками із плодів дикорослих рослин

Хліб є важливим продуктом у харчовому раціоні більшості людей. Він є джерелом вуглеводів, білків, вітамінів і мінеральних речовин. Проте, хлібобулочні вироби із пшеничного борошна, які користуються найбільшим попитом, мають високу калорійність і нижчу біологічну цінність. Це пояснюється тим, що для їх виробництва використовується в основному борошно тонкого помелу, яке при очищенні зерна втрачає велику кількість корисних нутрієнтів. Відомо, також, що хліб сприйнятливий до росту цвілі і має короткий термін зберігання при кімнатній температурі (3–7 днів) [318]. З метою збільшення терміну зберігання хліба та запобігання його мікробіологічного псування до рецептури додають різноманітні добавки, такі як сорбат калію та пропіонат [319]. Однак, харчові добавки, отримані в результаті хімічного процесу, можуть спричиняти алергічні реакції та мати інший негативний вплив на організм людини. Тому дослідження, присвячені розробці технології хліба зі збільшеним терміном зберігання та вищою біологічною цінністю є надзвичайно актуальним.

В роботі [320] показано, що очищене борошно і хліб із нього практично не містять цільного зерна, а відповідно і харчових волокон. Серед харчових факторів ризику у всьому світі низьке споживання цільнозернових продуктів було відзначено як другий за значимістю фактор ризику смертності. За результатами досліджень [321] встановлено, що вироби із пшеничного борошна не містять вітамінів А, С, D, каротиноїдів. В незначній кількості до їх складу входить кальцій, вітаміни групи В, токофероли та харчові волокна. Проте відомо, що вживання хліба із неочищеного борошна може призводити до небажаних наслідків. У неочищеному борошні після запікання хліба може залишатися шкідлива мікрофлора, яка призводить до порушення травлення. Груба структура

борошна добре перетравлюється лише за умови відсутності порушень в роботі шлунку, а грубі волокна здатні підвищувати кислотність шлункового соку. Тому цілнозерновий хліб не рекомендується вживати при деяких захворюваннях.

У світі використовується велика кількість різноманітних харчових добавок для покращення якості хлібобулочних виробів, надання їм додаткових функціональних властивостей [322]. Оптимальним способом підвищення біологічної цінності хліба є його збагачення натуральними добавками на основі рослинної сировини. В рослинній сировині при правильній термічній обробці зберігаються вітаміни, макро- та мікроелементи, харчові волокна, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини. До такої сировини можна віднести дикорослі ягоди, які мають багатий хімічний склад, доступні за вартістю. Крім того, дикорослі ягоди вирощуються без використання різноманітних засобів захисту рослин, пестицидів та інших хімічних речовин, тому є безпечними [323]. Для розробки дієтичних видів хліба використовуються продукти переробки сої, оскільки вони мають низьку енергетичну та високу біологічну цінність, а також низький глікемічний індекс [324].

З метою збільшення термінів зберігання, за рахунок антиоксидантних властивостей, рекомендовано використовувати калиновий шрот в якості добавки при виробництві хлібобулочних виробів [325]. Ефективними функціональними наповнювачами при виробництві хліба та кондитерських виробів є продукти переробки обліпихи [326]. Численні дослідження антирадикальних властивостей горобини показують, що вона має велику кількість фенольних кислот, які здатні запобігати швидкому псуванню продуктів. Розглянуто доцільність використання плодів горобини для запобігання розвитку плісняви у хлібах [327].

Попередні дослідження можливості застосування деяких дикорослих ягід показали позитивний вплив на деякі властивості хліба. Застосування при цьому ще й оптимальної технології обробки сировини, дозволить значно підвищити біологічну цінність кінцевого продукту. Тому розробка технології хліба із використанням дикорослої сировини є актуальним питанням і потребує додаткових досліджень. Існує велика кількість досліджень щодо функціональних

властивостей плодів, соку, шроту і порошку із чорноплідної горобини *Aronia melanocarpa*, але майже відсутня інформація щодо властивостей горобини звичайної *Sorbus aucuparia*. Тому, в якості сировини для виготовлення добавки з функціональними властивостями обрано похідні переробки горобини *Sorbus aucuparia*.

Розроблена технологічна схема вироблення хліба [328] із підвищеною біологічною цінністю та подовженим терміном зберігання (рис.6.19).

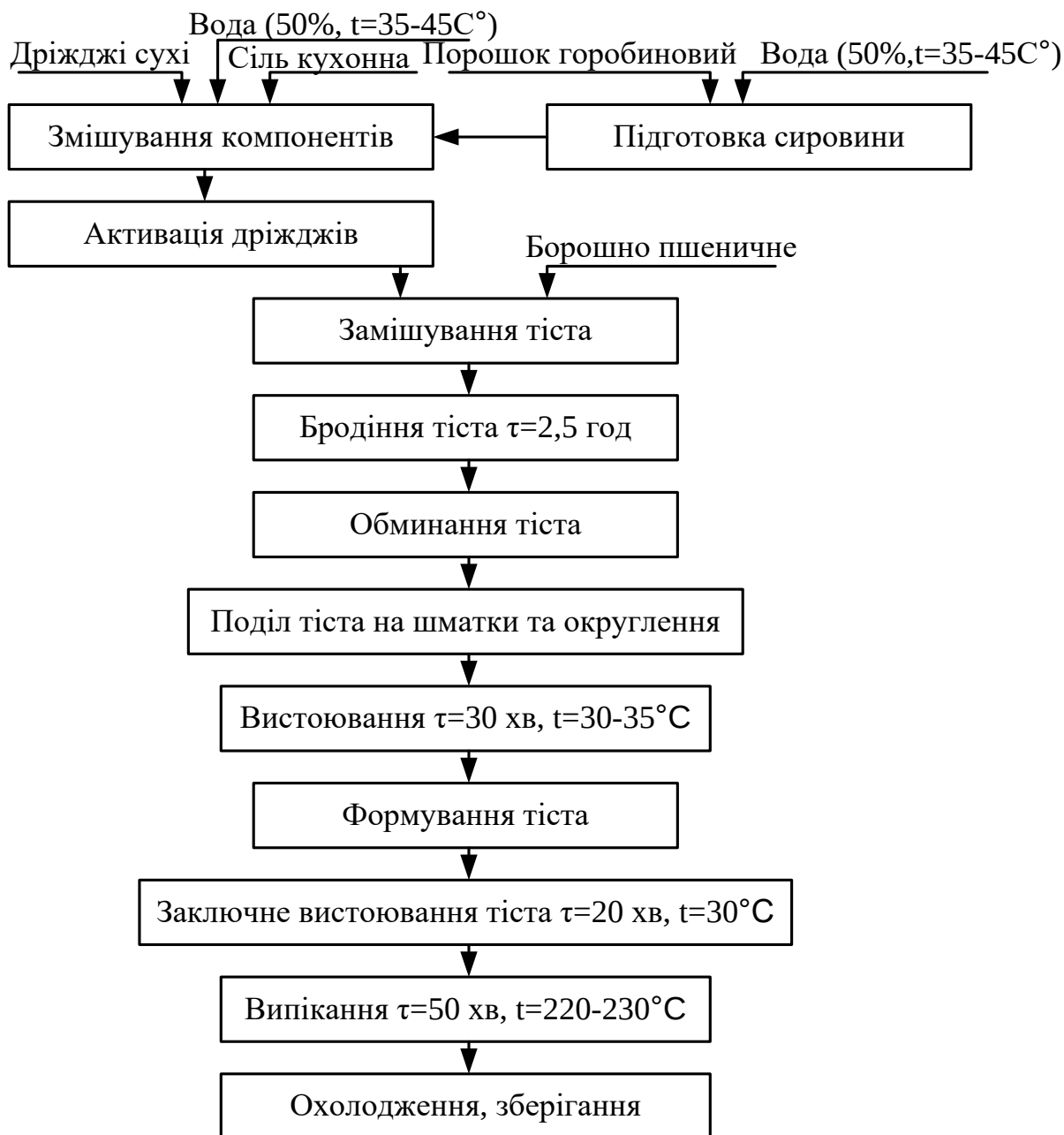


Рис. 6.19 – Технологічна схема виробництва хліба з подовженим терміном зберігання

Згідно з запропонованою технологією (Додаток П) тісто готується безопарним способом у одну фазу. Перед замішуванням тіста проводиться активація сухих дріжджів. Для цього 50 % очищеної води, яка передбачена рецептурою, нагрівається до 35-45 °C і змішується з сіллю. Після повного розчинення солі, вносяться дріжджі у кількості 1 % до маси борошна. Паралельно, решта води (50 % від передбаченої рецептурою) змішується з порошком із похідних переробки *Sorbus aucuparia*. Отримана суспензія вноситься у дріжджову суспензію. За рахунок поживних речовин, що містяться в порошку горобини, і виступають поживним середовищем для дріжджів, їх активація відбувається вже на 3-5 хв після змішування.

При цьому синтезуються внутрішньоклітинні ферменти, прискорюється процес дисиміляції субстрату. Продуктивність дріжджів зростає, підвищується їх бродильна активність. Поверхня суміші піниться, спостерігаються бульбашки газу і з'являється характерний дріжджовий запах. Таким чином час активації скорочується вдвічі, відсутня потреба у збільшенні кількості дріжджів, що зазвичай характерно для безопарного способу. Активована суміш вноситься у борошно, після чого починається наступна технологічна операція – замішування тіста. Замішане тісто бродить при кімнатній температурі (не менше 20 °C).

Бродіння відбувається протягом 2-2,5 годин. Виброжене тісто обминається, ділиться на шматки і округлюється. Округлені тістові заготовки вистоюються протягом 30 хв. Вистояним заготовкам надається необхідна форма після чого їх поміщують у форми для запікання і залишають для остаточного вистоювання протягом 20 хв. На цьому етапі крохмаль у борошні розщеплюється на цукри, які споживаються дріжджами. Потім дріжджі утворюють бульбашки вуглекислого газу, які зважені в структурі клейковини тіста. Метою остаточного вистоювання є створення оптимальної структури тіста для максимального підйому хліба під час випікання. Випікання проводили 50 хв при температурі 220–230 °C.

При використанні розробленої технології час приготування скорочується на 30 хв, порівняно з класичним безопарним способом, та на 120–150 хв в

порівнянні з опарним способом. Дана технологія апробована у виробничих умовах (Додаток Ж).

Експеримент показав, що додавання до хліба із пшеничного борошна 10 % порошку із похідних переробки *Sorbus aucuparia* дозволяє як мінімум в два рази збільшити терміни його зберігання (рис.6.20).

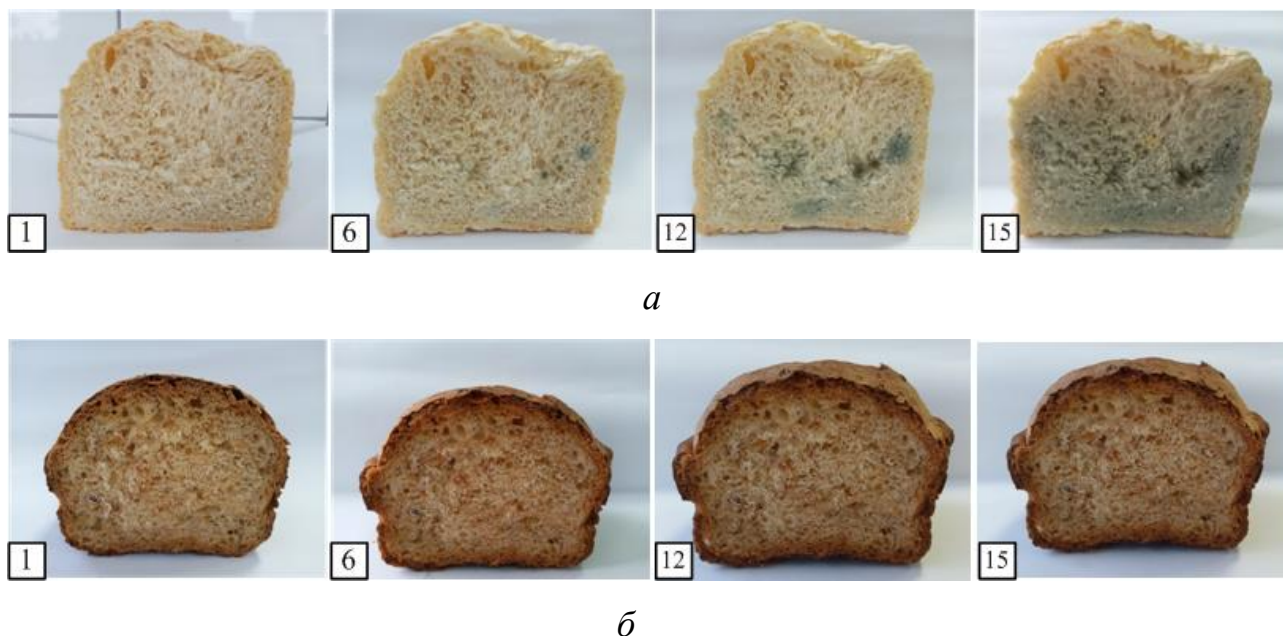


Рис. 6.20 – Фото зразків на 1, 6, 12 та 15 добу зберігання: *а* – контроль; *б* – зразок збагачений горобиновим порошком

Запропоновані нами рішення щодо використання порошку горобини можливо застосовувати як при безопарному, так і при опарному способі випікання хліба.

Встановлено, що додавання горобинового порошку дозволяє збільшити термін зберігання до 15 діб. Вочевидь, це пов'язано з антиоксидантними властивостями горобини, присутністю в її складі глютамінової кислоти.

Було проведено, також, дослідження здатності до зберігання хліба із пшеничного борошна, виготовленого опарним способом. Для збагачення використовували різну кількість порошків: зразок 1 (контрольний без добавок), зразок 2 (5% порошку горобини), зразок 3 (10% порошку горобини), зразок 4 (15% порошку горобини). Внаслідок експериментального дослідження було встановлено, що пліснява на дослідних зразках, до яких додано порошки

горобини з'явилася значно пізніше, ніж на контрольному зразку (рис.6.21). На 3-тю добу зберігання на зразку 1 було помітно перші ознаки плісняви.

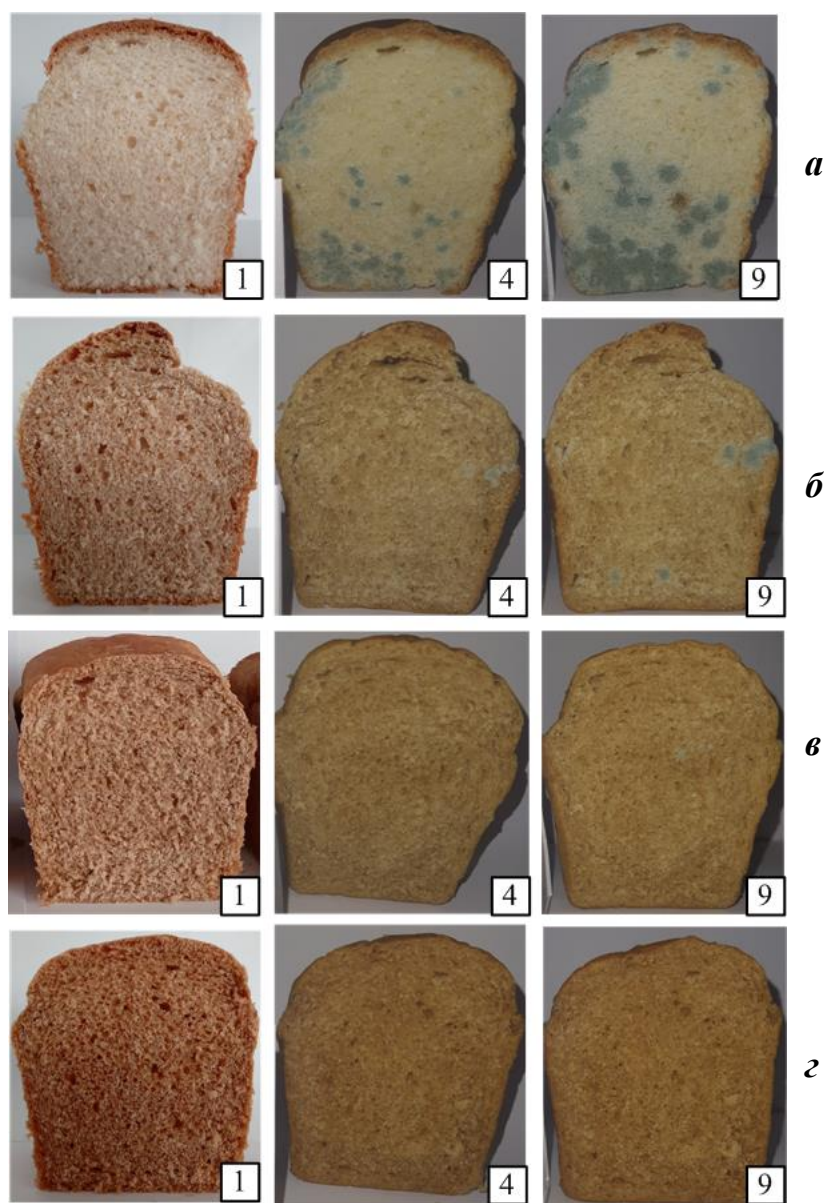


Рис. 6.21 – Фото зразків на 1, 4 та 9 добу зберігання: *а* – контроль; *б* – зразок із додаванням 5% порошку горобини; *в* – зразок із додаванням 10% порошку горобини; *г* – зразок із додаванням 15% порошку горобини

На поверхні зразка 2 (5% порошку) пліснява з'явилася на четверту добу зберігання, зразка 3 (10 % доданого порошку) - на 9-ту. На поверхні зразка, який містив 15% горобинового порошку (зразок 4) ознаки плісняви були відсутні протягом 13 діб. За органолептичними та фізико-хімічними показниками зразок 3 мав найвищу якість.

За корисним впливом на організм варто відзначити хліб із житнього борошна. Жито містить найбільшу кількість харчових волокон, а також широкий спектр біологічно активних сполук [329]. У складі хліба із житнього борошна містяться вітаміни групи В. Харчові волокна житнього борошна складаються з арабіноксилану, целюлози, β -глюкану, фруктанів і лігніну. Лігнін – це важливий функціональний компонент, вміст якого може змінюватися в процесі обробки житнього хліба. Це пояснюється біохімічними та мікробіологічними процесами, які відбуваються під час приготування хліба [330]. Склад хліба на житній заквасці можна змінювати відповідно до різних харчових потреб [331]. Хоча хліб із житнього борошна і містить більше харчових волокон, порівняно із іншими видами, їх вміст не забезпечує і 10% добової потреби організму.

Споживання житнього хліба постійно зростає завдяки харчовій цінності та високій біодоступності його компонентів, меншому вмісту клейковини. Часто житнє борошно комбінують із іншими видами борошна. В роботі досліджено, що додавання борошна із ячменю до житнього хліба сприяє збільшенню вмісту харчових волокон і підвищенню антиоксидантної активності [332].

Збагачення житнього хліба ягодами та фруктами, овочами, насінням, нетрадиційними видами борошна є ефективним методом підвищення його біологічної цінності [333]. Проте, введення таких добавок може вплинути на розвиток небажаної мікрофлори та скорочення терміну придатності.

В роботі [334] представлено обґрунтування доцільності використання 25 % порошку топінамбура до маси борошна у виробництві хліба. Отриманий продукт мав високі споживчі властивості, підвищений вміст загального білка, пектинових речовин, кальцію, фосфору та інших функціональних компонентів.

Додавання фруктових порошоків із ягід *Amelanchier alnifolia* до житнього хліба призвело до значного збільшення вмісту їх поліфенолів та їхньої антиоксидантної активності порівняно з контрольними продуктами [335]. Запропонована технологія збагачення житнього хліба 3 % порошоків із *Amelanchier alnifolia* дозволяє подовжити термін зберігання хліба, запобігаючи

появі плісняви [336]. Використання даних видів сировини може значно підвищити його собівартість, оскільки вона не є поширеною в багатьох регіонах.

Доведено позитивний вплив хліба збагаченого різноманітними добавками на зміцненні здоров'я, профілактику неінфекційних захворювань, пов'язаних зі способом життя [337]. Вживання хліба збагаченого томатними вичавками, знижує рівень ліпідів в організмі [338].

Хліб збагачений куркумінами краще засвоюється організмом [339]. Для збагачення хліба часто використовують вторинну сировину, яка утворюється при переробці зерна (гречане лушпиння, вівсяні, пшеничні висівки та відходи насіння), ягід, фруктів. Ці види сировини володіють унікальним хімічним складом і високою біологічною цінністю та використовуються для виробництва порошків, як носіїв харчових волокон [340]. Крім позитивного впливу на організм людини, харчові волокна мають високу вологоутримуючу здатність. Це запобігає черствінню хліба, як наслідок – подовжується термін зберігання продукту [341, 342]. Джерелом харчових волокон є овочі (морква, капуста, кактус), фрукти (яблуко, виноград, апельсин, манго), злаки (пшениця, жито, овес) і насіння (какао-боби, кавові зерна) [343].

У роботі [344] досліджено вплив порошків із високим вмістом клітковини (гречаного, бурякового та лляного) на реологічні властивості тіста та показники якості житньо-пшеничного хліба. У результаті досліджень отримано хліб з гарними фізико-хімічними показниками, більш щільним м'якушем та збагачений харчовими волокнами. Позитивний вплив на реологічні властивості тіста та органолептичні показники якості хліба можна також отримати при використанні для збагачення хліба пивної та гречаної крупки [345]. Разом з тим, вторинна сировина може негативно вплинути на органолептичні властивості хліба.

Проаналізовані технологічні рішення впливають та органолептичні, фізико-хімічні властивості, біологічну цінність хліба, але не підвищують термін його придатності до споживання. Для збільшення терміну зберігання хліба та запобігання його мікробіологічного псування додають консерванти (переважно сорбат і пропіонатну сіль) [346].

Такі добавки мають негативний вплив на організм людини. Контролювати розвиток мікроорганізмів у хлібові, можливо за умови використання асептичної упаковки, ультрафіолетового опромінення, пастеризації, використання інгредієнтів, які запобігають розвитку плісняви [347].

До таких інгредієнтів можна віднести продукти переробки різних видів горобини. Численні дослідження антирадикальних властивостей горобини показують, що вона має велику кількість фенольних кислот, які здатні запобігати швидкому псуванню продуктів [348]. Тому, як і для хліба із пшеничного борошна, запропоновано збагачувати хліб із житнього борошна порошком горобини.

Розроблено рецептуру дослідних зразків із застосуванням горобинового порошку. У зразки Д1, Д2, Д3 додавали горобиновий порошок, у кількості 5, 10 та 15 % відповідно. Виробництво дослідного хліба здійснювали опарним формовим способом із житнього обдирного борошна. Використовували рідкі закваски, виготовлені із суміші чистих культур молочних бактерій штамів *L.plantarum*-30, *L.casei*-26, *L.fermenti*-34 та суміші чистих культур дріжджів *S.minor* чорноріченський і *S.cerevisiae* Л-1. Готове розроблене тісто вистоявали протягом 40 хв ($35\pm 5^\circ\text{C}$) і випікали 50 хв в електропечі при температурі $225\pm 5^\circ\text{C}$.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками всі зразки відповідали вимогам стандарту.

