

КОРОБКО ДМИТРО

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0009-0003-3906-6402>e-mail: korobkodima4@gmail.com

ЗАГАЛЬНА ЯКІСТЬ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ ПРОЦЕСІВ ВАКУУМНОГО СВЧ-СУШІННЯ

У статті розглянуто важливість споживання фруктів та овочів для зниження ризику хронічних захворювань та покращення здоров'я, що пов'язано з наявністю у них біологічно активних компонентів. Оскільки сезонність обмежує доступність свіжої продукції, актуалізується завдання її переробки з метою збереження поживних речовин, забезпечення продовольчої безпеки та зменшення відходів. Особливу увагу приділено сушінню як основному методу консервації, що продовжує термін придатності продуктів.

Проаналізовано переваги вакуум-сублімаційного сушіння (ліофілізації), яке завдяки низьким температурам забезпечує максимальне збереження біологічно активних сполук, кольору, смаку та структури продукту. Незважаючи на високу якість, комерційні обмеження традиційної ліофілізації спонукають до пошуку інноваційних рішень. Висвітлено переваги вакуумного мікрохвильового сушіння як більш енергоефективного методу, що дозволяє значно скоротити час процесу при збереженні високої якості зневодненого продукту.

Досліджено особливості застосування ВМС для чотирьох видів овочів: буряка, моркви, цибулі та капусти. Детально описано їхні характеристики, вплив на процес сушіння та практичні результати щодо збереження поживних і органолептичних властивостей. Представлено технологічні режими вакуум-сублімаційного сушіння (температура заморожування, вакуум, потужність СВЧ) та їхній вплив на якість кінцевого продукту, включаючи показники вологості, відходів та витрати сировини. Підкреслено, що поєднання вакууму та мікрохвильового нагріву дозволяє ефективно видаляти вологу, зберігаючи термолабільні речовини та значно скорочуючи час обробки у порівнянні з класичною ліофілізацією.

Висновки акцентують на важливості врахування як енергоефективності, так і збереження біологічно активних компонентів при розробці та оптимізації методів сушіння овочів.

Ключові слова: сушіння овочів, сублімаційне сушіння, якість продукції, енергоефективність, вакуумна дегідратація, тривале зберігання.

KOROBKO DMYTRO

Vinnytsia national agrarian university

OVERALL QUALITY OF VEGETABLE PRODUCTS UNDER THE INFLUENCE OF VACUUM MICROWAVE DRYING PROCESSES

The article discusses the importance of consuming fruits and vegetables for reducing the risk of chronic diseases and improving health, which is associated with the presence of biologically active components in them. Since seasonality limits the availability of fresh produce, the task of processing it in order to preserve nutrients, ensure food security and reduce waste is becoming more urgent. Particular attention is paid to drying as the main method of preservation that extends the shelf life of products.

The advantages of vacuum freeze-drying (lyophilization) are analyzed, which, due to low temperatures, ensures maximum preservation of biologically active compounds, color, taste and structure of the product. Despite the high quality, commercial limitations of traditional lyophilization encourage the search for innovative solutions. The advantages of vacuum microwave drying are highlighted as a more energy-efficient method, which allows significantly reducing the process time while maintaining the high quality of the dehydrated product.

The features of the use of VMS for four types of vegetables are investigated: beets, carrots, onions and cabbage. Their characteristics, influence on the drying process and practical results on preservation of nutritional and organoleptic properties are described in detail. Technological modes of vacuum-freeze drying (freezing temperature, vacuum, microwave power) and their influence on the quality of the final product, including moisture content, waste and raw material consumption, are presented. It is emphasized that the combination of vacuum and microwave heating allows for effective removal of moisture, preserving thermolabile substances and significantly reducing processing time compared to classical lyophilization. The conclusions emphasize the importance of considering both energy efficiency and preservation of biologically active components when developing and optimizing vegetable drying methods.

Keywords: vegetable drying, freeze-drying, product quality, energy efficiency, vacuum dehydration, long-term storage.

Стаття надійшла до редакції / Received 14.08.2025

Прийнята до друку / Accepted 11.09.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Численні дослідження показали, що існує зв'язок між загальним споживанням фруктів та овочів та зниженням ризику смертності від основних захворювань, пов'язаних зі старінням, включаючи серцево-судинні захворювання, діабет та рак. Ці корисні властивості пов'язані з наявністю речовин, які, якщо їх ідентифікувати, можуть допомогти у виборі продуктів, що можуть збільшити їх споживання, таким чином досягаючи значного покращення здоров'я без кардинальної зміни раціону. Більше того, ці природні біологічно активні компоненти за умови правильного поводження також можуть бути використані як натуральні фармацевтичні продукти.

Сезонність фруктів та овочів унеможливує їх споживання та використання протягом року,

тому було зроблено численні спроби переробки, щоб запропонувати альтернативу їх споживанню та застосуванню у свіжому вигляді. Переробка була ключовим аспектом виробничого ланцюга фруктів та овочів, який пов'язує сільськогосподарське виробництво з постачанням їжі в необхідній формі. Окрім підвищення корисності та доступності перероблених продуктів, переробка також спрямована на оптимізацію доступності поживних речовин та підтримку якості продукції разом зі зменшенням втрат та відходів. Вона також відіграє вирішальну роль у досягненні продовольчої та харчової безпеки отриманих продуктів [1].

Слід враховувати, що якість кінцевої продукції тісно пов'язана з операціями та умовами обробки та може помітно відрізнятися від якості натуральних необроблених товарів. Серед численних можливих впливів обробки на загальну якість фруктових та овочевих продуктів, найважливішими є втрата/покращення природних компонентів, утворення нових компонентів з підвищеним антиоксидантним потенціалом або прооксидантною активністю та взаємодія між різними сполуками. Таким чином, доступність поживних речовин у оброблених продуктах суворо залежить від методів їх обробки. Ці продукти харчування необхідно ретельно вибирати для конкретних цілей або для збалансованого харчування.

Серед процесів, що застосовуються для консервування фруктів та овочів, сушіння отримало особливу увагу, оскільки цей метод наразі вважається найпоширенішим способом отримання харчових продуктів та фармацевтичних продуктів. Його головна мета – продовжити термін придатності продукту та/або його складових, запобігаючи росту шкідливих мікроорганізмів.

Існує безліч методів сушіння, що пропонуються для зневоднення різних видів сировини з метою отримання продуктів високої якості залежно від параметрів обробки. Однак лише деякі з них знайшли широке застосування в харчовій та фармацевтичній промисловості. Серед використовуваних методів сублімаційне сушіння вважається найкращим методом, оскільки низькі температури, що застосовуються в цьому процесі, дозволяють максимально зберегти біологічно активні сполуки, порівняно з сировиною.

У випадку сублімованих фруктів та овочів, такі продукти характеризуються мінімальною усадкою та незначними змінами як хімічного складу, так і кольору. Слід підкреслити, що комерційний процес сублімаційного сушіння часто не є ні надійним, ні ефективним, тому потрібні інші методи, щоб зменшити виробничі витрати. З практичної точки зору, ці обмеження можна мінімізувати шляхом впровадження інноваційних технологій. Більш просунутим методом є вакуумне мікрохвильове сушіння (СВЧ) через значне скорочення часу сушіння та відносно хорошу якість зневодненого продукту з високою енергоефективністю [2].

Підсумовуючи, поєднання традиційних методів дегідратації та нових може значно покращити якість кінцевої продукції. Однак дегідратація є енергоємним процесом незалежно від застосованого методу сушіння. Тому при розробці нових елементів методу вакуумного СВЧ-сушіння слід враховувати різні методи зниження енергоспоживання та потенційне використання відновлюваної енергії. З іншого боку, якість кінцевої продукції з точки зору наявності біологічно активних компонентів тісно пов'язана із застосованими методами та параметрами, тому обидва аспекти слід враховувати під час розробки кінцевої продукції.

Аналіз досліджень та публікацій

Серед відомих методів сушіння особлива увага приділяється вакуумному СВЧ-сушінню через його вплив на кінцеву якість отриманих продуктів. Цей вид сушіння продуктів харчування вже успішно застосовується для зниження вмісту вологи в численних рослинних матеріалах, таких як яблука, чорниця, журавлина, полуниця, банани, гарбуз, морква, буряк, картопля, цибуля, часник, арахіс, імбир та трави. Під час вакуумного СВЧ-сушіння енергія мікрохвиль поглинається водяними диполями, розташованими всередині оброблюваного матеріалу. Це створює відносно високий тиск у центрі висушеного матеріалу та дозволяє швидко переносити вологу у вакуум, запобігаючи руйнуванню структури матеріалу (рисунк 1) [3].

Сублімаційне сушіння вважається одним з найкращих методів сушіння з точки зору хімічного складу рослинної сировини. Для досягнення сприятливого хімічного складу, який гарантує максимально високе збереження природних біологічно активних компонентів, присутніх у висушеному продукті, температуру матеріалу при вакуумно-мікрохвильовому сушінні (СВЧ) слід підтримувати на безпечному рівні.