Крім того, було встановлено, що при додаванні порошку горобини повільніше розвивається пліснява (рис. 6.22).



Рис. 6.22 – Хліб із житнього борошна на 21-шу добу зберігання: а – зразок без добавок; б – зразок із додаванням 5% порошку; в – зразок із додаванням 10% порошку; г – зразок із додаванням 15% порошку

Такі результати свідчать про те, що порошок із горобини можна використовувати в якості натурального консерванту, який дозволяє значно підвищити термін придатності хліба із житнього борошна.

6.2.4. 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 [349]. 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.

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 [350].

Забарвлення натуральних барвників визначається пігментами, що містяться у рослинах [351]. 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 [352].

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 [353].

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 [90]. 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 [354].

Із соку бузини шляхом концентрування можна отримати харчовий барвник, колір якого регулюється, задаючи певних значень рН середовища [355].

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 [356].

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 [357]. 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. Апробовано екстракцію виноградних вижимок багаторазовим екстрагуванням та концентруванням під вакуумом. Запропонована технологія є досить складною і потребує великої кількості різноманітного технологічного обладнання [358].

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 [359].

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.6.23) 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.

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).

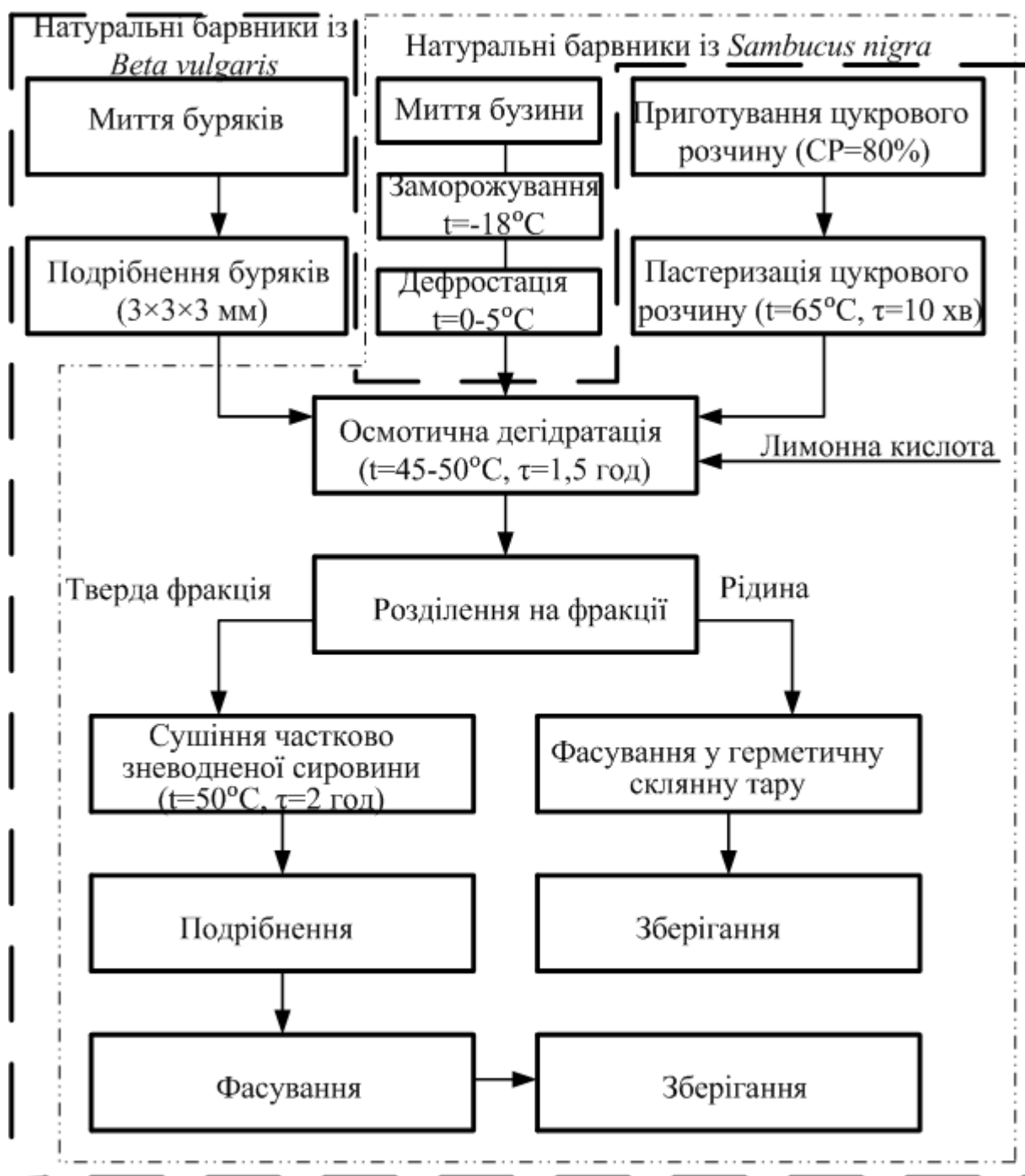


Рис.6.23 – Технологічна схема виробництва натуральних барвників

Витримування овочів у цукровому розчині з масовою часткою сахарози 80% здійснюється при температурі 45-50°C 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°C. Отримані тонкодисперсні порошки можна використовувати в якості порошкового барвника та харчової добавки, багатой на вітаміни, мінеральні речовини та харчові волокна. Осмотичний розчин, відокремлений від частково зневоднених ягід або буряків можна використовувати в якості рідкого барвника. Оскільки крім барвних речовин він містить ще й антиоксиданти, така добавка може надавати продуктам функціональних властивостей. Технологія переробки *Sambucus nigra* подібна до представленої вище технології, але виключається операція подрібнення сировини перед осмотичною дегідrataцією.

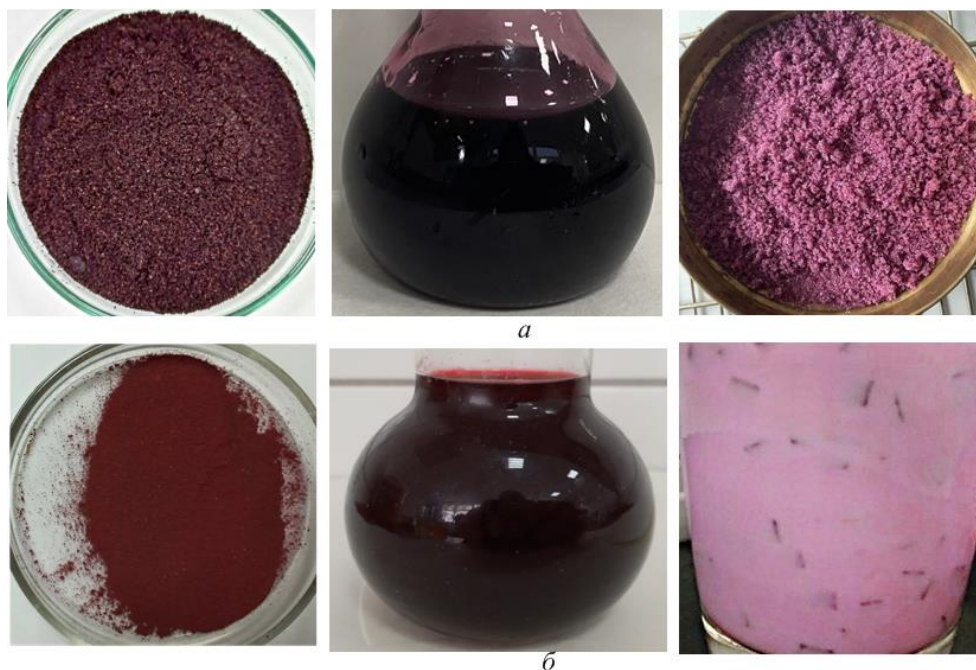


Рис.6.24 – Барвники із похідних переробки рослинної сировини: *а* – бузини, *б* - буряка

Представлено результати застосування осмотичних розчинів, отриманих після зневоднення ягід бузини, для збагачення цукру (рис.6.24, *а*). А також збагачення йогуртів буряковими цукатами та осмотичними розчинами, отриманими після осмотичної дегідrataції столового буряка (рис.6.24, *б*).

Результати показують, що при осмотичній дегідратації стійкість барвних речовин рослинної сировини зберігається.

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.

6.2.5. 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 [360]. 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 імпорتنі 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 [361].

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 [362]. 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. 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.

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). 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.

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.6.25).

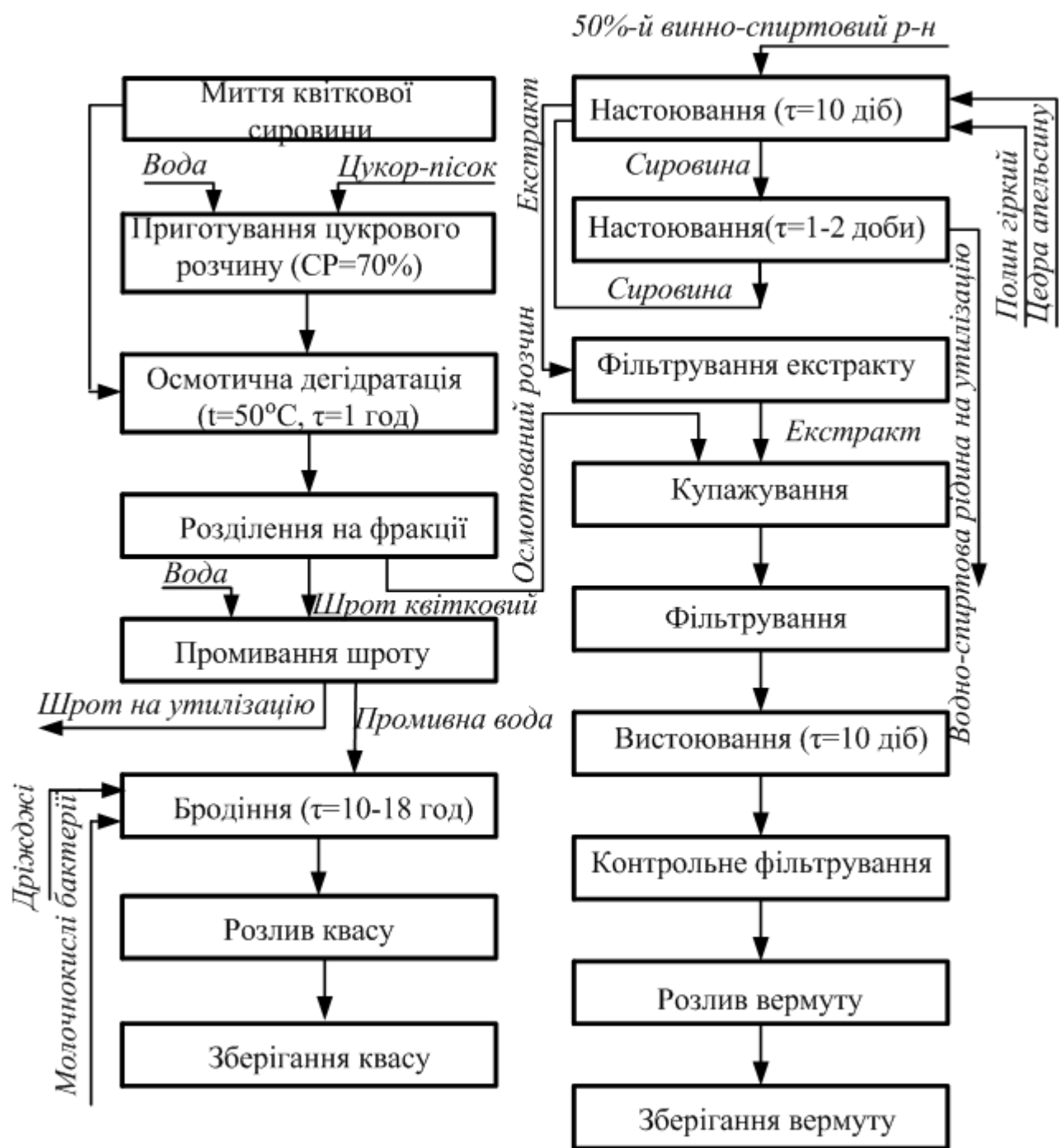


Рис.6.25 – Спосіб виробництва вермуту та квасу із квіткової сировини

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*.

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 arvénsis* та цедри 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 дегідrataції, де знаходиться попередньо підготовлений цукровий сироп із масовою часткою сахарози 70%. Співвідношення квітів до сиропу – 1:1. Тривалість дегідrataції становить 1 години, цього часу достатньо, щоб у розчин перейшли смако-ароматичні компоненти. Дегідrataцію 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 $t = 28...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $10-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 відрізнятися).

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. 6.26).



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-горілочних підприємствах, з використанням існуючого технологічного обладнання. Апаратурно-технологічна схема переробки квітів у вермут та квас представлена на рисунку 6.27.

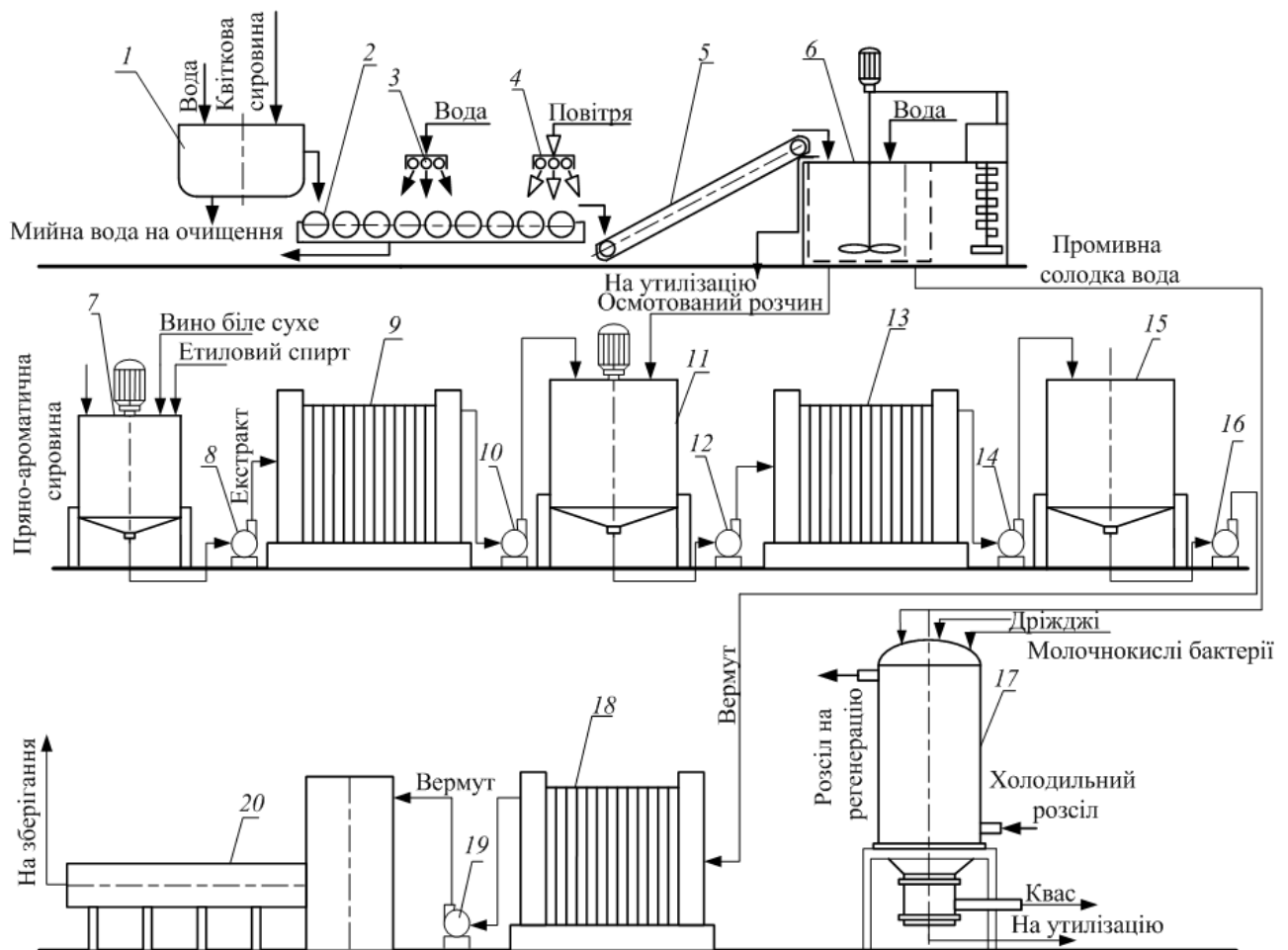


Рис. 6.27 – Апаратурно-технологічна схема переробки квітів

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.

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 направляється 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 перемішується 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 квіткові сировини. Купаж насосом 12 перекачується на фільтрування на фільтрах 13, а далі направляється на вистоювання (відпочинок) протягом 10 діб. Під час 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 квіткові сировини дозволить розширити асортимент алкогольних та безалкогольних напоїв продуктами з підвищеною біологічною цінністю.

Висновки до розділу 6

Розроблено ряд способів обробки рослинної сировини, які покладено в основу безвідходних технологій:

- переробки коренеплідних овочів із застосуванням осмотичної дегідратації з утворенням мармеладів, цукатів, сухих сніданків, десертного хліба, харчових барвників;
- переробки плодів дикорослих рослин із застосуванням осмотичної дегідратації з утворенням збагаченого хліба, макаронних виробів, вермутів, барвників.

Доведено, що хліб, збагачений горобиновим порошком, має підвищений термін придатності, стійкий до розвитку плісняви. Оптимальною кількістю добавки горобинового порошку до складу хліба становить 10%. При цьому зразки мали найвищу оцінку за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Термін придатності хліба із пшеничного борошна, виготовленого безопарним способом, становить 15 діб, опарним способом – 9 діб. Хліб із житнього обдирного борошна зберігає свої споживчі властивості протягом 21 доби.

Додавання порошоків із плодів дикорослих рослин до макаронних виробів, підвищує в них вміст харчових волокон та покращує їх органолептичні властивості.

Розроблено технологію збагачення молока та молочних продуктів морквяними порошками, що дозволяє збільшити вміст вітаміну А. Унікальність цієї безвідходної технології полягає в тому, що частина біологічно цінних компонентів морквяних порошоків екстрагує в молоко (амінокислот, каротиноїдів). Морквяну мезгу запропоновано використовувати для виробництва сиркових мас з метою збагачення їх харчовими волокнами.

Всі запропоновані способи передбачають комплексну переробку без утворення відходів виробництва.

РОЗДІЛ VII

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

7.1. Побудова ефективної моделі взаємодії виробника сировини та переробного підприємства

Наразі більшість переробних підприємств з виробництва харчових продуктів стикається з проблемою неефективного використання сировинних та енергетичних ресурсів. Така політика призводить до збільшення числа відходів виробництва, погіршення якості готової продукції. Пріоритетними напрямками біоекономіки є створення передумов до впровадження у виробництво енерго- та ресурсозберігаючих технологій. Кругова біоекономіка здійснюється за допомогою збалансованого сталого управління харчовими відходами.

Для більшості галузей, які переробляють рослинні матеріали (особливо овочі та фрукти), об'єм сировини в декілька разів перевищує вихід готової продукції. Одним із способів вирішення цієї проблеми може бути розробка безвідходних технологій переробки рослинної сировини. Необхідність поглиблення діяльності з переробки фруктів та овочів має такі напрямки впливу:

- диверсифікація економіки, з метою зменшення існуючої залежності від одного експортного товару;
- політика індустріалізації уряду;
- скорочення імпорту та посилення потенційно привабливих експортних напрямків;
- стимулювання сільськогосподарського виробництва шляхом отримання товарної продукції;
- сприяння як сільській, так і міській зайнятості;
- зменшення втрат сировини;
- покращення якості харчування, дозволяючи вводити продукти переробки рослинної сировини до споживання в міжсезоння;

- генерування нових джерел доходу для фермерів та дрібних сільгоспвиробників;
- розробка нових продуктів з доданою вартістю.

Основними видами первинної сировини для одержання харчових продуктів є сировина рослинного (овочі, фрукти, зернові культури) і тваринного походження (м'ясо, молоко, жир). В якості вторинної сировини використовуються деякі готові вироби харчових виробництв (борошно, цукор, крохмаль, масло, дріжджі тощо). Головною ознакою цінності харчових продуктів є поживні властивості та співвідношення нутрієнтів, що входять до їх складу. Саме тому, при виборі технології виробництва продуктів, слід обирати режими, котрі забезпечують збереження біологічної цінності сировини та мінімальні втрати поживних речовин із відходами виробництва. За таких умов вирішити проблеми ефективного використання сировини можна шляхом впровадження маловідходних та безвідходних технологій. Організація безвідходної виробничої структури переробки сільгосппродукції дає можливість поряд з традиційними продуктами харчування отримати велику кількість різних видів супутньої продукції.

Переробляючи сировину високої якості, застосовуючи новітнє обладнання, інноваційні способи комплексної переробки, вдосконалюючи систему організації праці, можна значно зменшити, або повністю виключити кількість відходів. Зазвичай підприємства з переробки овочів мають вузькопрофільну спеціалізацію, використовуючи типові методи обробки сировини. Наприклад традиційна технологія цукатів, яка є об'єктом наших досліджень, передбачає підготовку овочевої сировини, попередню та основну термічну обробку, сушіння, фасування, пакування. При підготовці сировини, овочі очищуються від шкірки, котра направляється на полігон твердих відходів у кількості 20-25% до загальної маси коренеплоду. Сироп, який використовується для варки овочів, як відхід виробництва, передається на підприємства кондитерської галузі в якості додаткової сировини.

Традиційна модель виробництва овочевих цукатів представлена на рисунку 7.1.



Рис.7.1 – Традиційна модель взаємодії виробника сировини та переробного підприємства

Аналіз зазначеної моделі дозволив нам сформулювати переваги й недоліки використання такої моделі взаємодії. Недоліками такої моделі взаємодії виробника сировини і переробного підприємства є:

- значні витрати на логістику;
- забруднення екосистеми в наслідок відсутності схеми переробки відходів;
- зменшені прибутки за рахунок реалізації низько вартісної сировини (сиропу).

В основу побудови моделі безвідходних технологій лягли три основні положення, а саме: створення максимально замкнених систем; раціональне використання всіх компонентів сировини; мінімальний вплив на функціонування екосистеми. Модель представлено на рисунку 7.2.

Положення щодо створення максимально замкнених систем полягає у зниженні логістичних витрат, за рахунок повного циклу переробки всіх компонентів сировини і побічних продуктів в межах одного виробництва. Принцип раціонального використання сировини у представленій моделі відображено в повному переробленні всіх відходів безпосередньо на виробництві.



Рис.7.2 – Модель взаємодії виробника сировини та переробного підприємства при застосуванні принципу безвідходності виробництва

Передбачено переробку сиропу на желейний мармелад, кожуре – на порошок, який є джерелом клітковини, пектинових речовин та натуральних пігментів. Мінімальний вплив на функціонування екосистеми забезпечується за рахунок використання сонячної та вітрової енергії в процесі сушіння, а також, зменшення твердих виробничих відходів, в наслідок їх переробки.

До основних переваг даної технології необхідно віднести:

Соціальну. Побудова такої моделі виробництва, дозволить створювати суспільно-корисні продукти з використанням інноваційних процесів, що забезпечить сталий розвиток не лише підприємства-виробника, а й громади в цілому. Зазвичай переробка овочів має сезонний характер. Запропонована технологія передбачає постійно діюче виробництво, що дозволить збільшити кількість робочих місць, а відповідно, - число зайнятого населення.

Природничу. Запропонована технологія переробки овочів є повністю безвідходною, завдяки чому зменшується вплив на екологію, оскільки відсутня потреба у переробці або утилізації відходів. Використання енергії сонця та вітру сприяє збільшенню частки невичерпних джерел енергії для покриття енергетичних потреб держави.

Економічна доцільність даного проекту пояснюється підвищенням продуктивності праці та ефективним використанням ресурсів виробництва, що поліпшує результативність їх роботи, у формуванні позитивного іміджу та

репутації соціально- та природничо – відповідальної структури. Крім того, з'являється додаткова можливість залучення інвестицій.

7.2. Адаптування запропонованої моделі при переробці плодів дикорослих рослин

Розроблено моделі раціональної переробки плодів дикорослих рослин із застосуванням принципу безвідходності виробництва (рис.7.3, 7.4, 7.5, 7.6).

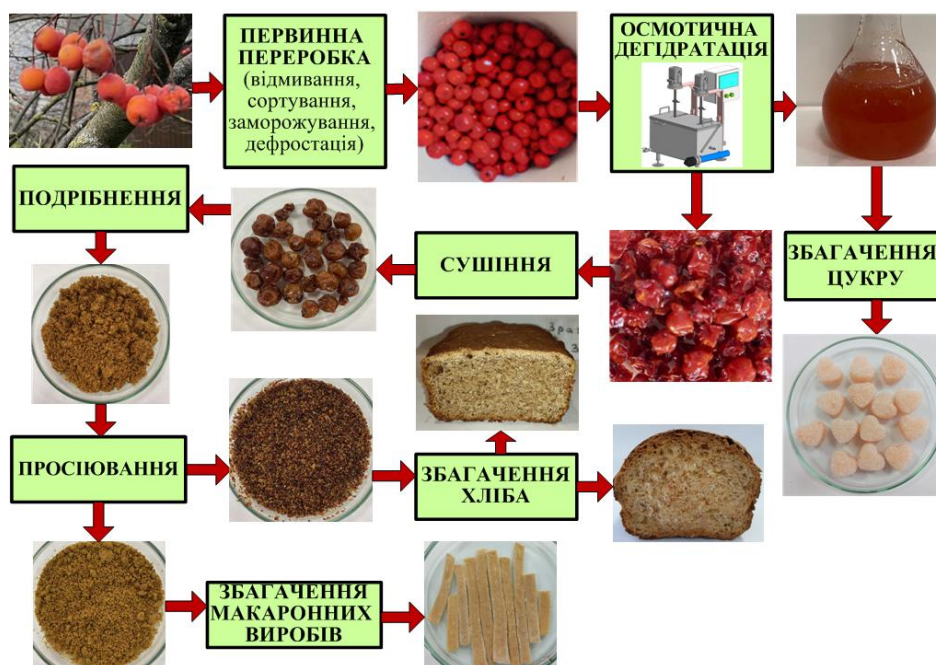


Рис.7.3 – Модель раціональної переробки плодів горобини



Рис.7.4 – Модель раціональної переробки плодів калини



Рис.7.5 – Модель раціональної переробки плодів бузини



Рис.7.6 – Модель раціональної переробки плодів обліпихи

Приймання, зберігання та переробку дикорослої сировини доцільно організовувати в сільській місцевості, з метою зменшення вуглецевого сліду та отримання соціально-економічного ефекту за рахунок трудової зайнятості сільського населення. Передбачено, що ресурси на вирощування даної сировини витратяться не будуть, сировина буде повністю органічною, що підвищить додану вартість готових продуктів. Пропонується заготовляти її, приймаючи у населення, за ринковою ціною. Контроль безпечності здійснювати в межах існуючого законодавства.

Первинна переробка сировини передбачає відмивання, сортування (видалення некондиційних плодів), заморожування та безпосередньо перед основною переробкою – дефростацію. Перераховані процеси є простими, пропонується для їх реалізації використовувати традиційне технологічне обладнання. Дефростовані плоди направляються в апарат осмотичної дегідратації, в якому знаходиться попередньо підготовлений цукровий розчин. Наші дослідження показали, що при дефростації із плодів дикорослих рослин втрачається від 1 до 12% клітинного соку. Його пропонується використовувати при підготовці цукрового розчину, з метою запобігання втрат.

Частково зневоднені плоди висушуються. Для цього можна також використовувати будь-який метод сушіння, але раціональним є спосіб інфрачервоного опромінення. Цей спосіб дозволяє провести процес швидко, зберігаючи при цьому біологічну цінність сировини, а саме: вміст вітамінів, мінеральних речовин та амінокислот. Плоди переробляються комплексно без утворення відходів. Висушені плоди подрібнюються до тонкого або колоїдного подрібнення, в залежності від подальшого призначення. Доцільно проводити тонке подрібнення, з наступним просіюванням. Колоїдну фракцію можна використовувати для виробництва макаронних виробів, з метою отримання однорідної структури. Грубішу – при виробництві хлібобулочних виробів для збагачення харчовими волокнами. Нами проведено дослідження щодо можливості застосування порошків із плодів дикорослих рослин при виробництві пшеничного та житнього хліба, макаронних виробів. В обох випадках, це дозволяє підвищити терміни їх придатності.

Осмотичний розчин, утворений після дегідратації плодів, пропонується використовувати для збагачення цукру. Доведено, що цей розчин також містить ряд біологічно-активних компонентів (амінокислот, вітамінів, глюкози, фруктози, флаваноїдів), що робить його ефективною натуральною харчовою добавкою. Крім того, цукор збагачений осмотичними розчинами має гарні органолептичні властивості. Продукти, отримані на основі похідних переробки

плодів дикорослих рослин, мають певні функціональні властивості, підвищену харчову та біологічну цінність, що підвищує їх додану вартість.

7.3. Спосіб переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу

Цукрове виробництво відноситься до стратегічних галузей харчової промисловості, а цукор є традиційним та одним із найбільш популярних продуктів серед населення нашої країни. Останнім часом, по всьому світу ведеться активна антицукрова пропаганда, спрямована на зменшення споживання цукру, оскільки цей продукт на 99,7-99,85% складається із сахарози і не містить інших корисних нутрієнтів. Разом з тим, мільйони людей мають цукор у своєму щоденному харчовому раціоні. І насправді, кількість цукру, який вживається, наприклад під час вживання гарячих напоїв, не є шкідливою, а виконує важливу фізіологічну роль в організмі людини, стимулюючи мозкову діяльність та забезпечуючи енергією. Шкідливим є той цукор, який додається у харчові продукти у великій кількості, а ще більшу шкоду спричиняють синтетичні цукрозамінники. Тому, питання підвищення біологічної цінності цукру є надзвичайно важливим. Не менш важливою проблемою цукрового виробництва є його сезонність. На сьогоднішній день, в Україні цукор виробляється лише із цукрових буряків. Тому, виробничий сезон триває від 1 до 6 місяців. Це є величезною проблемою як для власників, так і для працівників бурякоцукрових підприємств. Враховуючи той факт, що всі цукрові заводи розташовані у селах або маленьких містечках, працівники в міжсезоння зіштовхуються з проблемою безробіття. Дуже часто висококваліфіковані фахівці змінюють профіль роботи і навіть місце проживання. На цукрових заводах існує постійний дефіцит кадрів.

Крім того, цукрові заводи відіграють ще одну важливу роль в існуванні територіальних громад. ТЕЦ цукрового заводу здатна забезпечувати теплом та електроенергією. Враховуючи сучасні реалії, коли в державі є надзвичайний

дефіцит енергоресурсів, це питання є надзвичайно актуальним. Витрати природного газу на цукрових заводах зводяться до мінімуму за рахунок переходу на твердопаливні котли, які працюють із використанням відходів деревообробної галузі (пілет). Збільшити тривалість роботи цукрових заводів можливо за рахунок переробки на існуючих потужностях додаткової сировини. 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 [363]. 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 [364].

Дана технологія є дуже складною і довготривалою. Розроблено експериментальний цукровмісний продукт-пісок з мальтодекстрином, тростинною патокою та ламінарією японською [365]. 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. Відомий спосіб одержання кристалічного цукру для спортивного харчування. Спосіб передбачає введення мінеральних функціональних компонентів в розчинений цукор і його повторне викристалізовування. Але при цьому погіршуються органолептичні властивості цукру, оскільки мінерали включаються у кристалічні решітки. Відомо, що споживачі віддають перевагу натуральним добавкам, а не синтетичним [366]. 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 [367]. 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 [368]. 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.

Розроблена технологія та технологічна інструкція [369] збагачення пресованого цукру (рис.7.7) в основі якої лежить процес осмотичної дегідратації (Додаток Т). 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.

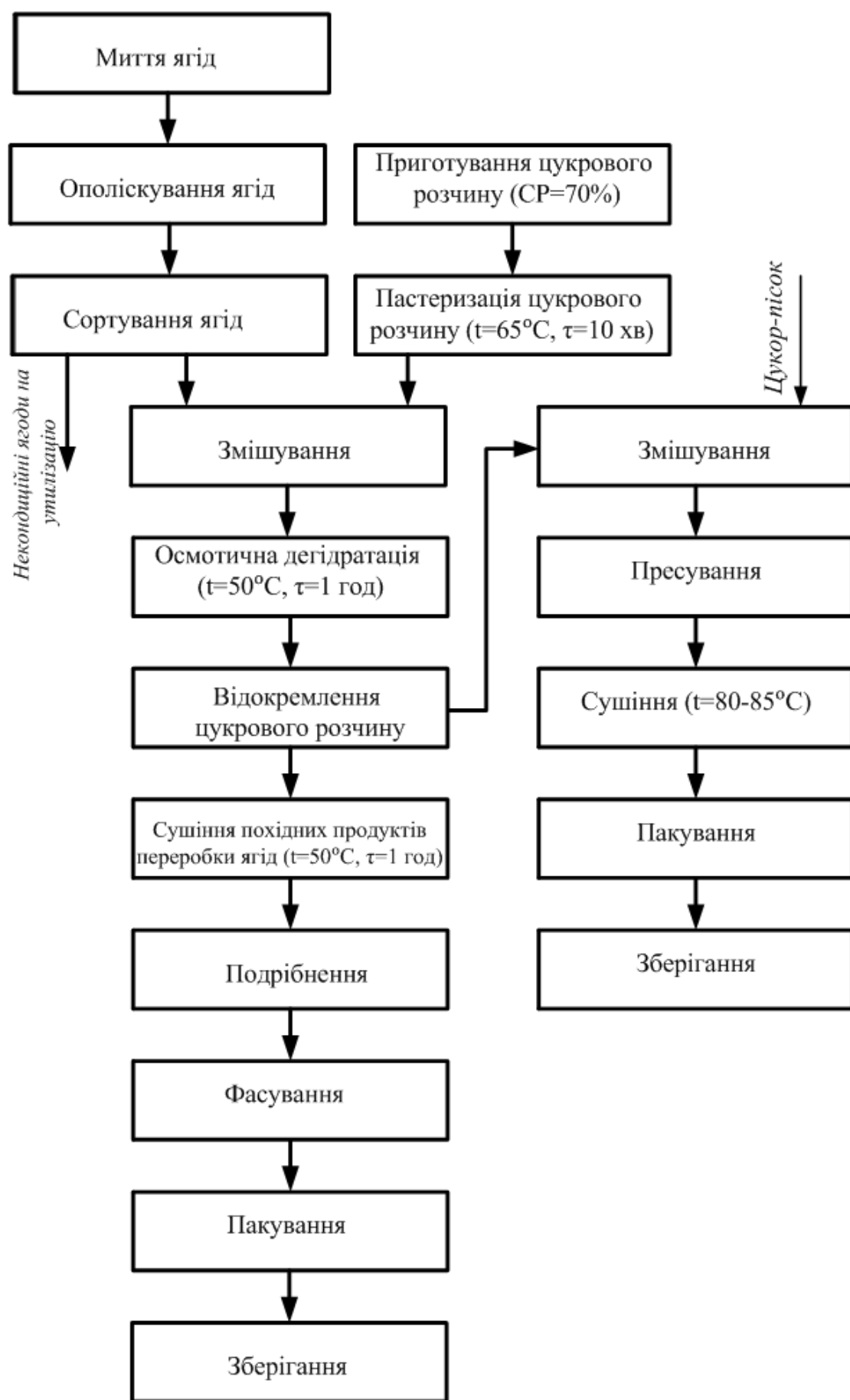


Рис. 7.7 – Технологічна схема виробництва пресованого збагаченого цукру

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. 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 води 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.

Цукор, збагачений похідними продуктами переробки дикорослих ягід *Viburnum opulus*, *Hippophae rhamnoides* L., *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia* представлено на рис.7.8.

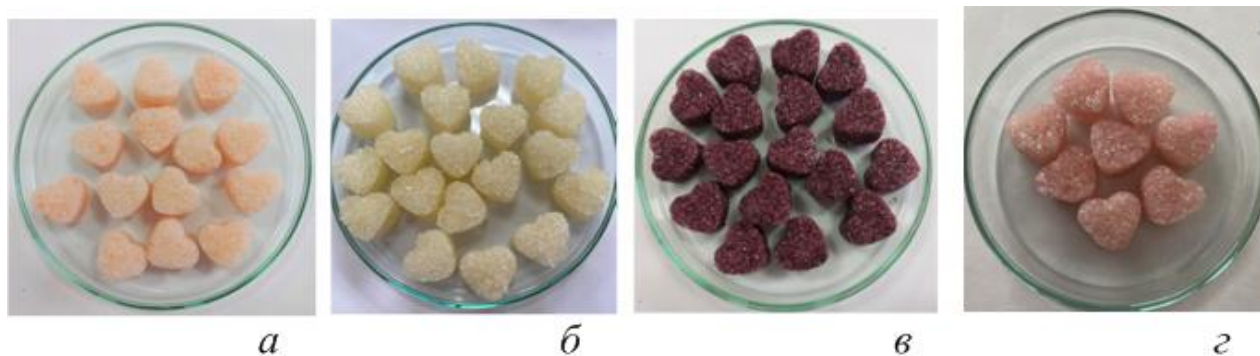


Рис.7.8 – Пресований цукор збагачений похідними продуктами переробки дикорослих ягід: а – *Sorbus aucuparia*; б – *Hippophae rhamnoides* L.; в – *Sambucus nigra*; г – *Viburnum opulus*

Впровадження даної технології у виробництво дозволить забезпечити роботу деякого числа працівників цукрових заводів протягом всього року. Технологія апробована у виробничих умовах (Додаток З, Додаток К)

Апаратурно-технологічна схема переробки дикорослих ягід в умовах цукрового заводу представлена на рис. 7.9.

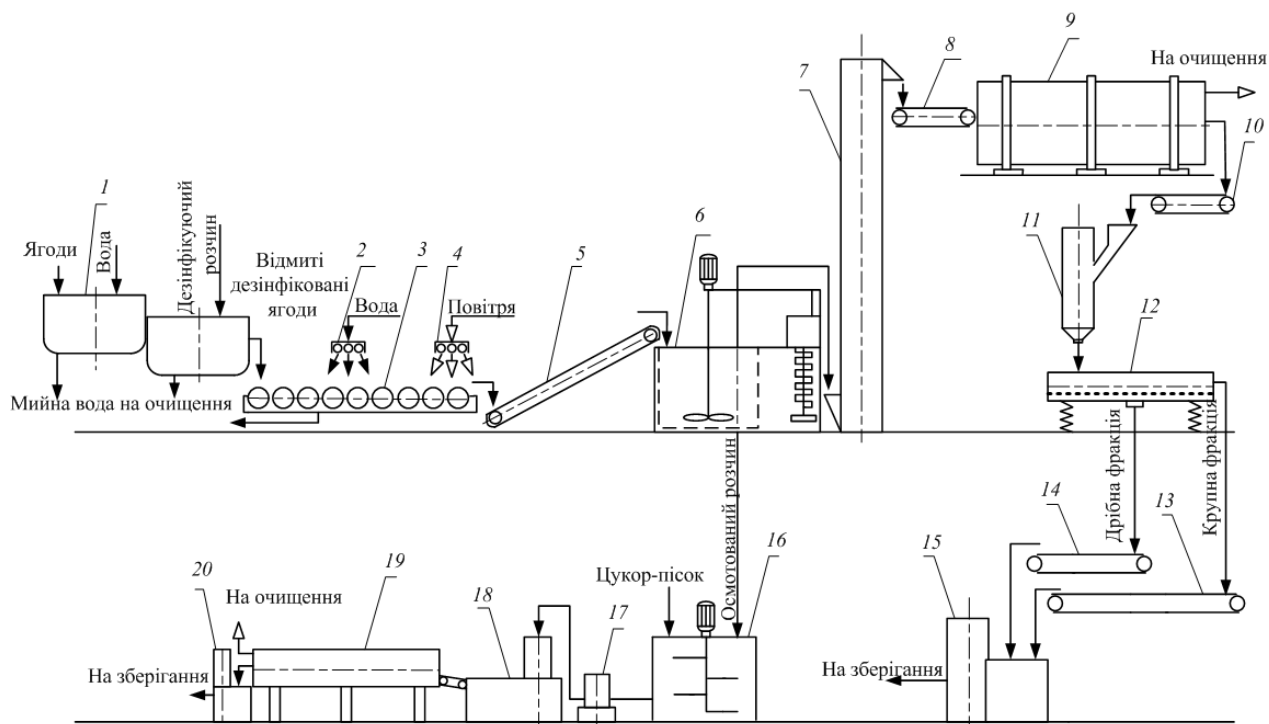


Рис. 7.9 – Апаратурно-технологічна схема переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу

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 направляється на поля фільтрації. Стрічковим транспортером 5 ягоди завантажуються у апарат осмотичної 6 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. Стрічковим транспортером 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 направляється у фасувальну машину 15. Зберігати ягідні порошки можливо у складі для зберігання цукру, оскільки вимоги до зберігання у них однакові.

Осмотичний розчин виводиться із нижньої частини апарату для осмотичної дегідrataції і направляється 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.

Апаратурне забезпечення запропонованої схеми може бути змінено, в разі потреби.

Висновки до розділу 7

1. Харчова промисловість забезпечує життєво важливий зв'язок між промисловістю та сільським господарством і має величезне значення для розвитку країни. Це дослідження визначає прогалини в дослідженні того, як можна досягти кругової біоекономіки за допомогою сталого управління харчовими відходами шляхом порівняння моделей взаємодії виробника сировини та переробного підприємства, застосування принципу безвідходності виробництва. Розроблена технологія комплексної переробки овочів, яка з огляду глобальних ситуації з харчовими відходами та управління ними сприятиме формуванню кругової біоекономіки.

2. Очікується, що майбутній розвиток поводження з харчовими відходами буде заснований на багатофункціональності продуктів, обмеженням і розподілом у

циркулярній системі та компромісом між харчовими відходами та ресурсами. З урахуванням майбутніх технологічних досягнень поводження з харчовими відходами в циркулярній біоекономічній політиці може сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

3. Запропоновані рішення щодо використання похідні продуктів переробки дикорослих ягід можливо застосовувати не лише для виробництва пресованого цукру, а й цукру-піску.

4. Оскільки виробництво цукру є сезонним, переробку дикорослих ягід і виробництво збагаченого цукру доцільно організувати у весняно-літній період. Сезон дозрівання дикорослих ягід – осінь. Але за запропонованою технологією передбачається їх попереднє заморожування. У замороженому стані ягоди можна зберігати декілька місяців, до закінчення переробки цукрових буряків. Впровадження даної технології у виробництво дозволить забезпечити роботу деякого числа працівників 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.

5. Рекомендується використовувати 10% осмотичного розчину до маси кристалічного цукру. Для визначення потреби у ягідній сировині необхідно знати бажану кількість збагаченого цукру. При цьому створювати запас ягід (5 % до цієї кількості), оскільки при дегідратації рекомендується співвідношення цукрового сиропу і ягід – 1:1.

РОЗДІЛ VIII. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

8.1. Розрахунок капітальних витрат на придбання, транспортування та монтаж устаткування технологічної лінії

Виходячи з того, що кожна інновація характеризується, насамперед, результативністю, яка визначається економічним ефектом або ефективністю, метою даного розрахунку є визначення доцільності розробки та впровадження способу переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу за допомогою показників економічної ефективності.

Досить складною і багатогранною є проблема оцінки результатів здійснення інновацій, що пояснюється розмаїттям форм їх прояву, організації, фінансування, управління. При визначенні економічної доцільності проекту його ефективність оцінюється певними кількісними характеристиками – показниками ефективності, які відображають співвідношення витрат і ефекту, а також відповідність результатів вимогам учасників. Оцінку ефективності інвестиційного проекту здійснюють з використанням багатьох критеріїв. Найбільш поширеними формалізованими критеріями оцінки ефективності інвестицій є такі показники: індекс дохідності (рентабельності) інвестицій – ІД, чистий дисконтований дохід – ЧДД, внутрішня норма дохідності (рентабельності) проекту – ВНД, період окупності проекту – Т [370].

Для оцінки науково-технічної розробки вона має бути закінчена, заявлена, запатентована і закріплена за автором (авторами) охоронними документами, а для просування її на ринок вона повинна мати важливе практичне застосування і знайти свого користувача.

Формалізовано витрати на створення наукового продукту та його реалізацію можна виразити у вигляді формули:

$$C_{\text{НП}} = C_p + C_n + C_{zn}, \quad (8.1)$$

де $C_{НП}$ – витрати на створення наукомісткого продукту;

C_p – витрати на розробку НТП;

C_n – витрати на патентування;

C_{zn} – витрати на забезпечення прав на інтелектуальну власність.

$$C_{НП} = 100\,000 + 2\,000 + 20\,000 = 122\,000 \text{ грн}$$

Проведемо розрахунок показників ефективності виробництва ІДД в умовах підготовленої для виробництва бази, коли виробнику не доведеться організовувати нове виробництво, а частина необхідної потужності вже є у наявності.

Таблиця 24

Розрахунок капітальних витрат

Назва устаткування	К-ть, шт	Оптова ціна за 1 шт, тис. грн	Витрати на придбання, тис. грн	Витрати на транспортування (2%), тис. грн	Витрати на монтаж (10%), тис. грн	Первісна вартість, тис. грн
Апарат для осмотичної дегідратації	1	500	500	10	50	560
Камера для шокової заморозки плодів	1	1 000	1 000	20	100	1 120
Мийка барботажна для ягід	1	350	350	7	35	392
Молоткова дробарка	1	1 000	1 000	20	100	1 120
Всього	—	—	2 850	57	285	3192

Отже, капітальні витрати, які необхідні для придбання додаткового обладнання, становлять: $K = 3192$ тис. грн.