Збільшення температури проти зниження вмісту вологи в висушеному матеріалі, що виникає внаслідок генерації теплової енергії диполями води під час мікрохвильового випромінювання, показує, що в самому кінці сушіння існує критична точка, що характеризується максимальною температурою. Після цієї точки температура висушеного матеріалу знижується, оскільки генерована енергія нижча за втрати енергії, що виникають внаслідок випаровування води та теплового потоку, що виникає внаслідок градієнта температури.

Розуміння температурної поведінки матеріалу при вакуумному СВЧ-сушінні призводить до правильного застосування зниженої потужності мікрохвиль оптимальним чином з точки зору часу обробки та якості кінцевого продукту [3].

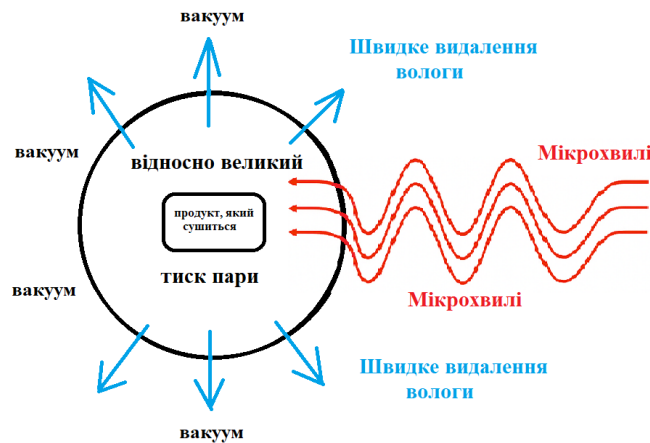


Рис.1. Процес вакуумно-мікрохвильового сушіння

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження особливостей застосування вакуум-сублімаційного сушіння з використанням мікрохвильової енергії до овочевих культур – буряка, моркви, капусти та цибулі – з точки зору збереження їхніх поживних та органолептичних властивостей. Також важливо дослідити збереженість харчових продуктів та підвищити їхню стабільність при зберіганні. Цей метод поєднує ефективність об'ємного нагрівання СВЧ і щадні умови сублімаційного зневоднення у вакуумі.

Виклад основного матеріалу

Сублімаційне сушіння відбувається за глибокого вакууму, коли лід у структурі замороженого продукту переходить у парову фазу, минаючи рідку. Це дозволяє уникнути термічного пошкодження клітин, зберігаючи натуральний вигляд, смак і структуру продукту.

Процес сублімаційного сушіння складається з трьох основних етапів.

Перший етап – заморожування продукту. Цей процес здійснюється при швидкій заморозці в спеціальних установках або безпосередньо в субліматорі. Під час створення вакууму продукт охолоджується і самозаморожується завдяки витраті теплоти на інтенсивне випаровування. На цьому етапі випаровується 10-15% вологи без додаткового підведення тепла за рахунок енергії, що виділяється при кристалізації води. Кристали льоду формуються поступово, зона кристалізації поглиблюється. Заморожування вважається завершеним, коли температура всередині продукту досягає від -5 до -20°C. Тривалість цього етапу становить 10-15 хвилин. Якщо заморожування триває довше, можуть утворюватися великі кристали льоду, які здатні пошкодити клітинну структуру продукту, що негативно впливає на його якість. Основна мета заморожування – перетворити максимальну кількість вологи в лід, забезпечуючи формування дрібних, рівномірно розподілених кристалів для ефективного тепло- і масообміну під час сублімації. Рідкі продукти також заморожують, щоб запобігти піноутворенню [2].

Другий етап – сублімація (період постійної швидкості сушіння). На цьому етапі видаляється основна частина вологи – 60% і більше. Чим більше вологи видаляється під час сублімації, тим краще зберігаються властивості продукту. У процесі сублімації льоду виникає температурний градієнт: спочатку нагрівається поверхневий шар, а потім глибші шари. Після повного випаровування льоду температура продукту перевищує 0°C і наближається до температури навколишнього середовища. Тривалість цього етапу залежить від рівня залишкового тиску в субліматорі, інтенсивності підведення тепла, температури продукту та швидкості відведення пароповітряної суміші. Швидкість сушіння на цьому етапі відповідає швидкості випаровування [2].

Третій етап – видалення залишкової вологи (період зниження швидкості сушіння). На початку цього етапу сублімація льоду завершена, а температура продукту стає позитивною. У цей період видаляється зв'язана волога, яка не замерзла. Швидкість сушіння залежить від інтенсивності підведення тепла до зони випаровування та швидкості відведення пари через висушені шари до поверхні. На процес впливають структура, пористість продукту, а також форма і розмір його частинок. Швидкість сушіння поступово зменшується, тоді як температура продукту зростає. На цьому етапі видаляється 10-20% загальної вологи. В даний час цей метод сушіння продуктів є найбільш досконалим, але в той же час і найбільш дорогим [2].