8.2. Розрахунок калькуляції собівартості продукції

В міжсезонний період цукровий завод буде займатися виробництвом цукру збагаченого сиропом дикорослих плодів та порошку із вищезазначених дикорослих плодів. Виробництво пресованого збагаченого цукру буде проводитися протягом періоду з січня по серпень місяць, робочий тиждень складе 5 днів з тривалістю однієї зміни – 8 год. Даний період охоплює 150 робочих днів, щоденне виробництво складе 1 тонну, за сезон буде виготовлено 150 тонн даної продукції ($V_{ц}$).

Порошок із дикорослих плодів буде виготовлятися, так як і збагаченого цукру, протягом періоду з січня по серпень, щоденно планується переробка 200 кг ягід і отримання при виході 30% 60 кг порошку із дикорослих плодів.

$$V_{п} = 200 \cdot 30/100 = 60 \text{ кг}$$

Далі визначаємо річний обсяг виробництва порошку із дикорослих плодів ($V_{пр}$).

$$V_{пр} = 60 \cdot 150 = 9000 \text{ кг}$$

Отже, протягом сезону планується отримання 9 тонн даної продукції.

Таблиця 25

Калькуляція собівартості 1 тонни пресованого збагаченого цукру

Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.	Структура витрат, %
Матеріальні витрати	19361,00	52,67
Паливо і енергія на технологічні цілі	4864,00	13,23
Заробітна плата основна виробничих працівників	1248,00	3,40

Закінчення таблиці 25

Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.	Структура витрат, %
Заробітна плата додаткова	624,00	1,70
Відрахування на соціальне страхування	411,84	1,12
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1848,64	5,03
Загальновиробничі витрати	3727,87	10,14
Підготовка та освоєння виробництва	133,00	0,36
Виробнича собівартість	32218,35	87,65
Адміністративні витрати	2593,23	7,05
Витрати на збут	1946,42	5,30
Повна собівартість (СВ _{1тц})	36758,00	100,00

Виходячи з величини повної собівартості (СВ_{1тц}), стає можливим визначення ціни продажу одиниці продукції (ОЦ_{1тц}). При встановленні ціни продажу враховуються наступні фактори: витрати на виробництво та збут продукції, можливість отримання достатнього прибутку [371]. Оптова ціна продажу однієї тонни пресованого збагаченого цукру при рівні рентабельності 20% дорівнює:

$$\text{ОЦ}_{1\text{тц}} = 36758,00 \cdot 1,2 = 44109,60 \text{ грн.}$$

Таблиця 26

Калькуляція собівартості 1 тонни порошків із плодів дикорослих рослин

Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.	Структура витрат, %
Матеріальні витрати	210 316,30	47,00
Паливо і енергія на технологічні цілі	37320,00	8,34
Заробітна плата основна виробничих працівників	49920,00	11,16
Заробітна плата додаткова	24960,00	5,58

Закінчення таблиці 26

Найменування статей калькуляції	Витрати, грн.	Структура витрат, %
Відрахування на соціальне страхування	16473,60	3,68
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	34952,00	7,81
Загальновиробничі витрати	35203,40	7,87
Підготовка та освоєння виробництва	2217,00	0,50
Виробнича собівартість	411362,30	91,94
Адміністративні витрати	20871,90	4,66
Витрати на збут	15199,80	3,40
Повна собівартість (СВ _{1тп})	447434,00	100,00

Оптова ціна продажу однієї тонни ягідних порошків (ОЦ_{1тп}) при рівні рентабельності 20% дорівнює:

$$\text{ОЦ}_{1\text{тп}} = 447434,00 \cdot 1,2 = 536920,80 \text{ грн}$$

Загальна річна сума прибутку за перший рік експлуатації лінії складе:

$$\Pi = (\text{ОЦ}_{1\text{тц}} - \text{СВ}_{1\text{тц}}) \cdot V_{\text{ц}} + (\text{ОЦ}_{1\text{тп}} - \text{СВ}_{1\text{тп}}) \cdot V_{\text{п}} \quad (8.2)$$

$$\Pi = (44109,60 - 36758,00) \cdot 150 + (536920,80 - 447434,00) \cdot 9 = 1908121,20 \text{ грн.}$$

В наступні чотири роки щорічна сума прибутку буде збільшена на 39903,00 грн. за рахунок того, що витрати на підготовку і освоєння нового виробництва передбачені лише протягом першого року виробництва нової продукції.

Вартість патенту на виготовлення певного харчового продукту відповідно до результатів оцінки його корисності становить 2 000 грн. Підприємство планує використовувати цей патент 5 років, після чого планує перейти на виробництво інших видів харчових продуктів. Використовуючи ці дані, визначаємо річну норму амортизації:

$$H_a = 100\% : 5 = 20 \%$$

Отже, річна сума амортизації дорівнюватиме 400 грн.

Вартість нового встановленого обладнання становить 3192000 грн., протягом 5 років, використовуючи прямолінійний метод амортизації, річна сума амортизації становитиме 638 400 грн.

8.3. Розрахунок економічної ефективності переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу

Визнаними в світовій практиці основними показниками, що акумулюють вигоди від упровадження науково-технічних розробок та використовуються для оцінки економічної ефективності проектів, є:

- чистий дисконтований дохід (прибуток);
- індекс дохідності (прибутковості);
- період окупності інвестицій у реалізацію проектів;
- внутрішня норма дохідності (ВНД).

Таблиця 27

Вихідні дані для обчислення економічної ефективності

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
Загальні капітальні вкладення в обладнання	тис. грн.	3192,0
Витрати на НДДКР та виготовлення зразків	тис. грн.	122,0
Витрати на підготовку виробництва	тис. грн.	39,9
Дохід (прибуток від продажу продукції, виготовленої за новою технологією) за весь період реалізації	тис. грн.	9 700,2
Ставка дисконтування		0,25
Термін реалізації інноваційно - інвестиційного проекту	років	7
Ціна 1 тонни продукції:		
– збагачений цукор	грн.	44 109,60

Закінчення таблиці 27

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
– ППДР	грн.	536 920,80
Постійні витрати на виробництво 1 тонни продукції:		
– збагачений цукор	грн.	10 116,16
– ППДР	грн.	106 227,10
Змінні витрати на виробництво 1 тонни продукції:		
– збагачений цукор	грн.	26 508,84
– ППДР	грн.	338 989,90

Грошовий потік – сума прогнозованих або фактичних надходжень від діяльності (використання) об'єкта оцінки [372].

Визначаємо чистий грошовий потік (ЧГП) як суму чистого прибутку та амортизаційних відрахувань основних засобів та нематеріальних активів. Податок на прибуток складає 18%.

$$\text{ЧГП} = 1\,908\,121,20 \cdot (100 - 18) / 100 + 638\,400,00 + 400,00 = 2\,203\,459,38 \text{ грн}$$

Для ілюстрації розрахунків чистого дисконтованого доходу складемо таблицю, що відображує обсяги чистого грошового та кумулятивного потоків, як вихідних даних для розрахунків чистого дисконтованого доходу (ЧДД) за формулою 7.2.

Чистий дисконтований дохід (прибуток) визначається як відношення сумарних чистих грошових потоків до формалізованого виразу його дисконтування, а саме:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+d)^t} \quad (8.3)$$

де ЧДД – чистий дисконтований дохід;

t – роки реалізації інноваційно-інвестиційного проекту;

P_t – чистий грошовий потік у періоді t ;

d – норма дисконтування.

Дисконтування грошових потоків здійснюється відповідно до часу започаткування проекту.

Оскільки ставка дисконтування, як правило, визначається відповідно до рівня банківських позичкових ставок, приймаємо для розрахунків її значення, що дорівнює 0,25.

Тоді, в першому році реалізації проекту чистий дисконтований дохід становитиме:

$$ЧДД_1 = \frac{-3192,0}{(1+0,25)} = -2553,6 \text{ тис. грн}$$

Аналогічно проводимо розрахунки по інших роках і результати обчислень заносимо до таблиці 28.

Таблиця 28

Чистий дисконтований дохід від використання нової технології виробництва продукції за роками її життєвого циклу (тис. грн.)

Показники	Встановлення нового обладнання	Освоєння технологій у виробництві	Використання технологій виготовлення нової продукції					Разом
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
Чистий грошовий потік	- 3192	- 122,0	2203,5	2236,2	2236,2	2236,2	2236,2	
Кумулятивний грошовий потік	- 3192	- 3314	-1110,5	1125,7	3361,9	5598,1	7834,3	
Чистий дисконтований дохід	-2553,6	-78,1	1128,2	915,9	732,8	586,2	469,0	1200,4

У кожному наступному році збільшується ступінь дисконтування. Обчислення ЧДД у цьому разі приводять до даних кожного року реалізації проекту. Підсумувавши визначені дані, одержимо $ЧДД_7 = 1\,200,4$ тис. грн. Коефіцієнт чистого дисконтованого доходу (індекс дохідності) визначається як співвідношення ЧДД та необхідної дисконтованої вартості інвестицій.

Це співвідношення дозволяє одержати дисконтовану норму прибутку і обчислюється за формулою:

$$ID = \frac{ЧДД}{ДВІ} \quad (8.4)$$

де ID – індекс дохідності;

$ЧДД$ – чистий дисконтований дохід;

$ДВІ$ – дисконтована вартість інвестицій (вартість капітальних і одноразових витрат) в інновації.

Індекс дохідності (рентабельності) є співвідношення чистого дисконтованого доходу та одноразових і капітальних витрат на використання нової технології, що визначає дисконтовану норму прибутку. При сумі $ЧДД_7$, рівній 1 200,4 тис. грн., капітальні витрати 3 192 тис. грн., і витратах на НДДКР та виготовлення зразків – 122 тис. грн., а також на підготовку виробництва – 39,9 тис. грн. індекс дохідності становитиме:

$$ID = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{ЧДД_t}{K_t}}{K_t} = \frac{1200,4}{3192,0+122+39,9} = 0,36, \text{ чи } 36 \% \quad (8.5)$$

де K_t – вартість капітальних і одноразових витрат.

Тобто, рентабельність реалізації проекту становитиме 36 відсотків, а проект слід визначити прибутковим.

Період окупності інвестицій в інноваційний проект, становить період, необхідний для повернення їх первісної суми за рахунок накопичених чистих потоків реальних грошей на основі реалізації проекту. Витрати на проект приблизно мають бути окупленими за три роки.

Період окупності інвестицій визначається як термін для відшкодування первісно започаткованих інвестиційних коштів на основі накопичених чистих реальних грошових потоків, зумовлених реалізацією проекту, тобто відношенням суми започаткованих інвестицій до дисконтованих доходів.

$$T = \sum_{t=0}^t \frac{K_t}{ЧДД} \quad (8.6)$$

де T – період окупності інвестицій в інноваційний проект;

t – роки реалізації інноваційно-інвестиційного проекту;

$ЧДД$ – чистий дисконтований дохід;

K_t – вартість капітальних і одноразових витрат.

$$T = \frac{3353,9}{1200,4} = 2,8 \text{ років}$$

де 3 353,9 тис. грн. – сума інвестицій;

1 200,4 тис. грн. – чистий дохід.

Таблиця 29

**Показники економічної ефективності переробки плодів дикорослих рослин
в умовах цукрового заводу**

Чистий дисконтований дохід, тис. грн.	Індекс дохідності (рентабельності)	Період окупності, років
1 200,4	0,36	2,8

Поряд із обчисленими показниками економічної ефективності проекту визначається точка беззбитковості продукції – збагаченого цукру та порошку із плодів дикорослих рослин.

Точка беззбитковості проекту визначається як відношення постійних поточних витрат на виробництво продукції до різниці між ціною та змінними витратами на одиницю продукції.

Стійкість проекту визначається за допомогою точки беззбитковості за формулою:

$$T_b = \frac{ПВ}{Ц_1 - 3B_1} \quad (8.7)$$

де T_b – точка беззбитковості;

$Ц_1$ – ціна одиниці продукту;

$ПВ$ – постійні витрати на виробництво продукції, що виготовлена на основні впровадження результатів НДДКР;

$3B_1$ – змінні витрати на одиницю продукції, що змінюються пропорційно обсягу виробництва.

Проводимо обчислення точки беззбитковості для збагаченого цукру.

У цьому випадку це співвідношення має вигляд:

$$T_{\text{оч}} = \frac{10116,16}{44190,6 - 26508,84} = \frac{10116,16}{17681,76} = 0,57 = 57\%$$

де $T_{\text{оч}}$ – точка беззбитковості;

10 116,16 грн. – постійні витрати на виробництво 1 тонни збагаченого цукру;

26 508,84 грн. – змінні витрати на одиницю продукції;

44 190,60 грн. – ціна 1 тонни збагаченого цукру.

Аналогічно визначаємо точку беззбитковості для порошку із плодів дикорослих рослин.

У цьому випадку це співвідношення має вигляд:

$$T_{\text{оч}} = \frac{106227,1}{536920,80 - 338989,90} = \frac{106227,1}{197930,90} = 0,54 = 54\%$$

де $T_{\text{оч}}$ – точка беззбитковості;

106227,10 грн. – постійні витрати на виробництво 1 тонни ППДР;

1338989,90 грн. – змінні витрати на одиницю продукції;

536920,80 грн. – ціна 1 тонни ППДР.

Точка беззбитковості знаходиться в межах 54–57 відсотків номінального обсягу виробництва, що підтверджує надійність проекту.

Висновки до розділу 8

1. Проєкт є економічно ефективним, що підтверджується наступними показниками: чистий дисконтований дохід –1 200,4 тис. грн; Індекс дохідності (рентабельності) становить 0,36 років; період окупності – 2,8 років.
2. Точка беззбитковості знаходиться в межах 54–57 відсотків номінального обсягу виробництва, що підтверджує надійність проєкту.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав доцільність повторної переробки та застосування похідних продуктів, які утворюються при переробці рослинної сировини. Встановлено, що коренеплідні овочі (буряк, морква, селера, пастернак) та плоди дикорослих рослин (калина, бузина, обліпиха, горобина) мають високу біологічну цінність, є локальною доступною сировиною, яку можна комплексно переробляти. Перспективними процесами, які дозволяють зберегти біологічну цінність рослинної сировини, визначено заморожування та сушіння, за умови зменшення енерговитрат на їх проведення.
2. Розроблено конструкцію та створено експериментальну лабораторну установку для дослідження впливу процесу осмотичної дегідратації, яка має ряд конструктивних переваг, серед яких забезпечення перемішування суміші і підтримання постійної температури процесу, відсутність застійних зон, чітке розділення сировини та осмотичного розчину. Застосування таких апаратів у промислових умовах дозволить інтенсифікувати процес осмотичної дегідратації і підвищити якість продуктів переробки.
3. Запропоновано здійснювати обробку рослинної сировини за допомогою процесу осмотичної дегідратації. Обґрунтовано доцільність застосування осмотичної дегідратації для переробки коренеплідних овочів та плодів дикорослих рослин. Встановлено раціональні параметри процесу: концентрацію цукрового розчину – $70 \pm 2\%$; гідромодуль прийнято в межах 1; температуру осмотичної дегідратації $50 \pm 5^\circ\text{C}$; тривалість процесу при зневодненні коренеплідних овочів – 1,5 год, плодів дикорослих рослин – 1 год; величина частинок коренеплідних овочів для осмотичної дегідратації – $5 \times 5 \times 5$ мм.
4. Досліджено кінетику процесу сушіння плодів дикорослих рослин після часткового зневоднення за допомогою осмотичної дегідратації.

Встановлено, що тривалість сушіння при застосуванні осмотичної дегідратації скорочується до 2 годин.

5. Розрахунок матеріального балансу процесу зневоднення показав, що частка вологи, яка виділяється із коренеплідних овочів при осмотичній дегідратації становить від 43,4 до 44,4%, із плодів дикорослих рослин – від 33,5 до 46,5%. Такі результати свідчать про доцільність застосування осмотичної дегідратації перед сушінням.
6. Шляхом розрахунку енергетичного балансу встановлено, що при застосуванні осмотичної дегідратації для зневоднення коренеплідних овочів загальні енерговитрати знижуються на 1,12 кВт. При зневодненні плодів дикорослих рослин – на 5,75 кВт. Таким чином, застосування осмотичної дегідратації для зневоднення рослинної сировини дозволяє знизити виробничі витрати за рахунок скорочення енерговитрат.
7. Шляхом численних експериментальних досліджень встановлено, що доцільно здійснювати комплексну переробку коренеплідних овочів, в тому числі шкірочку, яка містить мінеральні речовини, клітковину та має прийнятні сенсорні властивості. Доведено ефективність застосування морквяних порошків для збагачення молока. Овочеві цукати за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідають вимогам ДСТУ 6075:2009 і можуть стати гарною добавкою при виробництві багатьох харчових продуктів. Встановлено позитивний вплив бурякових порошків та цукатів на фізико-хімічні, реологічні, мікробіологічні показники якості йогуртів.
8. Запропоновано спосіб комплексної переробки плодів дикорослих рослин. Встановлено амінокислотний, вітамінний склад, вміст мінеральних речовин, цукрів та флаваноїдів у їх похідних продуктах переробки (порошках, цукрових сиропах). Доведено їх біологічну цінність.
9. Проведено моделювання процесу осмотичної дегідратації та отримано рівняння в числах подібності. Отримана модель із високою точністю описує отримані експериментальні дані.

10. Розроблено ряд способів обробки рослинної сировини, які покладено в основу безвідходних технологій: переробки коренеплідних овочів із застосуванням осмотичної дегідратації з утворенням мармеладів, цукатів, сухих сніданків, десертного хліба, харчових барвників; переробки плодів дикорослих рослин із застосуванням осмотичної дегідратації з утворенням збагаченого хліба, макаронних виробів, вермутів, барвників.
11. Запропоновано рекомендації промисловості щодо практичного використання процесу осмотичної дегідратації при переробці рослинної сировини. Розроблена технологія комплексної переробки овочів сприятиме формуванню кругової біоекономіки та зменшенню числа промислових відходів. Застосування запропонованого способу переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу дозволить вирішити проблему сезонності бурякопереробних підприємств, розширити асортимент цукру в Україні, створювати натуральні харчові добавки із локальної органічної дикорослої сировини.
12. Реалізація розробленого способу переробки плодів дикорослих рослин в умовах цукрового заводу є економічно ефективним рішенням. Індекс дохідності при цьому може становити 0,36 років, точка беззбитковості знаходиться в межах 54–57%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Секторальна експортна стратегія 2019–2023 : Харчова і переробна промисловість України. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. file:///C:/Users/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0/Downloads/SKILLS_UKR_06_12_19.pdf. (дата звернення 24.03.2023).
2. Jordan N., Boody G., Broussard W., Glover J. D., Keeney D., McCown B. H., McIsaac G., Muller M., Murray H., Neal J., Pansing C., Turner R. E., Warner K., Wyse D. Sustainable development of the agricultural bio-economy. *Science*. 2007. Vol. 316, Issue 5831. P. 1570–1571. <https://doi.org/10.1126/science.1141700>.
3. Brown L. R. Eco-economy: building an economy for the earth. Bucharest, Romania: New York : W.W. Norton, 2001. 333 p.
4. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. OECD and Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019, Jul, 08) ISBN 978-92-64-31245-6. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en.
5. Grussu D., Stewart D., McDougall G. J. Berry polyphenols inhibit α -amylase in vitro: identifying active components in rowanberry and raspberry. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. 59, 6. P. 2324–2331. <https://doi.org/10.1021/jf1045359>.
6. 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). P. 929–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.065>.
7. Горова А.І., Лисицька С.М., Павличенко А.В., Скворцова Т.В. Біотехнології в екології : навч. посіб. Дніпропетровськ: НГУ, 2012. 184 с.
8. Ракша-Слюсарева О. А., Круль В. О., Слюсарев О. А. Використання вторинних продуктів перероблення ріпаку в харчовій промисловості. *Biotechnologia Acta*. 2014. Vol. 7, № 2. С. 114–117.

9. Гуменюк О. Л., Ксенюк М. П., Зінченко Ю. С., Деркач, Т. Л. Доцільність використання плодів горобини для попередження пліснявіння хліба. *Харчова промисловість*. 2016. №19. С. 66–72.
10. Barba F. J., Soto E. R., Brncic M., Rodriguez, J. M.L. Green Extraction and Valorization of By-Products from Food Processing (1st ed.): CRC Press, 2011. 384 p. <https://doi.org/10.1201/9780429325007>.
11. Khattak K. F., Rahman T. U. Analysis of vegetable's peels as a natural source of vitamins and minerals. *International Food Research Journal*. 2017. 24(1). P. 292–297.
12. Moreno N. J., Esparza I., Bimbela F., Gandía L. M., Ancín-Azpilicueta C. Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2020. 50, 20. P. 2061–2108. DOI: 10.1080/10643389.2019.1694819.
13. Bergesen H. O., Parmann G., Thommessen O. B. Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal (Basel Convention). *Yearb. Int. Coop. Environ. Dev.* 2019. Vol. 1. P. 87–89. <https://doi.org/10.4324/9781315066547-15>.
14. Donner M., Verniquet A., J. Broeze J., Kayser K., De Vries H.. Critical success and risk factors for circular business models valorising agricultural waste and by-products. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. Vol. 165. P. 105236. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105236>.
15. Alabiden T. A. Z., Fiorino G. M., Polo A., Filannino P., Di Cagno R. High-Value Compounds in Fruit, Vegetable and Cereal Byproducts: An Overview of Potential Sustainable Reuse and Exploitation. *Molecules*. 2020. Vol. 25, Issue 13, P. 2987. <https://doi.org/10.3390/molecules25132987>.
16. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучатжи Н. О. Раціональне використання відходів виробництва морквяного соку. *Праці ТДАТУ*. 2016. Вип.12, Т. 4. С. 216-221.

17. Galanakis C. M. Recovery of high components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends Food Sci. Technol.* 2012. 26. P. 68–87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003>.
18. Raak N., Symmank C., Zahn S., Aschemann-Witzel J., Rohm H.. Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste Manag.* 2017. №61. P. 461–472. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.027>.
19. Shafiee-Jood M., Cai X. Reducing Food Loss and Waste to Enhance Food Security and Environmental Sustainability. *Environ. Sci. Technol.* 2016. Vol. 50. P. 8432–8443. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01993>.
20. Горобець О. В., Галіцький В. А. Перспективні напрями утилізації органічних відходів. *Наука. Молодь. Екологія* : зб. матеріалів XII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Житомир, 27 трав. 2016 р.). Житомир : ЖНАЕУ, 2016. С. 97–102.
21. Esparza I., Jim N., Bimbela F., Ancín-Azpilicueta C., Gandía L.M. Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches. *J. Environ. Manag.* 2020. 265. P. 110510. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110510>.
22. Espinosa-Alonso L.G., Valdez-Morales M., Aparicio-Fernandez X., Medina-Godoy S., Guevara-Lara F. Chapter 8 – Vegetables By-Products. *In Food Wastes and By-Products*, 2020. 458 p. <https://doi.org/10.1002/9781119534167.ch8>
23. Coman V., Teleky B.-E., Mitrea L., Martău G. A., Szabo K., Călinoiu L.-F., Vodnar D. C. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in food and nutrition research.* 2020. Vol. 91. P. 157–225. DOI: 10.1016/bs.afnr.2019.07.001.
24. Шалений В.А., Просолович О.Б. Переробка вторинних матеріальних ресурсів як один з напрямів підвищення прибутковості та інвестиційної привабливості харчових підприємств (на прикладі олійножирової промисловості). *Бізнес-навігатор.* 2019. Вип. 6.1–2 (56). С. 26–31.

25. Dávila-Aviña J. E., Zoellner C., Sólis-Soto, Rojas-Verde G., Garcia Amezquita L. E.. Economic and environmental benefits of utilizing plant food by-products. Apple Academic Press: Oakville, Australia, 2018. 29 p.
26. Кужель О. Економічні засади державної регуляторної політики у сфері господарювання: світовий досвід та вітчизняна практика. *Економіст*. 2005. Вип. 7. С. 50–57.
27. Писаренко В. Н., Писаренко П. В. Безотходные технологии при переработке сельскохозяйственной продукции. Полтава : Агроекологія, 2008.
28. Павлюк І. В., Стадницька Н. Є., Новіков В. П., Перспективи вивчення використання промислових відходів фітохімічних виробництв. Науково-технічний прогрес і оптимізація технологічних процесів створення лікарських препаратів : наук.-практ. конф. з міжнар. Участю. (м.Тернопіль, 27–28 вересня 2013). Тернопіль: Укрмедкнига, 2013. С. 143–144.
29. Joglekar S. N., Pathak P. D., Mandavgane S. A., Kulkarni B. D. Process of fruit peel waste biorefinery: a case study of citrus waste biorefinery, its environmental impacts and recommendations. *Environmental science and pollution research international*. 2019. Vol. 26. P. 34713–34722. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04196-0>.
30. Senit J. J., Velasco D., Gomez Manrique A., Sanchez-Barba M., Manuel Toledo J., Santos V. E., Garcia-Ochoa F., Yustos P., Ladero M. Orange peel waste upstream integrated processing to terpenes, phenolics, pectin and monosaccharides: Optimization approaches. *Industrial crops and products*. 2019. Vol. 134. P. 370–381. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.060>.
31. Mohdaly A.A.A., Sarhan M.A., Mahmoud A., Ramadan M. F., Smetanska I. Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 123, №4. P. 1019–1026. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.054>

32. Sahni P. Utilization of fruit and vegetable pomace as functional ingredient in bakery products: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 2018. Vol. 37. P. 202–211. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1369>
33. Curti E., Carini E., Diantom A., Vittadini E. The use of potato fibre to improve bread physico-chemical properties during storage. *Food chemistry*. 2016. Vol. 195. P. 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.092>.
34. Dhingra D, Michael M, Rajput H. Physico-chemical characteristics of dietary fibre from potato peel and its effect on organoleptic characteristics of biscuits. *Journal of Agricultural Engineering*. 2012. Vol. 49, №4. P. 25–32
35. Hrabovska O., Pastukh H., Moiseeva V., Miroshnyk V. Potato pectin: extract methods, physical and chemical properties and structural features. *Ukrainian Food Journal*. 2015. Vol. 4, No. 1. P. 7–13.
36. Bozhko N., Tishchenko V., Pasichnyi V., Svyatnenko R. Effectiveness of natural plant extracts in the technology of combined meat-containing breads. *Ukrainian food journal*. 2019. Vol. 8, № 3. P. 522–532. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-3-9>.
37. Петрова Ж. О. Інноваційні технології виробництва функціональних рослинних порошків. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. Вип. 46, №2. С. 64–69.
38. Ueda J. M., Pedrosa M. C., Heleno S. A., Carrocho M., Ferreira I. C. F. R. Barros L. Food Additives from Fruit and Vegetable By-Products and Bio-Residues: A Comprehensive Review Focused on Sustainability. *Sustainability* 2022. 14. P. 5212. <https://doi.org/10.3390/su14095212/>.
39. Schieber A., Saldana M. D. A. Potato peels: a source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds. *Food*. 2009. 3. P. 23–29. <https://doi.org/10.7939/R33T9DM0H>.
40. Ayala-Zavala J.F., González-Aguilar G., Siddiqui M.W. *Plants Food By-Products: Industrial Relevance for Food Additives and Nutraceuticals*. Apple Academic Press and CRC Press (T & F): New York, USA, 2018. 382 p.

41. Walia M., Rawat K., Bhushan S., Padwad Y.S., Singh B. Fatty acid composition, physicochemical properties, antioxidant, and cytotoxic activity of apple seed oil obtained from apple pomace. *J. Sci. Food Agric.* 2014. 94. P. 929–934.
42. Călinoiu L. F., Mitrea L., Precup G., Bindea M., Rusu B., Dulf F.V., Ștefănescu B. E., Vodnar D. C. Characterization of Grape and Apple Peel Wastes' Bioactive Compounds and Their Increased Bioavailability After Exposure to Thermal Process. *Bull. Univ. Agric. Sci. Veter-Med. Cluj-Napoca. Food Sci. Technol.* 2017. 74. P. 80.
43. Cantatore V., Filannino P., Gambacorta G., De Pasquale I., Pan S., Gobbetti M., Di Cagno R. Lactic Acid Fermentation to Re-cycle Apple By-Products for Wheat Bread Fortification. *Front. Microbiol.* 2019. 10. P. 2574.
44. Marinelli V., Padalino L., Nardiello D., Del Nobile M.A., Conte A. New approach to enrich pasta with polyphenols from grape marc. *Journal of Chemistry.* 2015. P. 1–8. <https://doi.org/10.1155/2015/734578>.
45. Chen Y. W., Hasanulbasori M. A., Chiat P. F., Lee H. V. *Pyrus pyrifolia* fruit peel as sustainable source for spherical and porous network based nanocellulose synthesis via one-pot hydrolysis system. *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. Vol.123. P. 1305–1319.
46. Kolniak-Ostek J. Chemical composition and antioxidant capacity of different anatomical parts of pear (*Pyrus communis* L.). *Food Chem.* 2016. Vol. 203. 491–497.
47. Gulsunoglu Z., Karbancioglu-Guler F., Raes K., Kilic-Akyilmaz M. Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. *Int. J. Food Prop.* 2019. Vol. 22. P.1501–1510.
48. Geetha S., Sandhya D. D., Sowmya L. K. Antimicrobial activity of selected Vegetable peels against Water borne Pathogens. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry.* 2014. Vol. 3(4). P. 937-940.

49. Nour V., Ionica M. E., Trandafir I. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *J. Food Sci. Technol.* 2015. Vol. 52. P. 8260–8267.
50. Ricci A., Bernini V., Maoloni A., Cirlini M., Galaverna G., Neviani E., Lazzi C. Vegetable By-Product Lacto-Fermentation as a New Source of Antimicrobial Compounds. *Microorganisms.* 2019. Vol. 7. P. 607.
51. Rizzello C. G., Nionelli L., Coda R., De Angelis M., Gobbetti M. Effect of sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chem.* 2010. Vol. 119. P. 1079–1089.
52. Karimi R., Azizi M. H., Xu Q., Sahari M. A., Hamidi Z. Naghizadeh-Raeisi, S. Enzymatic removal of starch and protein during the extraction of dietary fiber from barley bran. *J. Cereal Sci.* 2018. Vol. 83. P. 259–265.
53. Faulds C. B., Mandalari G., Lo Curto R., Bisignano G., Waldron K. W. Arabinoxylan and mono- and dimeric ferulic acid release from brewers grain and wheat bran by feruloyl esterases and glycosyl hydrolases from *Humicola insolens*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2004. Vol. 64. P. 644–650.
54. Viuda-Martos M., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J. A. Valuable Compounds Extraction from Cereal Waste and By-Products. Green Extr. Valorization Prod. *Food Process.* 2019. P. 153–186.
55. Pontonio E., Dingeo C., Gobbetti M., Rizzello C. G., Maize Milling By-Products: From Food Wastes to Functional Ingredients Through Lactic Acid Bacteria Fermentation. *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 10. P. 561.
56. Al-Doury M.K.W., Hettiararchchy N. S., Horax R. Rice-Endosperm and Rice-Bran Proteins: A Review. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 2018. Vol. 95(8). P. 943–956. <https://doi.org/10.1002/aocs.12110>.
57. Perez-Ternero C., De Sotomayor M. A., Herrera M. D. Contribution of ferulic acid, γ -oryzanol and tocotrienols to the cardiometabolic protective effects of rice bran. *Journal of Functional Foods.* 2017. Vol. 32. P. 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.014>.

58. Moongngarm A., Daomukda N., Khumpika S. Chemical Compositions, Phytochemicals, and Antioxidant Capacity of Rice Bran, Rice Bran Layer, and Rice Germ. *APCBEE Procedia*. 2012. Vol. 2. P. 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.06.014>.
59. Zullaikah S., Melwita E., Ju Y.-H. Isolation of oryzanol from crude rice bran oil. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, №1. P. 299–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.008>.
60. Prakash J., Ramaswamy H. S. Rice bran proteins: properties and food uses. *C R C Critical Reviews in Food Technology*. 1996. Vol. 36 (6). P. 537–552. <https://doi.org/10.1080/10408399609527738>.
61. Рудакова Т. В. Технологія виробів сиркових для дитячого харчування з використанням продуктів переробки зерна. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. 2. С. 9–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/2313-478x.58/2015.46009>.
62. Sungsopha J., Moongngarm A., Kanesakoo R. Application of Germination and Enzymatic Treatment to Improve the Concentration of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rice Bran. *AJBAS*. 2009. Vol. 3(4). P. 3653–3662.
63. Дудченко В. В., Морозов Р. В., Марущак Г. М., Вожегов С. Г., Дяченко К. С., Чекамова О. І. Диверсифікація виробництва і переробки рису як перспективний напрям формування конкурентоспроможності продукції галузі рисівництва в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2014. № 87. С. 33–39.
64. Івашків Л. Я., Шах А. Є., Бомба М. Я. Використання насіння та олії кунжуту в харчуванні людини. *Проблеми харчування*. 2011. № 3. С. 65–60.
65. Yashaswini P. S., Rao A., Singh S. A. Inhibition of lipoxygenase by sesamol corroborates its potential anti-inflammatory activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017. Vol. 94, Part B. P. 781–787 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.048>.

66. Alyemeni M. N., Basahy A. Y., Sher H. Physico-chemical analysis and mineral composition of some sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. *Journal of Medicinal Plant Research*. 2011. 5(2).
67. Zouari R., Besbes S., Ellouze-Chaabouni S., Ghribi-Aydi D. Cookies from composite wheat-sesame peels flours: Dough quality and effect of *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant addition. *Food chemistry*. 2016. Vol.194. P. 758–769. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.064>.
68. Mudgil D., Barak S., Khatkar B. S. Development of functional yoghurt via soluble fiber fortification utilizing enzymatically hydrolyzed guar gum. *Food Bioscience*. 2016. Vol. 14, 28-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2016.02.003>.
69. Faustino M., Veiga M., Sousa P., Costa E. M., Silva S., Pintado M. Agro-Food Byproducts as a New Source of Natural Food Additives. *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 1056.
70. Пивоваров В. Ф., Пышная О. Н., Гуркина Л. К. Овощи – продукты и сырье для функціонального питания. *Вопросы питания*. 2017. Том 86, № 3. С. 121-127.
71. Henriette M. C. Azeredo Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2009. Vol. 44. P. 2365–2376. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x.
72. Павленкова П. П., Топор Г. А. Дослідження можливості використання забарвлювального концентрату з буряку у виробництві жельованих виробів. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*. 2010. Вип. 38(2). С. 55-59.
73. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Пазюк В. М. Гідротермічна обробка функціональної сировини. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*. 2012. Вип. 41, Т.1. С.13-17.
74. Lasta H. F. B., Lentz L., Rodrigues L. G. G., Mezzomo N., Vitali L., Ferreira S. R. S. Pressurized liquid extraction applied for the recovery of phenolic compounds from beetroot waste. *Biocatal. Agric. Biotechnol*. 2019. Vol. 21. P. 101353. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101353>.

75. Vulić J. J., Čebović T. N., Čanadanović-Bruneta J. M., Četković G. S., Čanadanović V. M., Đilas S. M., Šaponjac V. T. T. In vivo and in vitro antioxidant effects of beetroot pomace extracts. *J. Funct. Foods*. 2014. Vol. 6. P. 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.10.003>.
76. Butnariu M., Butu A. Chemical Composition of Vegetables and their Products. *Handbook of Food Chemistry*. 2014. P. 1–49. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_17-1.
77. Khattak K. F., Rahman T. U. Analysis of vegetable's peels as a natural source of vitamins and minerals. *International Food Research Journal*. 2017. Vol. 24(1). P. 292–297.
78. Downham A., Collins P. Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science & Technology*. 2000. Vol. 35. P. 5–22. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2000.00373.x>.
79. Hamouz K., Lachman J., Pazderů K., Tomášek J., Hejtmánková K., Pivec V. Differences in anthocyanin content and antioxidant activity of potato tubers with different flesh colour. *Plant Soil Environ*. 2011. Vol. 57. P. 478–485. <https://doi.org/10.17221/265/2011-PSE>.
80. Jayesree N., Hang P. K., Priyangaa A., Krishnamurthy N. P., Ramanan R. N., Turki M. S. A., Charis M. G., Ooi C. W. Valorisation of carrot peel waste by water-induced hydrocolloidal complexation for extraction of carotene and pectin. *Chemosphere*. 2021. Vol. 272. P. 129919.
81. Martins N., Roriz C. L., Morales P., Barros L., Ferreira I. C. F. R. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends Food Sci. Technol*. 2016. Vol. 52. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.03.009>.
82. Tang Y., Cai W., Xu B. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. *Food Sci. Hum. Wellness*. 2015. Vol. 4, №3. P. 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.07.003>.

83. Khan M. I., Giridhar P. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. *Phytochemistry*. 2015. Vol. 117. P. 267–295. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.06.008>.
84. Gérard V., Ay, E., Morlet-Savary F., Graff B., Galopin C., Ogren T., Mutilangi W., Lalevée J. Thermal and Photochemical Stability of Anthocyanins from Black Carrot, Grape Juice, and Purple Sweet Potato in Model Beverages in the Presence of Ascorbic Acid. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2019. Vol. 67(19). P. 5647–5660. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01672>.
85. Papoutsis K., Edelenbos M. Postharvest environmentally and human-friendly pre-treatments to minimize carrot waste in the supply chain caused by physiological disorders and fungi. *Trends Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 112. P. 88–98.
86. Khattak K. F., Rahman T. U. Analysis of vegetable's peels as a natural source of vitamins and minerals. *International Food Research Journal*. 2017. Vol. 24(1). P. 292–297.
87. Kumar N., Kumar K. Development of vitamin and dietary fibre enriched carrot pomace and wheat flour based buns. *Journal of Pure and Applied Science & Technology*. 2012. Vol.2, №1. P. 107–115.
88. Sahni P., Shere D. M. Comparative evaluation of physico-chemical and functional properties of apple, carrot and beetroot pomace powders. *International Journal of Food and Fermentation Technology*. 2017. Vol.7, №2. P. 317–323. <https://doi.org/10.5958/2321-5771.2017.00043.6>.
89. Турчин І. М., Войчишин А. В., Гамкало Х. В. Використання кореня селери у виробництві сиркових мас. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2018. Т 29 (68), № 1 (3). С. 79–84.
90. Харчові джерела мінеральних речовин Степанова С. І., Боряк Л. І. Хімія природних сполук: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 30-31 травня 2019 р.). Тернопіль: ТДМУ, 2019. С.60–61.

91. Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese masses. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 2. P. 38–45. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001210>.
92. Aparecida Vieira Queiroz V., da Silva Aguiar A., de Menezes C. B., de Carvalho C. W. P., Paiva C. L., Costa Fonseca, da Conceição R. R. P. A low calorie and nutritive sorghum powdered drink mix: Influence of tannin on the sensorial and functional properties. *J. Cereal Sci.* 2018. Vol. 79. P. 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.001>.
93. Sun-Waterhouse D. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: A review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2011. Vol. 46. P. 899–920. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x>.
94. Hasan M. Ul., Malik A. Ull., Ali S., Imtiaz A., Munir A., Amjad W., Anwar R. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review. *J. Food Process. Preserv.* 2019. Vol. 43. P. 1–15. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14280>.
95. Karam M. C., Petit J., Zimmer D., Baudelaire Djantou E., Scher J. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *J. Food Eng.* 2016. Vol. 188. P. 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>.
96. Nemzer B. V., Kalita D., Yashin A. Y., Yashin Y. I. Bioactive Compounds, Antioxidant Activities, and Health Beneficial Effects of Selected Commercial Berry Fruits: A Review. *Journal of Food Research*. 2020. Vol. 9, No. 5. P. 78–101. doi:10.5539/jfr.v9n5p78.
97. Wei E., Yang R., Zhao H., Wang P., Zhao S., Zhai W. Microwave-assisted extraction releases the antioxidant polysaccharides from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) berries. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 13(123). P. 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.074>.

98. Zheng L., Shi L.-K., Zhao C.-W., Jin Q.-Z., Wang X.-G. Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies. *LWT*. 2017. Vol. 86. P. 507–513.
99. Lalit M., Venkatesh M., Naik S. N., Satya S. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. *Food Research International*. 2011. Vol. 44(7). P. 1718–1727. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.002>.
100. Oomah B. D. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) : production and utilization. NRC Research Press. Ottawa, 2003.
101. Wang H., Gao T., Du Y., Yang H., Wei L., Bi H., Weihua N. Anticancer and immunostimulating activities of a novel homogalacturonan from *Hippophae rhamnoides* L. *Berry. Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 131. P. 288–296 p.
102. Shen Ch., Wang T., Guo F., Sun K., Wang B., Wang J., Zhang Z., Zhang X., Zhao Y., Chen Y. Structural characterization and intestinal protection activity of polysaccharides from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 274. P. 118648.
103. Dhyani D., Maikhuri R. K., Rao K. S., Kumar L., Purohit V. K., Sundriyal M., Saxen K. G. Basic nutritional attributes of *Hippophae rhamnoides* (Seabuckthorn) populations from Uttarakhand Himalaya. *India. Current Science*. 2007. Vol. 92. P. 1148–1152.
104. Mátravölgyi F. G., Furulyás D., Rentsendavaa C., Jócsák I., Papp D., Simon G., Végvári G., Stéger-Máté M.. Analysis of bioactive compounds of three sea buckthorn cultivars (*Hippophaë rhamnoides* L. ‘Askola’, ‘Leikora’, and ‘Orangeveja’) with HPLC and spectrophotometric methods. *Eur. J. Hortic*. 2019. Sci. 84. P. 31–38.
105. He L., Wang C., Shi H., Zhou W., Zhang Q., Chen X.. Combination of steam explosion pretreatment and anaerobic alkalization treatment to improve enzymatic hydrolysis of *Hippophae rhamnoides*. *Bioresource technology*. 2019. Vol. 289. P. 121693.

106. Diaz-Gomez J., Twyman R. M., Zhu C. Biofortification of crops with nutrients: factors affecting utilization and storage. *Current Opinion in Biotechnology*. 2017. Vol. 44. P. 115–123.
107. Yang, B., & Kallio, H. Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries of different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49. P. 1939–1947.
108. Lõugas T., Laos K., Vokk R. Physical parameters of sea buckthorn berries. *Journal of Food Physics*. 2006. Vol. XIX. P. 36–44.
109. Ghendov-Mosanu A., Cristea E., Patras A., Sturza R., Padureanu S., Deseatnicova O., Turculet N., Boestean O., Niculaua M.. Potential Application of *Hippophae Rhamnoides* in Wheat Bread Production. *Molecules*. 2020. Vol. 25(6). P.1272. doi: 10.3390/molecules25061272.
110. Domínguez R., Zhang L., Rocchetti G., Lucini L., Pateiro M., Munekata P. E. S., Lorenzo J. M. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food chemistry*. 2020. Vol. 330. P. 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>.
111. 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. Vol. 1426. P. 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.11.021>.
112. Veberic R., Jakopic J., Stampar F., Schmitzer V. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins, and selected polyphenols. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 114(2). P. 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.080>.
113. Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative. *LWT - Food Science and Technology*. 2016. Vol. 72. P. 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.056>.

114. 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. Vol. 18(B). P. 941–958. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.012>.
115. Kalak T., Dudczak-Hałabuda J., Tachibana Yu., Cierpiszewski R. Effective use of elderberry (*Sambucus nigra*) pomace in biosorption processes of Fe(III) ions. *Chemosphere*. 2020. Vol. 246. P. 125744.
116. Zielińska A., Nowak I. Abundance of active ingredients in sea-buckthorn oil. *Lipids Health Dis*. 2017. Vol. 16. P. 95. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0469-7>.
117. Polka D., Podsędek A., Koziółkiewicz M. Comparison of Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Fruit, Flower and Bark of *Viburnum opulus*. *Plant Foods Hum Nutr*. 2019. Vol. 74. P. 436–442. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00759-1>.
118. 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. Vol. 29 (2). P. 181–188. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0017>.
119. Perova I. B., Zhogova A. A., Cherkashin A. V., Éller K. I., Ramenskaya G. V. Biologically active sunstances from European guelder berry fruits. *Pharm. Chem. J*. 2014. Vol. 48. P. 332–339. doi: 10.1007/s11094-014-1105-8.
120. Cesoniene L., Daubaras R., Venclovienė J., Viškelis P. Biochemical and agro-biological diversity of *Viburnum opulus* genotypes. *Eur. J. Biol*. 2010. Vol. 5. P. 864–871. <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0088-z>.
121. Ozkan G., Ercisli S., Ibrahim H., Gulce S. Diversity on fruits of wild grown European cranberrybush from coruh valley in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*. 2020. Vol. 62. P. 275–279. doi: 10.1007/s10341-020-00489-8.
122. Домарецький В. А., Прибильський В. Л., Михайлов М. Г. Технологія екстрактів, концентратів та напоїв із рослинної сировини : підручник. Вінниця: Нова Книга, 2005. 408 с.