На діаграмі фазового стану чистої води (рисунок 2) за певних умов можна спостерігати одночасне існування трьох фаз – рідкої, твердої та газоподібної. Такий стан називається потрійною точкою. Для води потрійна точка відповідає тиску пари 613 Па і температурі 0,0098°C. Прикордонні криві на діаграмі розділяють її на три області, де вода перебуває у вигляді рідини, льоду або пари [3].

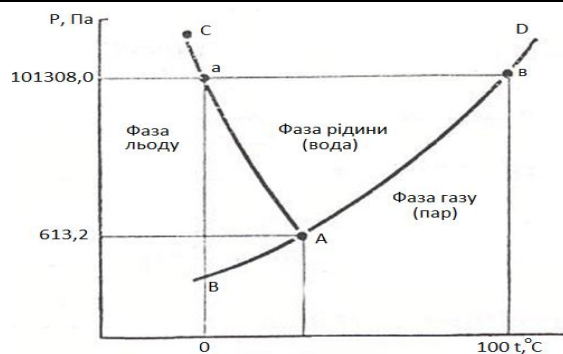


Рис. 2. Діаграма фазового стану чистої води

Сублімація – це процес сушіння, при якому лід безпосередньо переходить у пару за умов тиску й температури, нижчих за потрійну точку. Під час такого сушіння продукт не контактує з киснем повітря. Основна частина вологи (75-90%) видаляється шляхом сублімації льоду при температурі продукту нижче 0°C, тоді як залишкова волога видаляється при температурі -40...-60°C. Повне виморожування вологи неможливе, оскільки невелика її кількість залишається незамерзлою навіть за дуже низьких температур [3].

Продукти, висушені сублімаційним методом, відзначаються високою якістю, добре зберігають поживні речовини, мають високу здатність до відновлення, мінімальну усадку та пористу структуру. Загальні параметри та витрати сировини при сублімаційному СВЧ-сушінні подано в таблиці 1, 2.

При вакуумному сублімаційному сушінні відбувається різке збільшення питомого об'єму пари. Якщо при атмосферному тиску об'єм 1 кг пари складає 1,72 м³, то при залишковому тиску 133 Па - 1000 м³, а при 13,3 Па - 10000 м³. Тобто об'єм, що займає 1 кг вторинної пари в 1-10 млн. разів більше об'єму 1 кг льоду.

Таблиця 1

Параметри сублімаційної сушки підготовлених овочів

Продукт	Температура сублімації, °C	Товщина шару овочів, мм	Температура, °C		Тривалість сушіння, год
			продукту	гріючої поверхні	
Морква	-16	5-6	43	22-50	7,7
Капуста	-12	4	46	16-50	9,5
Цибуля	-17	3-4	46	10-48	11,0
Буряк	-17	4	46	13-49	12,2

*сформовано автором на основі літературних джерел [1,2,4].

Поєднання вакуумного сублімаційного сушіння з мікрохвильовим нагрівом дозволяє значно пришвидшити процес видалення вологи. Завдяки об'ємному характеру СВЧ-нагрівання тепло розподіляється рівномірно по всій масі продукту, що знижує ризик перегріву поверхні.

СВЧ-сушіння у вакуумі знижує тиск до 100 Па, при цьому температура сублімації зменшується до -30...-10°C, що дозволяє зберегти термолабільні речовини. Потужність мікрохвиль (600-900 Вт) дозволяє варіювати швидкість сушіння без шкоди якості. У порівнянні з традиційним сушінням, час процесу скорочується у 4-8 разів, знижуючи енерговитрати та підвищуючи продуктивність [3].

Таблиця 2

Витрата сировини при виробництві 1 кг сублімованих продуктів

№ п/п	Назва сировини	Відносна вологість сировини, %	Відносна вологість сублімованого продукту, %	Відходи при підготовці сировини до сублімаційного сушіння, %	Витрати сировини на 1 кг сублімованих продуктів, кг
1	Цибуля зелена	92,5	3-5	15	15,3
2	Цибуля ріпчата	86	3-5	18,5	8,5
3	Капуста	90	3-6	20	12
4	Морква	89	3-5	20	11
5	Буряк	86,5	3-5	29	9,6

*сформовано автором на основі літературних джерел [1,2,4].

Система тепло-масообміну при вакуум-сублімаційному сушінні включає одночасну дію вакууму, низьких температур і мікрохвильового нагріву. Для уникнення нерівномірного нагрівання застосовуються імпульсне подавання СВЧ, обертання продукту, контроль температури за допомогою волоконно-оптичних датчиків [4].