123. Сиза О. І., Савченко О. М., Журок І. М., Дорожинська М. В. Порошок з вичавків ягід калини в технології виробництва пшеничного хліба. *Технічні науки та технології*. 2017. 4(10), 176–188. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-4\(10\)-176-188](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-4(10)-176-188).
124. Турчина Т. Фізико-хімічний склад і структуруюча здатність рослинних матеріалів розпилювального сушіння. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 5. С. 17–19.
125. Jakobeka L., Drenjančević M., Jukić V., Šeruga M., Turalija A., Milić M. (2012). Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. *Scientia Horticulturae*. 2012. Vol. 147. P. 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.006>.
126. Cam M., Hisil Y., Kuscü A. Organic acid, phenolic content and antioxidant capacity of fruit flesh and seed of *Viburnum opulus*. *Chem. Nat. Compd.* 2007. Vol. 43. P. 379–380. doi: 10.1007/s10600-007-0161-7.
127. Korenets Y., Goriainova I., Nykyforov R., Nazarenko I., Simakova O.. Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 2(10 (86)). P. 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98409>.
128. Гуменюк О. Л., Ксенюк М. П., Зінченко Ю. С., Деркач Т.Л. (2016). Доцільність використання плодів горобини для попередження пліснявіння хліба. *Харчова промисловість*. 2016. Вип.19. 66–72.
129. Ćujić N., Trifković K., Bugarski B., Ibrić S. et al. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) extract loaded in alginate and alginate/inulin system. *Ind. Crops Prod.* 2016. Vol. 86. P. 120–131. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.045.
130. Khan S., Fatima I., Kazmi M.H., Malik A., Afza N., Iqbal L., Latif M. Cashmins A and B, potent antioxidant coumarins from *Sorbus cashmiriana*. *Chem. Nat. Compd.* 2015. Vol. 51. P. 626–629.
131. Mrkonjić Z. O., Nađpal J. D., Beara I. N., Sabo V. S. A., Četojević-Simin D. D., Mimica-Dukić N. M., Lesjak M. M. Phenolic profiling and bioactivities

- of fresh fruits and jam of Sorbus species. *J. Serbian Chem. Soc.* 2017. Vol. 82. P. 651–664.
132. Berna E., Kampuse S., Straumite E. The suitability of different rowanberry cultivars for production of fruit marmalade : Proceedings of the Annual 18th International Scientific Conference Research for Rural Development. (Jelgava, Latvia. 16–18 May 2012). Jelgava, Latvia: Latvia University of Agriculture, 2012. P. 109–116.
 133. Song E. K., Park H., Kim H. S. Additive effect of walnut and chokeberry on regulation of antioxidant enzyme gene expression and attenuation of lipid peroxidation in d-galactose-induced aging-mouse model. *Nutr. Res.* 2018. Vol. 70. P. 60–69. doi: 10.1016/j.nutres.2018.09.011.
 134. Termentzi A., Alexiou P., Demopoulos V. J., Kokkalou E. 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. *An International Journal of Pharmaceutical Sciences.* 2008. Vol. 63(9). P. 693–696. <https://doi.org/10.1691/ph.2008.8567>.
 135. Laufenberg G., Kunz B., Nystroem M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology.* 2003. Vol. 87. P. 167–198. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00167-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00167-0).
 136. Dilucia F., Lacivita V., Conte A., Nobile M. A. D. Sustainable Use of Fruit and Vegetable By-Products to Enhance Food Packaging Performance. *Foods.* 2020. Vol. 9. P. 857. <https://doi.org/10.3390/foods9070857>.
 137. Karthikeyan J. S., Desai K. M., Salvi D., Bruins R., Karwe M. V. Effect of temperature abuse on frozen army rations. Part 1: Developing a heat transfer numerical model based on thermo-physical properties of food. *Food Research International.* 2015. Vol. 76 (3). P. 595–604. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.007>.

138. Cold storage method of vegetables in agricultural and sideline products. Declared: Pat. CN105123897 (A), MPK A23B7/04, A23B7/152, A23B7/154, A61L2/18.: 25.08.2015; published: 09.12.2015.
139. Cold storage method for fruit and vegetable. declared: Pat. TW201117726 (A), MPK A23B7/04, B65D81/02. 27.11.2009; published: 01.06.2011.
140. Бейко Л. Консервування овочів холодом. *Продовольча індустрія АПК*. 2016. № 5. С. 18–22.
141. Камінська С., Сімахіна Г., Науменко Н. Зміна вмісту біокомпонентів плодів та ягід при заморожуванні різними способами. *Грааль науки*. 2022. №11. С. 136–140. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.12.2021.025>.
142. Белінська С., Орлова Н., Китаєв О. (2008). Особливості кристалоутворення під час заморожування суниць. *Товари і ринки*. 2008. № 2. С. 74–80.
143. Іванова І. Є. Оцінка сортів черешні української селекції на придатність до заморожування, зберігання та наступної переробки: автореф. дис. канд. с.г. наук. : 05.18.03. Київ., 2005. 21 с.
144. Nowak D, Jakubczyk E. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*. 2020. Vol. 9(10). P.1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>.
145. Іванова Т. Г. Районовані та перспективні сорти кісточкових порід для промислової переробки. *Між. тем. зб. Садівництво*. 2006. №59. С. 23–29.
146. Осокіна Н. М. Формування якості плодів чорної смородини та її збереження в продуктах консервування: автореф. дис. докт. с.-г. наук. 06.01.15. Умань, 2007. 40 с.
147. AL-Quraan NA, Al-Ajlouni ZI, Qawasma NF. Physiological and Biochemical Characterization of the GABA Shunt Pathway in Pea (*Pisum sativum* L.) Seedlings under Drought Stress. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7(6). P. 125. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060125>.

148. Дженеева Э. Л. Подбор сортов земляники для длительного хранения в замороженном виде: дис. канд.с. — х. наук. Киев, 1986.162 с.
149. Шевчук Л. М., Войток Т. І. Придатність ягід нових сортів суниці (FRAGARIA ANANASSA L) до швидкого заморожування. *Між. тем. зб. Садівництво*. 2010. № 63. С.158–163.
150. Самілик М. М. Технологічне та апаратурне забезпечення осмотичної дегідrataції ягід бузини. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Вип. 28, №5. С. 46–53. DOI: 10.24263/2225-2924-2022-28-5-7.
151. Бичков Я. М., Дмитрюк Т. І. Способи отримання сухих порошків з рослинної сировини. *Наукові праці*. 2014. Вип. 46, Т. 1. С. 204-208.
152. 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/>.
153. Caparino O. A., Tang J., Nindo C. I., Sablani S. S., Powers J. R., Fellman J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. *Journal of Food Engineering*. 2012. Vol. 111(1). P. 135–148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>.
154. Qing-guo H., Min Z., Mujumdar A. S., Weihua D., Jincai S. (2006). Effects of Different Drying Methods on the Quality Changes of Granular Edamame. *Drying Technology*. 2006. Vol. 24. P. 1025–1032. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930600776217>.
155. 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.
156. Снєжкін 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>.
157. Mekhilef S., Faramarzi S.Z., Saidur R., Salam Z. The application of solar technologies for sustainable development of agricultural sector. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 18. P. 583–594. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.049>.
158. Vacuum–pressure spray–drying method and vacuum pressure spray–drying device: Pat. US2013126102 (A1), MPK B01D1/14. No. 20130126102; declared: 07.2010; published: 23.05.2013.
159. 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. Vol. 41(2). P. 161–181. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.10.008>.
160. Moschetti R., Haff R. P., Ferri S., Raponi F., Monarca D., PeiShih L., Massantini R. Real–Time Monitoring of Organic Carrot (var. Romance) During Hot–Air Drying Using Near–Infrared Spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. Vol. 10(11). P. 2046–2059. doi:10.1007/s11947-017-1975-3.
161. 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.
162. Крапивницька І. О., Потапов В. О., Гурський П. В., Перцевой Ф. В. Дослідження структуроутворення та змін форми зв'язку вологи в пектинових гелях методом диференціально–сканувальної калориметрії. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. 1/6(73). С. 48–52.
163. Pravin M. Design and Construction of Solar Dryer for Drying Agricultural Products. et al. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. Vol. 04(03). P. 1946–1951.
164. Kumar S, Sagar VR. Influence of packaging materials and storage temperature on quality of osmo-vac dehydrated aonla segments. *Journal of Food Science and Technology*. 2009. Vol. 46. P. 259–262.
165. Kerr W. L., Varner A. Vacuum Belt Dehydration of Chopped Beetroot (*Beta vulgaris*) and Optimization of Powder Production Based on Physical and

- Chemical Properties. *Food Bioprocess Technol.* 2019. Vol. 12. P. 2036–2049 (2019) <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02351-6>.
166. Lourenço do Carmo E., Ribeiro Teodoro R. A., Campelo Félix P. H., de Barros Fernandes R. V., de Oliveira É. R., Abreu Veiga T. R. L., Borges S. V., Botrel D. A. Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins. *Food Chemistry.* 2018. Vol. 249. P. 51–59 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.076>.
 167. Janiszewska E. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology.* 2014. Vol. 264. P. 190–196. doi: 10.1016/j.powtec.2014.05.032.
 168. Antigo J. L. D., de Cássia Bergamasco R., Madrona G. S. Effect of pH on the stability of red beet extract (*Beta vulgaris* L.) microcapsules produced by spray drying or freeze drying. *Food Sci. Technol.* 2018. Vol. 38(1). P. 72–77. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.34316>.
 169. Dalmau M. E., Eim V., Rosselló C., Cárcel J. A., Simal S.. Effects of convective drying and freeze drying on the release of bioactive compounds from beetroot during in vitro gastric digestion. *Food Funct.* 2019. Vol. 10(6). P. 3209–3223. doi: 10.1039/c8fo02421a.
 170. Ling Nga M., Sulaiman R. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. *LWT – Food Science and Technology.* 2018. Vol. 88. P. 80–86 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.032>
 171. Kerr W. L., Varner A. Chemical and physical properties of vacuum-dried red beetroot (*Beta vulgaris*) powders compared to other drying methods. *Drying Technology.* 2019. P.1165–1174. DOI: 10.1080/07373937.2019.1619573
 172. Musielak G., Kieca A.. Influence of Varying Microwave Power during Microwave–Vacuum Drying on the Drying Time and Quality of Beetroot and Carrot Slices, *Drying Technology. International Journal.* 2014. Vol. 32:11. P. 1326–1333, DOI: 10.1080/07373937.2014.924135.

173. Singh B, Hathan B.S. Process optimization of spray drying of beetroot Juice. *J Food Sci Technol*. 2017. Vol. 54(8). P. 2241–2250. doi: 10.1007/s13197-017-2659-8.
174. Снєжкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Нові харчові продукти в екології харчування. *Зб. матеріалів*. 2009. С. 75–76.
175. Cano-Higuaita D. M., Malacrida C. R., Telis V. R. N. Stability of curcumin microencapsulated by spray and freeze drying in binary and ternary matrices of maltodextrin, Arabic gum and modified starch. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015. Vol. 39(6). P. 2049-2060. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.12448>.
176. Шутюк В. В. Дослідження тепломасообмінних процесів отримання розчинного порошку з топінамбура : дис. кандидата техн. наук : 05.18.12. Київ, 1998.196 с.
177. Шапар Р. О. Інтенсифікація процесів сушіння рослинних пектиновмісних матеріалів : дис.кандидата техн. наук : 05.14.06. Київ, 2004. 178 с.
178. Турчина Т. Я. Інтенсифікація тепловологопереносу при розпилювальному сушінні термопластичних матеріалів з рослинної сировини : дис. кандидата техн. наук : 05.14.06. Київ, 2011.192 с.
179. Петрова Ж. О. Розробка технологій одержання каротиновмісних продуктів : дис. кандидата техн.наук : 05.18.12. Київ, 2004. 178 с.
180. Fernandes F. A., Gallão M. I., Rodrigues S., Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration. *LWT-Food Science and Technology*. 2008. Vol. 41, no. 4. P. 604–610. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.007>.
181. Chavan U. D., Amarowicz R. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Research*. 2012. Vol. 1, No. 2 : <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202>.
182. Самілик М. М., Цьомка Н. В. Безвідходні технології, як спосіб управління промисловими відходами. Збірка тез доповідей IV

- спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму. м. Запоріжжя, 15–17 Жовт. 2020. С.478–481.
183. Samilyk M., Helikh A., Ryzhkova T., Bolgova N., Nazarenko Y. Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2, No 11(104). P. 46–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527>.
184. 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. Вип. 30(69), №3. С. 97–102. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/18>.
185. Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 3. P.38–45. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001210.
186. ДСТУ 8004:2015. Концентрати харчові. Методи визначання вологи. [від 22 червня 2015 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 15 с.
187. ДСТУ 3662:2018. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. [від 01 січня 2019 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 11 с.
188. Rebane R., Oldekop M. L., Herodes K. Comparison of amino acid derivatization reagents for LC–ESI-MS analysis. Introducing a novel phosphazene-based derivatization reagent. *Journal of Chromatography*. 2012. Vol. 904. P. 99–106.
189. ДСТУ ISO 7954:2006. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови з підрахунку дріжджів і мікроскопічних грибів. Техніка підрахування колоній, культивованих за температури 25 °С (ISO 7954:1997, IDT). [від 01 жовтня 2007 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2006. 18 с.

190. ДСТУ ISO 11869:2007 Йогурт. Визначення титрової кислотності потенціометричним методом (ISO 11869:1997, IDT) [від 01 січня 2009 р]. Вид. офіц. Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2007. 13 с.
191. ДСТУ 4954:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів. [від 01 січня 2009 р]. Вид. офіц. Київ : ДНДПІ «Консервпромкомплекс», 2008. 20 с.
192. Подковко О. А., Рашевська Т. О. Дослідження технологічно-функціональних характеристик порошків із червоного столового буряка для застосування у складі масляної пасти. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 2 (90). С. 62-66.
193. ДСТУ ISO 5498:2004 Продукти харчові сільськогосподарські. Загальний метод визначення вмісту сирої клітковини (ISO 5498:1981, IDT). [від 01 травня 2006 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2005. 14 с.
194. Yadav A. K., Singh S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol*. 2014. Vol. 51 (9). P. 1654–1673.
195. 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.
196. Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 2012. Vol. 22(2). P. 71–85.
197. Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. *Food Process Technol*. 2011. Vol. 2. P. 1–6.
198. Hasanuzzaman M., Kamruzzaman M., Islam M., Khanom S., Rahman M., Lisa L., Paul D. A Study on Tomato Candy Prepared by Dehydration Technique Using Different Sugar Solutions. *Food and Nutrition Sciences*. 2014. Vol. 5. P. 1261-1271. doi: 10.4236/fns.2014.513137.
199. Yadav A. K., Singh S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Technol*. 2014. Vol. 51 (9). P. 1654–1673.

200. Azoubel P. M., Murr F. E. X., Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*. 2004. Vol. 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).
201. 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., Behnillian D. Osmotic dehydration and vacuum impregnation. *Technomic Publishing Company*. USA, 2001. 336 p.
202. Rahman M. S. A Review of “Handbook of Food Preservation”. *Journal of Agricultural & Food Information*. 2009. Vol. 10. P.156–157 <https://doi.org/10.1080/10496500902813376>.
203. Beristain C. I., Azuara E., Cortés R., Garcia H. S.. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *Food Sci Technol*. 1990. Vol. 25(5). P. 576–582. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01117>.
204. Khin M. M., Zhou W., Perera C. A study of mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*. 2006. Vol. 77. P. 84–95.
205. Collignan A. Raoult-Wack A. L., Themelin A. Energy study of food processing by osmotic dehydration and air drying. *International Agricultural Engineering Journal*. 1992. Vol. 1(3). P. 125–135.
206. Corrêa J. L. G., Pereira L. M., Vieira G. S., Hubinger M. D. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. *Journal of Food Engineering*. 2010. Vol. 96, Issue 4. P. 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.032>.
207. 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. Vol. 30. P. 750–759.
208. Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin. *International Food Research Journal*. 2017. Vol. 24(5). P. 1903–1909.

209. da Conceição S. M. A., da Silva Z. E., Mariani V. C., Darche S. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry. *LWT – Food Science and Technology*. 2012. Vol. 45. P. 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.032>.
210. Corzo O., Gomez E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. *J Food Eng*. 2004. Vol. 20. 64. P. 213–219. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.575>.
211. Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum* L.): effect of freezing pre-treatment. *Food Process Eng*. 2012. Vol. 35. P. 335–354. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x>.
212. 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. Vol. 5(4). P. 249–260.
213. 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. Vol. 16(3). P. 214–222.
214. 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. Vol. 34. P. 29–43.
215. 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. Vol. 58(1). P. 34–40.
216. Phisut N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*. 2012. Vol. 19(1). P. 7–18.
217. Tortoe Ch. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*. 2010. Vol. 4(6). P. 303–324.
218. Pattanapa K., Therdthai N., Chantrapornchai W., Zhou W. Effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai- Namphaung). *International Journal*

- of *Food Science and Technology*. 2010. Vol. 45. P. 1918–1924.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02353.x>.
219. 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. Vol. 80, no. 3. P. 979–985.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.033>.
 220. 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. Vol. 79, no. 2. P. 471–480.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.074>.
 221. Khoyi MR., Hesari J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Food Eng.* 2007. Vol. 78. P. 1355–1360. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.0.
 222. Akbarian M, Ghasemkhani N, Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 4(1). P. 42–57.
 223. Garcia-Toledo J. A., Ruiz-López I. I., Martínez-Sánchez C. E., Rodríguez-Miranda J., Carmona-García R. Effect of osmotic dehydration on the physical and chemical properties of Mexican ginger. *Journal of Food*. 2016. Vol. 14(1). P. 27–34. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1039068>.
 224. Tortoe Ch. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*. 2010. Vol. 4(6). P. 303–324.
 225. 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. Vol. 17, no. 1. P. 123–130.
 226. 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/>.

227. 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. Vol. 72. P. 85–91.
228. 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. Vol. 36, no. 1. P. 53–59. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00426.x/>.
229. Rastogi NK., Raghavarao K. S. M. S., Niranjana K., Knorr D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*. 2002. Vol. 13. P. 48–59. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00032-8).
230. Самілик М. М. Фізичне обґрунтування параметрів осмотичної дегідратації як способу обробки коренеплідних овочів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2022. Вип. 4, №46. С. 55–59. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.4.8>.
231. Samilyk M., Bolgova N., Tsyruyk R., Ryzhkova T. Prospects for processing and use of root vegetable waste in food production. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, No 4. P. 60–68. [https:// 10.15673/fst.v15i4.2253](https://10.15673/fst.v15i4.2253).
232. Подковко О. А., Рашевська Т. О. Дослідження технологічно-функціональних характеристик порошків із червоного столового буряка для застосування у складі масляної пасты. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. № 2 (90). С. 62-66.
233. Вашека О. М., Рашевська Т. О. Мікроструктура водних розчинів порошків моркви, отриманих за різними технологіями сушіння. *Молочна промисловість*. 2007. №2(37). С. 45-50.
234. Andersson J., Garrido-Bañuelos G., Bergdoll M., Vilaplana F., Menzel C., Mihnea M., Lopez-Sanchez P. Comparison of steaming and boiling of root vegetables for enhancing carbohydrate content and sensory profile. *Journal of*

- Food Engineering*. 2021. Vol. 312. P. 110754.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110754>.
235. Aune D., Chan D. S, Greenwood D. C, Vieira A. R, Rosenblatt D. A, Vieira R. Dietary fiber and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Ann Oncol*. 2012. Vol. 6. P. 1394402.
 236. Wisker E., Feldheim W., Pomeranz Y., Meuser F. Dietary fiber in cereals. In: Pomeranz Y, editor. *Advances in cereal science and technology*. Saint Paul, MN: American Association of Cereal Chemist. 1985. P. 169238.
 237. Gibson G. R. Fiber and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clin Nutr Suppl*. 2004. Vol. 1. P. 2531.
 238. Wollowski I., Rechkemmer G., Pool-Zobel B.L. Protective role of probiotics and prebiotics in colon cancer. *Am J Clin Nutr*. 2001. Vol. 73. P. 4515.
 239. Butnariu M., Butu A. Chemical Composition of Vegetables and their Products. *Handbook of Food Chemistry*. 2014. P. 1–49.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_17-1.
 240. Khattak K. F., Rahman, T. U. Analysis of vegetable's peels as a natural source of vitamins and minerals. *International Food Research Journal*. 2017. Vol. 24(1). P. 292–297.
 241. Shuaibu B. S., Aremu M. O., Kalifa U. J. Chemical Composition and Antioxidant Activities of Beetroot Peel. *African Journal of Engineering and Environment Research*. 2021. Vol. 2(1). P 62–73.
 242. Prasad B. K., Haq R.-Ul., Bansal V., Siddiqui M. W., Ilahy R. Carrot: Secondary Metabolites and Their Prospective Health Benefits. *Plant Secondary Metabolites*. 2016. Vol. 2. P. 108–194. <https://doi.org/10.1201/9781315366319-5>.
 243. Dolmatova I. A., Zaitseva T. N., Zyablitseva M. A., Ryabova V. F. Investigation of the properties of vegetable raw materials and candied vegetables used in the yogurt production. *Bulletin of the South Ural State University. Series Food and Biotechnology*. 2016. Vol. 4 (2). P. 77–85. doi: <https://doi.org/10.14529/food160210>.

244. Abdi S., Roein Z., Erfanimoghadam J., Aziznia S. Effect of pectin edible coating enriched with essential oils of citrus on strawberry quality during refrigerated storage and shelf life. *Journal of Crop Production and Processing*. 2017. Vol. 7 (1), 43–54. doi: <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.7.1.43>.
245. Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Potapov V., Sabadash S. The application of osmotic dehydration in the technology of producing candied root vegetables. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3, No 11 (105). P. 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.204664>.
246. ДСТУ 6075:2009 Цукати. Технічні умови. [від 01 жовтня 2009 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009 р.
247. Samilyk M., Tsyrylyk R., Bolgova N., Vechorka V., Ryzhkova T., Severin R., Lysenko H., Heida I. Devising a technique for improving the biological value of A2 milk by adding carrot powder. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 44–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266924>.
248. Haminiuk C. W. I., Sierakowski M.-R., Izidoro D. R., Maciel G. M., Scheer A. de P., Masson M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2009. Vol. 29 (1), 225–231. doi: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612009000100035>.
249. ДСТУ 8498:2015 Порошки фруктові для дитячого харчування. Технічні умови. [від 01 липня 2017 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.
250. ДСТУ 8057:2015 Консерви. Добавки фруктові та овочеві для збагачення продуктів дитячого харчування. Технічні умови. [від 01 січня 2017 р]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 22 с.
251. Samilyk M., Korniienko D., Demidova E., Tymoshenko A., Bolgova N., Yeskova O. Substantiation of the efficiency of the method for processing viburnum by the method of osmotic dehydration. *EUREKA: Life Sciences*. 2022. Vol. 6. P. 60–68. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002693>.

252. Cruzat VF, Krause M, Newsholme P. Amino acid supplementation and impact on immune function in the context of exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014. Vol. 11(1). P. 61. doi: 10.1186/s12970-014-0061-8.
253. Barak T. H., Celep E., İnan Y., Yesilada E. Influence of in vitro human digestion on the bioavailability of phenolic content and antioxidant activity of *Viburnum opulus* L. (European cranberry) fruit extracts. *Industrial Crops and Products.* 2019. Vol. 131. P. 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.037>.
254. Kaushal M., Sharma P. C. Nutritional and antimicrobial property of seabuckthorn (*Hippophae* sp.) seed oil. *J Sci Indust Res.* 2011. Vol. 70. P. 1033–1036.
255. Krejcarová J., Straková E., Suchý P., Herzig I., Karásková K. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International.* 2020. Vol. 133. P. 109170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
256. Pang X., Zhao J., Zhang W., Zhuang X., Wang J., Xu R., Xu Z., Qu W. Antihypertensive effect of total flavones extracted from seed residues of *Hippophae rhamnoides* L. in sucrose-fed rats. *J Ethnopharmacol.* 2008. Vol. 117. P. 325–331.
257. Chen A., Feng X., Dorjsuren B., Chimedtseren C., Damda T-A., Zhang C. Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review. *Journal of Future Foods.* 2023. Vol. 3, Issue 3. P. 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.001>.
258. Kintsurashvili K. M., Hvedelidze V. G., Melkadze R. G. Fiziko-himicheskie pokazateli i aminokislotnyiy sostav soka iz yagod buzinyi travyanistoy (*Sambucus edulus* L.). *Himiya rastitelnogo syirya.* 2008. Vol. 3. P. 93–95.
259. Burak L. C. The use of elder marc in the food industry. *New Technologies.* 2020. Vol. 16(5). P. 20–27. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-16-5-20-27>.

260. Samilyk M., Demidova E., Bolgova N., Kapitonenko A., Cherniavska T. Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products. «EUREKA: Life Sciences». 2022. Vol. 2. P.28–35. DOI: 10.21303/2504-5695.2022.002410..
261. Gill P. E., Murray W., Wright M.H.. Practical Optimization. – Academic Press: London, 1981. 515p.
262. Федоров В.Г. Теплофізичні характеристики продуктів і матеріалів АПК. Довідник / В.Г.Федоров , О.М.Скарбовійчук, О.І.Кепко, П.О.Кравчук – Умань.: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2014. – 352 с.
263. Будаk В. Д., Жук Я. О. Розмірність, подібність, автoмoдельність. – Миколаїв: Іліон, 2014, 183с.
264. Про затвердження норм та Порядку організації харчування у закладах освіти та дитячих закладах оздоровлення та відпочинку : Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2021 р. №305 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/305-2021-%D0%BF#Text>. (дата звернення: 23.11.2021).
265. Wo'zniak D., Cichy W., Dobrzy 'nska M., Przysławski J., Drzymała-Czyz S. Reasonableness of Enriching Cow's Milk with Vitamins and Minerals. Foods. 2022. Vol. 11. P. 1079. <https://doi.org/10.3390/foods11081079>.
266. Eichler K., Wieser S., Rüthemann I., Brügger U. Effects of micronutrient fortified milk and cereal food for infants and children: a systematic review. BMC Public Health. 2012. Vol. 12. P. 506. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-506>.
267. Nagarajappa V., Battula S. N. Effect of fortification of milk with omega-3 fatty acids, phytosterols and soluble fibre on the sensory, physicochemical and microbiological properties of milk. *Journal of the science of food and agriculture*. 2017. Vol. 97(12). P. 4160–4168. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8286>.
268. Weker H., Barańska M., Riahi A., Strucińska M., Więch M., Rowicka G., Dyląg H., Klemarczyk W., Bzikowska A., Socha P. Nutrition of infants and

- young children in Poland - Pitnuts 2016. *Developmental period medicine*. 2017. Vol. 21(1). P. 13–28. <https://doi.org/10.34763/devperiodmed.20172101.1328>.
269. Rao A. V., Rao L. G. Carotenoids and human health, *Pharmacological Research*. 2007. Vol. 55(3). P. 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012>.
270. Ладика Л. М., Машкін М. І., Могутова В. Ф., Богомолів О. В., Денисенко С. А. Розробка технології пастеризованого молока з додаванням ваніліну і β – каротину. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2016. Вип. 179. С. 90–100.
271. Pavlyuk R., Pogarska V., Radchenko L., Tauber R. D., Timofeyeva N. Deep Processing of Carotene-Containing Vegetables and Obtaining Nanofood With the Use of Equipment of New Generation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4, 11(82). P. 36–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76232>.
272. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Пазюк В. М. Гідротермічна обробка функціональної сировини. *Наукові праці*. 2012. Вип. 41(1). С. 13–17.
273. Авершина А. С., Дідух Н. А. Обґрунтування параметрів ферментації молочної основи у біотехнології напою кисломолочного для дитячого харчування "Біолакт". *Харчова наука і технологія*. 2012. Вип. 2. С. 32–36.
274. Combet E, Buckton C. Micronutrient deficiencies, vitamin pills and nutritional supplements. *Medicine*. 2019. Vol. 47(3). P. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.mpmmed.2018.12.004>.
275. Lalit M. Bal, Venkatesh Meda S. N. Naik, Santosh Satya. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals. *Food Research International*. 2011. Vol. 44(7). P. 1718–1727. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.002>.
276. Самілик М. М., Цирулик Р. В. Використання морквяних порошків для збагачення молока мінеральними елементами. *Науковий вісник*

Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки».
2022. Вип. 1. С. 23–29. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2021-1-4..>

277. Сливка Н. Б., Білик О. Я., Михайлицька О. Р., Наговська В. О. Удосконалення технології сиркових виробів з цукатами з гарбуза. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2019. №92 (2). doi: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9209>.
278. Спосіб приготування цукатів із картоплі: пат. на кор. мод. 103612 Україна: МПК A23L 1/064 № u201505692; заявл. 09.06.2015 ; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 4.
279. Спосіб виробництва цукатів з топінамбура: пат. на кор. мод. 83283 Україна: МПК A23L 1/06 № u201305222. заявл. 23.04.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 4.
280. Спосіб виробництва цукатів з гарбуза та моркви: пат. на кор. мод. 57419 Україна: A23L 1/06 № u2002107839. заявл. 03.10.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6.
281. Спосіб приготування овочевих цукатів з коренеплоду: пат. на кор. мод. 108602 Україна: МПК (2016.01) A23L 2/39 № u201600377. заявл. 18.01.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14.
282. Curi P. N., Nogueira P. V., de Almeida A. B., Carvalho C. dos S., Pio R., Pasqual M., de Souza V. R.. Processing potential of jellies from subtropical loquat cultivars. *Food Science and Technology. Campinas*. 2017. Vol. 31, №1. P. 70–75. doi:<https://doi.org/10.1590/1678-457x.07216>.
283. Kapoor S., Ranote P. S. Antioxidant components and physico-chemical characteristics of jamun powder supplemented pear juice. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53, №5. P.2307–2316. doi: [10.1007/s13197-016-2196-x](https://doi.org/10.1007/s13197-016-2196-x).
284. 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. Vol. 8(2). P. 129–133. doi: 10.3923/pjn.2009.129.133.
285. Samilyk M., Lukash S., Bolgova N., Helikh A., Maslak N., Maslak O. Advances in food processing based on sustainable bioeconomy. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol. 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).
286. Дубіна А. А., Пенкіна Н. М., Черевична Н. І., Ольховська В. С. Характеристика пігментного комплексу столового буряку та закономірності змін його кольору. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. 4/10 (64). С. 43–47.
287. Пересічна С. Поживна цінність борошняних кондитерських виробів з лецитином соєвим. *Товари і ринки*. 2008. № 1. С. 91–96.
288. Магеррамов М. Роль плодовоовощних соков при обогащении кондитерских изделий функционального назначения. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2008. № 1. С. 35–37.
289. Самілик М. М. Розроблення безвідходної технології одержання натуральних барвників із рослинної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2022. Вип. 1. С. 49–54.
290. 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.
291. Samilyk M., Helikh A., Bolgova N., Ryzhkova T., Sirenko I., Fesyun O. Substantiation of the choice of fillers for cottage cheese mass. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. Vol. 3. P.38–45.
292. 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.

293. Tsykhanovska I, Yevlash V, Trishch R, Lazarieva T, Alexandrov A. Application of the food additive «Magnetofood» in the technology of moulded marmelade jelly sweets. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, Issue 1. P. 136–146 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.1971>.
294. 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.
295. Артамонова М. В., Лисюк Г. М., Туз Н. Ф. Технологія мармеладу желейного з використанням кріас-порошків рослинного походження: монографія. Харк. держ.ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2015. 134 с.
296. Ferreira S. S., Silva A. M., Nunes F. M. Sambucus nigra L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities. *Food Reviews International*. 2020. Vol. 38, Issue 6. P. 1237-1265. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1788578>.
297. Kraujalytė V., Venskutonis P. R., Pukalskas A., Česonienė L., Daubaras R. Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chem*. 2013. Vol. 141(4). P. 3695–702. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.054>.
298. Rop O., Reznicek V., Valsikova M., Jurikova T., Mlcek J., Kramarova D. Antioxidant properties of Guelder rose (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules*. 2010. Vol. 15(6). P. 4467–4477. <https://doi.org/10.3390/molecules15064467>.
299. Rutkowska M., Kolodziejczyk-Czepas J., Owczarek A., Zakrzewska A., Magiera A., Olszewska M. A. 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. *Food Research International*. 2021 Vol. 147. P. 110526. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110526>.

300. Hasbal G., Yilmaz Ozden T, Can A. In vitro Antidiabetic Activities of Two Sorbus Species. *Eur J Biol*. 2017. Vol. 76(2). P. 57–60.
301. Olszewska M. A, Michel P. Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three Sorbus species in relation to their polyphenolic composition. *Nat Prod Res*. 2009. Vol. 23(16). P. 1507–21.
302. Grussu D., Stewart D., McDougall G. J. Berry polyphenols inhibit α -amylase in vitro: identifying active components in rowanberry and raspberry. *Agr Food Chem*. 2011. Vol. 59(6). 2324–31.
303. Boath A. S, Stewart D., McDougall G. J. Berry components inhibit α -glucosidase in vitro: Synergies between acarbose and polyphenols from black currant and rowanberry. *Food Chem*. 2012. Vol. 135(3). 929–36.
304. Osipova G. A., Berezina N. A., Seregina T. V., Hmeleva E. V., Nikitin I. A., Zavalishin I. V. Research of Effect of Protein-Containing Additives on Pasta Quality and Biological Value. Advances in Engineering Research. International scientific and practical conference "AgroSMART - Smart solutions for agriculture" (AgroSMART 2018). 2018. P. 262–268. <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.51>.
305. Simonato B., Trevisan S., Tolvea R., Favatia F., Pasinib G. Pasta fortification with olive pomace: Effects on the technological characteristics and nutritional properties. *LWT*. 2019. Vol. 114. P. 108368. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108368>.
306. Dalla Costa P. A., Thys R. C. S., De Oliveira Rios A., Hickmann Flôres S. Carrot flour from minimally processed residue as substitute of β -carotene commercial in dry pasta prepared with common wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Food Quality*. 2016. Vol. 39. P. 590–598. <https://doi.org/10.1111/jfq.12253>.
307. Kim B-R., Kim S., Bae G-S., Chang M. B., Moon BoK. Quality characteristics of common wheat fresh noodle with insoluble dietary fiber from kimchi by-product. *LWT – Food Science and Technology*. 2017. Vol. 85. P. 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.027>

308. Padalino L., Conte A., Lecce L., Likyova D., Sicari V., Maria Pellicanò T. et al. Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fibre. *Czech J. Food Sci.* 2017. Vol. 35. P. 48–56. <https://doi.org/10.17221/171/2016-CJFS>.
309. Tolve R., Pasini G., Vignale F., Favati F., Simonato B. Effect of grape pomace addition on the technological, sensory, and nutritional properties of durum wheat pasta. *Foods.* 2020. Vol. 9. №3. P. 354. <https://doi.org/10.3390/foods9030354>
310. Rigacci S. Olive oil phenols as promising Alzheimer' s Disease. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 2015. Vol. 863. P. 1–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18365-7_1
311. Gorzynik-Debicka M., Przychodzen P., Cappello F., Kuban-Jankowska A., Marino Gammazza A., Knap N. Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences.* 2018. Vol. 19, №3. P. 686. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>.
312. Kowalczewski P., Lewandowicz G., Makowska A., Knoll I., Błaszczak W., Białas W., Kubiak P. Pasta fortified with potato juice: structure, quality, and consumer acceptance. *Journal of Food Science.* 2015. Vol. 80(6). P. 1377–1382. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12906>.
313. Pan W. C., Liu Y. M., Shiau S. Y. Effect of okara and vital gluten on physico-chemical properties of noodle. *Czech Journal of Food Sciences.* 2018. Vol. 36. P. 301–306. <https://doi.org/10.17221/329/2017-CJFS>.
314. Kamble D. B., Singh R., Rani S., Pratap D. Physicochemical properties, in vitro digestibility and structural attributes of okara-enriched functional pasta. *J Food Process Preserv.* 2019. Vol. 43(12). P. e14232. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14232>
315. Sule S., Oneh A. J., Agba I. M. Effect of carrot powder incorporation on the quality of pasta. *MOJ Food Process Technol.* 2019. Vol. 7(3). P. 99–103. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2019.07.00227>.

316. Plotnikova, T. V., Tyapkina, E. V. Plodovo-yagodnye poroshki v muchnyh izdeliyah. *Produkty & Ingredienty*. 2006. Vol. 2. P. 20–21.
317. Kosović I., Jukić M., Jozinović A., Ačkar Đ., Koceva Komlenić D. Influence of chestnut flour addition on quality characteristics of pasta made on extruder and minipress. *Czech Journal of Food Sciences*. 2016. Vol. 34, Issue No. 2, P. 166–172. <https://doi.org/10.17221/451/2015-cjfs>.
318. Myroshnyk Y., Dotsenko V., Sharan L., Tsyrunnikova V. Use of non-traditional vegetable raw materials in the technology of floury confectionary products for restaurant economy enterprises. *EUREKA: Life Sciences*. Num. 2020. Vol. 1. 32–40. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2020.001113>.
319. Kumar Y., Yadav D. N., Ahmad T., Narsaiah K. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2015. Vol. 14. P. 796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>.
320. Quintana-Hernandez P., Maldonado-Caraza D., Cornejo-Serrano M., Villalobos-Oliver E. Development of a process for sugar fortification with vitamin-A. *Revista Mexicana De Ingeniería Química*. 2019. Vol. 19(3). P. 1163–1174. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Proc841>.
321. Wei X, Yang W, Wang J, Zhang Y, Wang Y, Long Y, Tan B, Wan X. Health Effects of Whole Grains: A Bibliometric Analysis. *Foods*. 2022. Vol. 18, 11(24). P. 4094. doi: 10.3390/foods11244094.
322. Šmídová Z, Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022. Vol. 11(3). P. 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>.
323. Касіяничук В. Д., Ковач М. М., Касіяничук М. В. Перспективи використання дикорослих плодів, ягід і грибів в умовах Прикарпаття для виготовлення продукції лікувально-профілактичного призначення. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23(7). С. 151–156.
324. Silagadze M. A., Gachechiladze S. T., Pruidze E. G., Khetsuriani G. S., Khvadagiani Kh. B., Pkhakadze G. N. Development of new-generation dietary bread technologies by using soya processing products. *Annals of Agrarian*

- Science*. 2017. Vol. 15(2). P. 177–180.
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.05.018>
325. Сиза О. І., Савченко О. М., Журок І. М., Дорожинська М. В. Порошок з вичавків ягід калини в технології виробництва пшеничного хліба. *Технічні науки та технології*. 2017. Вип. 4(10). С. 176–188.
[https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-4\(10\)-176-188](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2017-4(10)-176-188).
326. Самілик М. М., Демидова Є. В. Використання похідних продуктів переробки обліпихи у виробництві здобних булочок. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. Вип. (4). С. 94–101.
327. Гуменюк О. Л., Ксенюк М. П., Зінченко Ю. С., Деркач Т. Л. Доцільність використання плодів горобини для попередження пліснявіння хліба. *Харчова промисловість*. 2016. Вип. 19. С. 66–72.
328. Samilyk M., Demidova E., Bolgova N., Savenko O., Cherniavska T. Development of bread technology with high biological value and increased shelf life. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No 11 (116). P. 52–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255605>.
329. Jonsson K., Andersson R., Knudsen K. E. B., Hallmans G., Hanhineva K., Katina K. Rye and health-Where do we stand and where do we go? Trends in *Food Science & Technology*. 2018. Vol. 79. P. 78–87.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.018>.
330. Mihhalevski A., Nisamedtinov I., Halvin K., Oseka A., Paalme T. Stability of B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdough bread production. *Journal of cereal science*. 2013. Vol. 57(1). P. 30–38.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.09.007>.
331. Koj K., Pejcz E. Rye dietary Fiber Components upon the Influence of Fermentation Inoculated with Probiotic Microorganisms. *Molecules*. 2023. Vol. 28(4). P. 1910. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules28041910>.
332. Pejcz E., Gil Z., Wojciechowicz-Budzisz A., Poltorak M., Romanowska A. Effect of technological process on the nutritional quality of naked barley

- enriched rye bread. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 215–219. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.015>.
333. Adamczyk G., Krystyjan M., Witczak M. The Impact of Fiber from Buckwheat Hulls Waste on the Pasting, Rheological and Textural Properties of Normal and Waxy Potato Starch Gels. *Polymers*. 2021. Vol. 13(23). P. 4148. doi: <https://doi.org/10.3390/polym13234148>.
 334. Radovanovic A. M., Milovanovic O. Z., Kipic M. Z., Ninkovic M. B., Cupara S. M. Characterization of bread enriched with Jerusalem artichoke powder content. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2014. Vol. 2(12) P. 895–898. doi: 10.12691/jfnr-2-12-6.
 335. Zhao R., Khafipour E., Sepehri S., Huang F., Beta T., Shen G. X. Impact of Saskatoon berry powder on insulin resistance and relationship with intestinal microbiota in high fat–high sucrose diet-induced obese mice. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2019. Vol. 69. P. 130–138. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.023>.
 336. Lachowicz S., Swieca M., Pejcz E. Improvement of health-promoting functionality of rye bread by fortification with free and microencapsulated powders from *Amelanchier alnifolia* nutt. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9(7). P. 614. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9070614>.
 337. Kolodziejczyk P., Michniewicz J., Buchowski M. S., Paschke H. Effects of fibre-rich rye milling fraction on the functional properties and nutritional quality of wholemeal rye bread. *Journal of food science and technology*. 2020. Vol. 57. P. 222–232. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04050-8>.
 338. Bajerska J., Chmurzynska A., Mildner-Szkudlarz S., Drzymala-Czyz S. Effect of rye bread enriched with tomato pomace on fat absorption and lipid metabolism in rats fed a high-fat diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. Vol. 95(9). P. 1918–1924. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6899>.
 339. Vitaglione P., Barone Lumaga R., Ferracane R., Radetsky I., Mennella I., Schettino R., Koder S., Shimoni E., Fogliano V. Curcumin bioavailability from

- enriched bread: the effect of microencapsulated ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60(13). P. 3357–3366. doi: <https://doi.org/10.1021/jf204517k>.
340. Wirkijowska A., Zarzycki P., Sobota A., Nawrocka A., Blicharz-Kania A., Andrejko D. The possibility of using by-products from the flaxseed industry for functional bread production. *LWT*. 2020. Vol. 118. P. 108860. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108860>.
 341. Sharoba A. M., Farrag M. A., El-Salam A. Utilization of some fruits and vegetables wastes as a source of dietary fibers in cake making. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 2013. Vol. 4(9). P. 433–453.
 342. Cyran M. R. Dietary fiber arabinoxylans in processed rye: milling-and breadmaking-induced changes. In *Processing and impact on active components in food*. Academic Press. 2015. P. 319–328. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00038-X>.
 343. Kurek M., Wyrwisz J. The application of dietary fiber in bread products. *Journal of Food Processing and Technology*. 2015. Vol. 6(5). P. 447–450. doi: [10.4172/2157-7110.1000447](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000447).
 344. Adamczyk G., Posadzka Z., Witczak T., Witczak M. Comparison of the Rheological Behavior of Fortified Rye–Wheat Dough with Buckwheat, Beetroot and Flax Fiber Powders and Their Effect on the Final Product. *Foods*. 2023. Vol. 12(3). P. 559. <https://doi.org/10.3390/foods12030559>.
 345. Czubaszek A., Wojciechowicz-Budzisz A., Szychaj R., Kawa-Rygielska J. Baking properties of flour and nutritional value of rye bread with brewer's spent grain. *LWT*. 2021. Vol. 150. P. 111955. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111955>.
 346. Saranraj P., Geetha M. Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives. *International Journal of Pharmaceutical & biological archives*. 2012. Vol. 3(1). P. 38–48.

347. Silva M. M., Lidon F. C. Food preservatives – an overview on applications and side effects. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2016. P. 823–832. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-04-351>.
348. Jakobek L., Drenjancevic M., Jukic V., Serug M. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. *Scientia Horticulturae*. 2012. Vol.147. P. 56–63.
349. Гуменюк О.Л., Шупило К.О., Семенюк О.Ю., Зінченко Ю.С. Використання барвників вітчизняними виробниками харчової продукції. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. 2013. № 2 (65). С. 244–248.
350. Назарко І. Безпечність використання харчових барвників. XVII наукова конференція ТНТУ ім. І. Пулюя: мат. XVII наук. конф. ТНТУ ім. І. Пулюя. Том І. Природничі науки та інформаційні технології. Тернопіль, 2013. С.75.
351. Папченко В. Ю., Кузнецова Л. М. Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2015. № 44 (1153). С.65–68.
352. Elbe J. H.V., Betalains R. E., Wrolstad T. E., Acree H. An, Decker E. A., Penner M. H., Reid D. S., Schwartz S. J., Shoemaker C. F., Sporns P. Current protocols in food analytical chemistry. John Wiley and Sons Inc. 2001. P. F3.1.1–F3.1.7.
353. Eloá Lourenço do Carmo, Rhana Amanda Ribeiro Teodoro, Pedro Henrique Campelo Félix, Regiane Victória de Barros Fernandes, Érica Resende de Oliveira, Taís Regina Lima Abreu Veiga, Soraia Vilela Borges, Diego Alvarenga Botrel Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins. *Food Chemistry*. 2018. №249. P.51–59 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.076>.
354. Vergara C., Saavedra J., Sáenz C., García P., Robert P. Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*)

- extracts and betanin stability during storage. *Food Chemistry*. 2014. №157. P. 246–251.
355. Бурак Л. Перспективи використання бузини чорної в харчовій промисловості. *Продовольча індустрія АПК*. 2012. № 4 (18). С. 31–33.
356. Коберник І., Стеценко Н. Обґрунтування доцільності використання ягід бузини чорної для виробництва натурального барвника. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека : мат. Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 14–15 лист. 2019 р.). Київ, 2019. С. 41–43.
357. Janiszewska E. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*. 2014. №264. P.190–196.
358. Самілик М. М. Розроблення безвідходної технології одержання натуральних барвників із рослинної сировини. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки»*. 2022. №1. С.49–54. <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-8>.
359. Ковалевський К. А., Мамай О. І, Валько М. І., Шанін О. Д., Кузьміна Т.О. Технологія виробництва натуральних харчових барвників. *Вісник ХНТУ*. 2017. № 2(61). С.155–159.
360. Вермути. Загальні технічні умови: ДСТУ 6035:2008. – [Чинний від 2010-06-01]. – К.:Держспоживстандарт України, 2009. – 17 с. – (Національний стандарт України).
361. 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.
362. Самілик М. М. Теоретичні та практичні передумови вибору осмотичної дегідратації для переробки рослинної сировини: монографія / М. М. Самілик; Сумськ. нац. аграр. ун-т. Одеса: Астропринт, 2023. 100 с. ISBN 978–966–927–894–4.

363. Kumar, Y., Yadav, D.N., Ahmad, T., Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 14, 796–812. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156>
364. 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>
365. Samilyk M., Korniienko D., Bolgova N., Sokolenko V., Boqomol N. Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 3, No 11 (117). P. 39–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>.
366. Carocho, M., Barreiro, M.F., Morales, P., Ferreira, I.C.F.R. (2014). Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 13, 377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
367. Gokoglu, N. (2019). Novel natural food preservatives and applications in seafood preservation: A review. *Sci. Food Agric*, 99, 2068–2077. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9416>
368. Ueda, J.M., Pedrosa, M.C., Heleno, S.A., Carocho, M., Ferreira, I.C.F.R., Barros, L. (2022). Food Additives from Fruit and Vegetable By-Products and Bio-Residues: A Comprehensive Review Focused on Sustainability. *Sustainability*, 14, 5212. <https://doi.org/10.3390/su14095212>.
369. Самілик М., Корнієнко Д. Розроблення технології одержання збагаченого цукру. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології*. 2022. Вип. 24, №98. С. 25–29. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9805>.

ДОДАТКИ

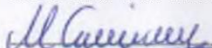
ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ФОП Марченко Ю.П.
Марченко Ю.П.
„16” 04 2020 р.

**Акт виробки
дослідно-промислової партії
макаронних виробів із порошком селери згідно
ДСТУ 7043:2009 Вироби макаронні. Загальні технічні умови (з
використанням борошна пшеничного, порошку селери, води питної)**

Співробітниками ФОП Марченко Ю.П. та представниками СНАУ 15.04.2020 року згідно з розробленими технологічними рецептурами до ДСТУ 7043:2009 «Вироби макаронні. Загальні технічні умови» була виготовлена партія макаронних виробів із порошком селери в кількості 10 кг з використанням борошна пшеничного, порошку селери, води питної, в умовах та на виробничих площах ФОП Марченко Ю.П. (м.Суми вул.Лебединська 19/3).

За результатами виробничих випробувань дана продукція відповідає вимогам (ДСТУ 7043:2009 «Вироби макаронні. Загальні технічні умови») та поставлена на виробництво з 01.05.2020 року. Встановлена вартість 1 кг продукції – 18 грн за кг, реалізовано – 1200 кг, що дозволило отримати чистий прибуток в розмірі 1600 грн.

Старший викладач кафедри технології
молока і м'яса СНАУ

 Самілик М.М.

Студентка групи ХТ.1703 СНАУ

 Цьомка Н.В


Директор ФОП Марченко Ю.П.
Марченко Ю.П.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор
 ТМ О'BEREG _____ Опришко
 Д.В.
 „29” 11 2019 р.



**Акт виробки
 дослідно-промислової партії
 йогуртів із буряковими цукатами згідно
 ДСТУ 4343:2004 Йогурт. Загальні технічні умови (з використанням
 незбираного молока, бурякових цукатів, закваски бактеріальної, цукрової
 пудри)**

Співробітниками ТМ О'BEREG та представниками СНАУ 29.11.2019 року згідно з розробленими технологічними рецептурами до ДСТУ 4343:2004 «Йогурт. Технічні вимоги» була виготовлена партія йогуртів із буряковими цукатами «Бордо» в кількості 10 кг з використанням молока незбираного, бурякових цукатів, закваски бактеріальної та цукрової пудри, в умовах та на виробничих площах ТМ О'BEREG.

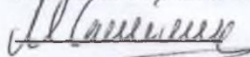
За результатами виробничих випробувань дана продукція відповідає вимогам (ДСТУ 4343:2004 Йогурт. Загальні технічні умови) та поставлена на виробництво з 10.12.2019 року.

Встановлена вартість 500 г продукції – 30 грн.

Реалізовано – 20 шт.

Чистий прибуток в розмірі 228 грн

Старший викладач кафедри технології
 молока і м'яса СНАУ



Самілик М.М.

Директор ТМ О'BEREG
 Д.В.Опришко



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор ФОП «Максименко А.О.»
 Максименко А.О.
 2020 р.

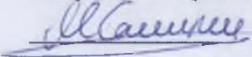


**Акт виробки
 дослідно-промислової партії
 сиркової маси з цукатами із селери згідно
 ДСТУ 4503:2005 Вироби сиркові. Загальні технічні умови (з
 використанням сиру кисломолочного, цукатів із селери, масла вершкового,
 цукру-піску, цукру-ванільного)**

Співробітниками ФОП «Максименко А.О.» та представниками СНАУ 25.03.2020 року згідно з розробленими технологічними рецептурами до ДСТУ 4503:2005 «Вироби сиркові. Загальні технічні умови» була виготовлена партія сиркової маси з цукатами із селери коренеплідної в кількості 10 кг з використанням сиру кисломолочного, цукатів із селери, масла вершкового, цукру-піску, цукру-ванільного, в умовах та на виробничих площах ФОП «Максименко А.О.» (42317, Сумська обл., Сумський район, село Юнаківка, вулиця Новоселівка, будинок**).

За результатами виробничих випробувань дана продукція відповідає вимогам (ДСТУ 4503:2005 «Вироби сиркові. Загальні технічні умови») та поставлена на виробництво з 01.04.2020 року. Встановлена вартість 1 кг продукції – 110 грн за кг, реалізовано – 10 кг, що дозволило отримати чистий прибуток в розмірі 400 грн.

Старший викладач кафедри технології
 молока і м'яса СНАУ

 Самілик М.М.

Студентка групи ХТ 1703 СНАУ
 Цьомка Н.В.



Директор ФОП «Максименко А.О.»
 А.О. Максименко





ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФОП «Опришко Д.В.»

Опришко Д.В.

20 липня 2022 р.

Акт виробки

дослідно-промислової партії
вітамінізованого молока А2

згідно з ТУ У 10.5-04718013-003:2020 «Молоко коров'яче А2 питне.
Технічні умови»

Співробітниками ФОП «Опришко Денис Володимирович» (ТМ О'BEREG) та представниками Сумського національного аграрного університету 9.07.2022 року згідно з розробленими технологічними рецептурами у відповідності з ТУ У 10.5-04718013-003:2020 «Молоко коров'яче А2 питне. Технічні умови» було виготовлено партію вітамінізованого молока А2 в кількості 1000 кг із використанням нормалізованого молока (2,6%), моркви сушеної меленої Ecolotos (ДСТУ 8654:2016 «Морква столова сушена. Технічні умови») в умовах та на виробничих площах ТМ О'BEREG.

За результатами виробничих випробувань дана продукція відповідає вимогам (ТУ У 10.5-04718013-003:2020 «Молоко коров'яче А2 питне. Технічні умови») та поставлена на виробництво з 21.07.2022 року. Встановлена вартість 1 л продукції – 37 грн, реалізовано – 765 шт., що дозволило отримати чистий прибуток в розмірі 23470 грн.

Завідувач кафедри технологій
та безпечності харчових
продуктів СНАУ

Самілик М.М. Самілик М.М.



Директор ФОП «Опришко Д.В.»

Д.В. Опришко

	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ “СУМСЬКА ПАЛЯНИЦЯ”	Юридична адреса: Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Д.Галицького, 2А, кім. 37 Адреса для листування: Україна, 40009, м. Суми, вул. Нахімова, 30 Тел./факс (0542) 61-00-35 - приймальня
		Р/р 26006050246974 в Дніпропетровському РУ ПАТ КБ «Приватбанк» МФО 305299 Код ЄДРПОУ 36572867, ІПН 365728604674 Свід. плат. ПДВ №200084135

Вих. № 458 від «31» серпня 2023 р.
на № _____ від « » _____ 20 р.

АКТ

про виготовлення дослідної партії для подання її до попередніх випробувань

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах

Науково-технічної роботи за Розроблення технологій комплексної переробки
державним замовленням: рослинної сировини на харчові продукти

(найменування теми)

Номер державної реєстрації:	0	1	2	2	U	2	0	0	8	6	6

Науково-технічна робота за Технологій та безпечності харчових продуктів
державним замовленням Сумського національного аграрного
виконується на кафедрі: університету

Дата виконання пробної випічки: «31» серпня 2023 р.

Вид впроваджених макаронні вироби із підвищеним вмістом
результатів харчових волокон

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи,
технології, функціонування систем)

Характеристика масштабу дослідна партія (20 кг)
впровадження (унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

Форма впровадження випуск на підприємстві

Новизна результатів нові результати досліджень, використана нова
науково-технічної роботи сировина, розроблено нову технологію,
продукція випускається вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих
розробок)

Впроваджені на основі ТІ 01.4-04718013-005:2023. Технологічна
нормативно-технічної інструкція на виробництво макаронних виробів із
документації підвищеним вмістом харчових волокон

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

Начальник ВТЛ

Олена Безкоровайна

«31» серпня 2023 р.

Директор

Андрій МУЛЯВКО

«31» серпня 2023 р.



	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ “СУМСЬКА ПАЛЯНИЦЯ”
Юридична адреса: Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Д.Галицького, 2А, кім. 37 Адреса для листування: Україна, 40009, м. Суми, вул. Нахімова, 30 Тел./факс (0542) 61-00-35 - приймальня	Р/р 26006050246974 в Дніпропетровському РУ ПАТ КБ «Приватбанк» МФО 305299 Код ЄДРПОУ 36572867, ІПН 365728604674 Свід. плат. ПДВ №200084135

Вих. № 457 від «31» серпня 2023 р.
 на № _____ від «___» _____ 20__ р.

АКТ

**про виготовлення дослідної партії
для подання її до попередніх випробувань**

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у межах

Науково-технічної роботи за Розроблення технологій комплексної переробки
державним замовленням: рослинної сировини на харчові продукти
 (найменування теми)

Номер державної реєстрації: 0 | 1 | 2 | 2 | U | 2 | 0 | 0 | 8 | 6 | 6
Науково-технічна робота за Технологій та безпечності харчових продуктів
державним замовленням Сумського національного аграрного
виконується на кафедрі: університету

Дата виконання пробної випічки: «28» серпня 2023 р

Вид впровадження результатів хліб з подовженим терміном придатності на основі порошку із похідних переробки горобини

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

Характеристика масштабу впровадження

дослідна партія (20 кг)
 (унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

Форма впровадження

випуск на підприємстві

Новизна результатів науково-технічної роботи

нові результати досліджень, використана нова сировина, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше
 (піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)



Начальник ВТЛ

Олена Безкоровайна

«31» серпня 2023 р.

Директор

Андрій МУЛЯВКО

«31» серпня 2023 р.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «Продовольча компанія «Зоря Поділля»

23700, Вінницька обл., м. Гайсин, вул. Заводська, 150

т./факс (04334) 2-14-10;

№ свідоцтва 200094322

Р/р UA413805820000026003010303778

Код ЄДРПОУ 34009446

АТ "МІБ" м. Київ

ІПН № 340094402043

МФО 380582

АКТ

про виготовлення дослідної партії
для подання її до попередніх випробувань

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних
у межах

Науково-технічної роботи за державним замовленням: Розроблення технологій комплексної переробки
рослинної сировини на харчові продукти
(найменування теми)

Номер державної реєстрації: 0 1 2 2 U 2 0 0 8 6 6
Науково-технічна робота за державним замовленням виконується на кафедрі: Технологій та безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету

Дата виконання пробної партії: «20» серпня 2023 р

Вид впроваджених результатів: вітамінізований пресований цукор

(експлуатація виробу, роботи, технології, виробництво виробу, роботи, технології, функціонування системи)
дослідна партія (100 кг)
(унікальна, одинокі, партія, масова, серійна)

Характеристика масштабу впровадження

Форма впровадження

Новизна результатів науково-технічної роботи

випуск на підприємстві
нові результати досліджень, використана нова сировина, розроблено нову технологію, продукція випускається вперше
(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

Впроваджені на основі нормативно-технічної документації

ТІ 01.4-04718013-007:2023. Технологічна інструкція з виготовлення вітамінізованого пресованого цукру
(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

Головний технолог
Леся ЯМКОВА
«29» серпня 2023 р.
Директор Гайсинський цукровий завод «ПЗК «Зоря Поділля»
Володимир ЯКОВЕЦЬ
«29» серпня 2023 р.

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«РАДЕХІВСЬКИЙ ЦУКОР»

80250, Львівська обл., Червоноградський р-н,
с. Павлів, пр. Юності, 39,
Код ЄДРПОУ 36153189
П/р UA403223130000026000000052947
в АТ «УКРЕКСІМБАНК»
тел. +38 03255 4 11 10
моб. +38 050 911 10 10
факс +38 03255 4 10 04

e-mail: Office.p@radsugar.com.ua
www.diamantsugar.com.ua



LIMITED LIABILITY COMPANY
«RADEKHIIVSKIY SUGAR»

80250, Lviv region, Chervonograd district,
Pavliv village, Yunosty Prospect, 39
Code 36153189
Acc. UA403223130000026000000052947
JOINT STOCK COMPANY
«THE STATE EXPORT-IMPORT BANK OF UKRAINE»
tel. +38 03255 4 11 10
mob. +38 050 911 10 10
fax +38 03255 4 10 04

e-mail: Office.p@radsugar.com.ua
www.diamantsugar.com.ua

АКТ

виробки дослідно-промислової партії вітамінізованого пресованого цукру

Цим актом підтверджується, впровадження результатів роботи виконаних у
межах

Науково-технічної роботи за Розроблення технологій комплексної переробки
державним замовленням: рослинної сировини на харчові продукти

(найменування теми)

Номер державної реєстрації: 0 1 2 2 U 2 0 0 8 6 6
Науково-технічна робота за Технологій та безпечності харчових продуктів
державним замовленням Сумського національного аграрного
виконується на кафедрі: університету

Дата виконання пробної «10» серпня 2023 р
випічки:

Вид впроваджених
результатів

Вітамінізований пресований цукор

(експлуатація виробу, роботи, технології; виробництво виробу, роботи,
технології, функціонування систем)

дослідна партія (20 кг)

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

Характеристика масштабу
впровадження

Форма впровадження

випуск на підприємстві

Новизна результатів
науково-технічної роботи

нові результати досліджень, використана нова
сировина, розроблено нову технологію,
продукція випускається вперше

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих
розробок)

Впроваджені на основі
нормативно-технічної
документації

ТІ 01.4-04718013-007:2023. Технологічна
інструкція з виготовлення вітамінізованого
пресованого цукру

(вказати номер і назву нормативно-технічної документації)

Головний технолог

Алла Тернавчук

«10» серпня 2023 р.

Головний інженер

Михайло Ткачук

«10» серпня 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України



В.Г. Кадика

« 16 » 12 2022 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
на виробництво овочевих пукатів

ТІ 01.4-04718013-001:2022

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

М.М. Самілик М.М. Самілик

« 16 » 12 2022 р.

Старший науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

Ю.В. Назаренко Ю.В. Назаренко

« 16 » 12 2022 р.

Молодший науковий співробітник
СНАУ

Т.П. Синенко Т.П. Синенко

« 16 » 12 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України



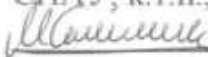
В.І. Ладика
« 16 » 12 2022 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
на виробництво рослинних порошків із похідних переробки ягід
(калини, бузини, обліпихи, горобини)

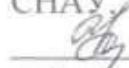
ТІ 01.4-04718013-002:2022

РОЗРОБЛЕНО

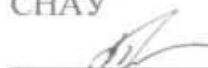
Завідувач кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 М.М. Самілик
« 16 » 12 2022 р.

Доцент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 Ю.В. Назаренко
« 16 » 12 2022 р.

Асистент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ

 Т.П. Синенко
« 16 » 12 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
Української Академії

В.І. Ладика
_____ 2022 р.



ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
на виробництво вітамінізованих сирів

ТІ 01.4-04718013-003:2022

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

М.М. Самілик
«16» 12 2022 р.

Старший науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

Ю.В. Назаренко
«16» 12 2022 р.

Молодший науковий співробітник
СНАУ

Т.П. Сивенко
«16» 12 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України



Володимир ЛАДИКА

«30» 05 2023 р.

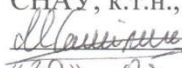
ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

з виготовлення хліба з подовженим терміном придатності

ТІ 01.4-04718013-004:2023

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

 Марина САМІЛИК

«30» 05 2023 р.

Старший науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

 Юлія НАЗАРЕНКО

«30» 05 2023 р.

Молодший науковий
співробітник СНАУ

 Тетяна СИНЕНКО

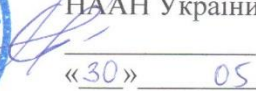
«30» 05 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України

 Володимир ЛАДИКА
«30» 05 2023 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

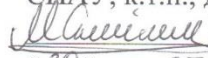
на виробництво макаронні вироби із підвищеним вмістом харчових волокон

ТІ 01.4-04718013-005:2023

Уведено вперше

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 Марина САМІЛИК
«30» 05 2023 р.

Доцент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 Юлія НАЗАРЕНКО
«30» 05 2023 р.

Асистент кафедри технологій та
безпеки харчових продуктів
СНАУ

 Тетяна СИНЕНКО
«30» 05 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України

 В.І. Ладика
«30» 05 2023 р.

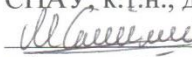
ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ
на виробництво сухих сніданків з підвищеною біологічною цінністю

ТІ 01.4-04718013-006:2023

Уведено вперше

РОЗРОБЛЕНО

Завідувач кафедри технологій та
безпечності харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 Марина САМІЛИК
«30» 05 2023 р.

Доцент кафедри технологій та
безпечності харчових продуктів
СНАУ, к.т.н., доцент

 Юлія НАЗАРЕНКО
«30» 05 2023 р.

Асистент кафедри технологій та
безпечності харчових продуктів
СНАУ

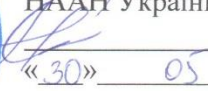
 Тетяна СИНЕНКО
«30» 05 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Ректор Сумського національного
аграрного університету, академік
НААН України

 Володимир ЛАДИКА
«30» 05 2023 р.

ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

з виготовлення вітамінізованого пресованого цукру

ТІ 01.4-04718013-007:2023

РОЗРОБЛЕНО

Провідний науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

 Марина САМІЛИК
«30» 05 2023 р.

Старший науковий співробітник
СНАУ, к.т.н., доцент

 Юлія НАЗАРЕНКО
«30» 05 2023 р.

Молодший науковий
співробітник СНАУ

 Тетяна СИНЕНКО
«30» 05 2023 р.



(21) Номер заявки: **а 2020 02541**(22) Дата подання заявки: **23.04.2020**(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **26.05.2022**(41) Дата публікації відомостей
про заявку та номер
Бюлетеня: **27.10.2021,**
Бюл. № 43(46) Дата публікації відомостей
про державну реєстрацію
та номер Бюлетеня: **25.05.2022,**
Бюл. № 21(72) Винахідники:
Самілик Марина Михайлівна,
UA,
Сабадаш Сергій
Михайлович, UA,
Мельничук Сергій
Дмитрович, UA(73) Володілець:
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Г. Кондратьєва, 160, м.
Суми, 40021, UA

(54) Назва винаходу:

СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ МАСИ СИРКОВОЇ СОЛОДКОЇ

(57) Формула винаходу:

Спосіб виготовлення маси сиркової солодкої, що передбачає підготовку і змішування сировинних компонентів, охолодження, фасування та зберігання, який **відрізняється** тим, що як сировинні компоненти використовують кисломолочний сир з масовою часткою жиру 18 %, масло вершкове з масовою часткою жиру 82,5 %, ванілін та овочеві цукати із столових буряків, пастернаку, моркви, які попередньо виготовлені методом осмотичного зневоднення, при наступному співвідношенні компонентів, кг на 1000 кг готової сиркової маси:

кисломолочний сир з масовою часткою жиру 18 %	713,85
масло вершкове з масовою часткою жиру 82,5 %	136,10
ванілін	0,05
овочеві цукати	150,00.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності».

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 2037240522 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Укрпатенту

25.05.2022



І.Є. Матусевич



(21) Номер заявки:	а 2020 02540	(72) Винахідники:	Самілик Марина Михайлівна, UA, Сабадаш Сергій Михайлович, UA, Мельничук Сергій Дмитрович, UA
(22) Дата подання заявки:	23.04.2020		
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	26.05.2022		
(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер Бюлетеня:	27.10.2021, Бюл. № 43	(73) Володілець:	СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, UA
(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня:	25.05.2022, Бюл. № 21		

(54) Назва винаходу:

СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦУКАТІВ ІЗ КОРЕНЕПЛОДІВ

(57) Формула винаходу:

Спосіб виготовлення цукатів із коренеплодів, який включає підготовку коренеплодів, подрібнення на шматочки, теплову обробку, відділення шматочків від цукрового розчину, підсушування та обсіпку висушених виробів цукровмісним компонентом, який **відрізняється** тим, що як цукровмісний компонент використовують цукрову пудру, як коренеплоди використовують столові та цукрові буряки, моркву, пастернак, селеру кореневу, брукву, попередньо готують 70 %-вий цукровий розчин, підготовлену сировину подрібнюють на шматочки розміром 5 мм, після чого подрібнену сировину витримують у теплому насиченому цукровому розчині при температурі 50 °С протягом 2,5 години, після відділення шматочків від цукрового розчину проводять їх підсушування інфрачервоним випромінюванням протягом 30 хв. та обсіпають висушені вироби цукровою пудрою.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності».

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 2034240522 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Укрпатенту

25.05.2022



І.Є. Матусевич



(11) **142689**

(19) **UA**

(51) **МПК**

A23C 9/12 (2006.01)

A23C 9/133 (2006.01)

(21) Номер заявки: **u 2019 11514**

(22) Дата подання заявки: **28.11.2019**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.06.2020**

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.06.2020, Бюл. № 12**

(72) Винахідники:

**Самілик Марина Михайлівна, UA,
Геліх Анна Олександрівна, UA,
Расамакина Юлія Вікторівна, UA**

(73) Власник:

**Самілик Марина Михайлівна,
вул. Ковпака, 41А, кв. 140, м.
Суми, 40031, UA**

(54) Назва корисної моделі:

ЙОГУРТ ІЗ БУРЯКОВИМИ ЦУКАТАМИ

(57) Формула корисної моделі:

Йогурт, що містить нормалізоване молоко (3,2 % жирності), заквашувальний препарат (суміш чистих культур: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*), який відрізняється тим, що додатково містить бурякові цукати та цукрову пудру, внесені в пастеризоване молоко, при наступному співвідношенні компонентів, масові частки, %:

молоко (3,2 % жирності)	82,5
заквашувальний препарат - суміш чистих культур:	
<i>Streptococcus thermophilus</i> ,	1,5
<i>Lactobacillus acidophilus</i> ,	
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	
бурякові цукати	15
цукрова пудра	1,0.

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 2336240620 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Укрпатенту

25.06.2020



I.Є. Матусевич