Математичне моделювання процесу дозволяє прогнозувати зміни вологості та температури всередині продукту з урахуванням розподілу електромагнітного поля. Оптимізація включає регулювання товщини шару (до 5 мм), потужності мікрохвиль, часу попереднього заморожування та глибини вакууму.

Кожен з досліджуваних овочів має специфічні морфологічні та хімічні властивості, що впливають на процес сушіння. У таблиці 3 подано детальний огляд основних характеристик чотирьох видів овочів – буряка, моркви, цибулі та капусти та їхньої поведінки під час вакуум-сублімаційного сушіння. Вона містить не лише ключові властивості сировини, а й практичні результати та технологічні нюанси застосування цього сучасного методу [4].

Таблиця 3

Характеристика досліджуваних овочів та особливості процесу сушіння

Назва сировини	Буряк	Морква	Цибуля	Капуста
Характеристика сировини	Містить антоціани, азотисті сполуки, барвники типу бетаніну. Дуже чутливий до термічної обробки – легко втрачає колір.	Багата на β -каротин, цукри, має циліндричну структуру з великою кількістю капілярів. Важливо зберегти кольоровість і цілісність тканин.	Містить сірковмісні леткі речовини, має високий вміст води, що ускладнює сушіння. Потрібен контроль температури для уникнення потемніння.	Листова структура з високим вмістом вітаміну С, фолієвої кислоти. Шари капусти потребують рівномірного нагріву, інакше виникає деформація листа.
Практичні результати сушіння овочів при вакуум-сублімаційному сушінні	Для буряка показники кольору збереглися на 85%, тоді як у традиційному сушінні – лише 60-65%.	Дослідження моркви показали, що при потужності СВЧ 700 Вт і вакуумі 100 Па час сушіння скоротився втричі, при цьому збережено понад 90% β -каротину.	Цибуля потребувала попереднього обдування холодним повітрям до заморожування для запобігання темніння після сушіння.	Капуста зберігала пружність і смакові властивості при сушінні в режимі 800 Вт і заморожуванні до -40°C .
Час сушіння	4 год	3 год	5 год	3,5 год
Якість кінцевого продукту	- Основні показники якості – колір, запах, смак, пористість, здатність до відновлення – при MFD залишаються на рівні 80-95% від свіжого продукту. - Реабсорбція води у висушених овочах за 15 хвилин досягає 70-90%, що є значно вищим за гаряче сушіння (40-60%). - Активність води готового продукту – 0,2-0,3, що забезпечує довготривале зберігання без консервантів.			
Технологічні режими та протоколи	Попереднє заморожування: $-40\ldots-80^{\circ}\text{C}$ протягом 6-12 год. Вакуум: 100-200 Па протягом всього циклу. Потужність СВЧ: 600-900 Вт залежно від виду овочів. Форма продукту: слайси 2-5 мм, попереднє бланшування – необов'язкове.			

*сформовано автором на основі літературних джерел [1,2,5].

Вакуум-сублімаційне сушіння (ліофілізація) є одним із найбільш ефективних методів консервації, що дозволяє максимально зберегти поживні речовини, смак, колір та структуру продуктів. У таблиці представлені конкретні показники часу сушіння овочів, а також якісні характеристики кінцевого продукту, включаючи його здатність до відновлення та активність води, що свідчить про довготривалість зберігання. Окремо виділено оптимальні технологічні режими – температуру заморожування, рівень вакууму та потужність СВЧ-опромінення, які забезпечують найкращі результати для кожного типу овочів, підкреслюючи унікальні вимоги до обробки кожного виду сировини. Буряк, морква, капуста та цибуля демонструють високу стабільність показників при правильно підібраних режимах сушіння. Подальші дослідження мають бути спрямовані на

масштабування процесу, зниження витрат енергії та розробку універсального обладнання для різних видів овочевої сировини [5].

Технологія вакуумного СВЧ-сушіння потребує складного обладнання з високими початковими інвестиціями, вона дозволяє суттєво скоротити експлуатаційні витрати. Зниження тривалості сушіння, зменшення енергоспоживання за рахунок внутрішнього нагріву та зменшення втрат продукту дозволяють окупити витрати за 2–3 роки у промислових масштабах. Особливо вигідною є ця технологія для виробництва органічної продукції, дитячого харчування, інгредієнтів для супів, концентратів. Економічна ефективність підвищується також завдяки збільшеному терміну зберігання та зниженню потреби у складних логістичних умовах (охолодження, консервування тощо) [5].

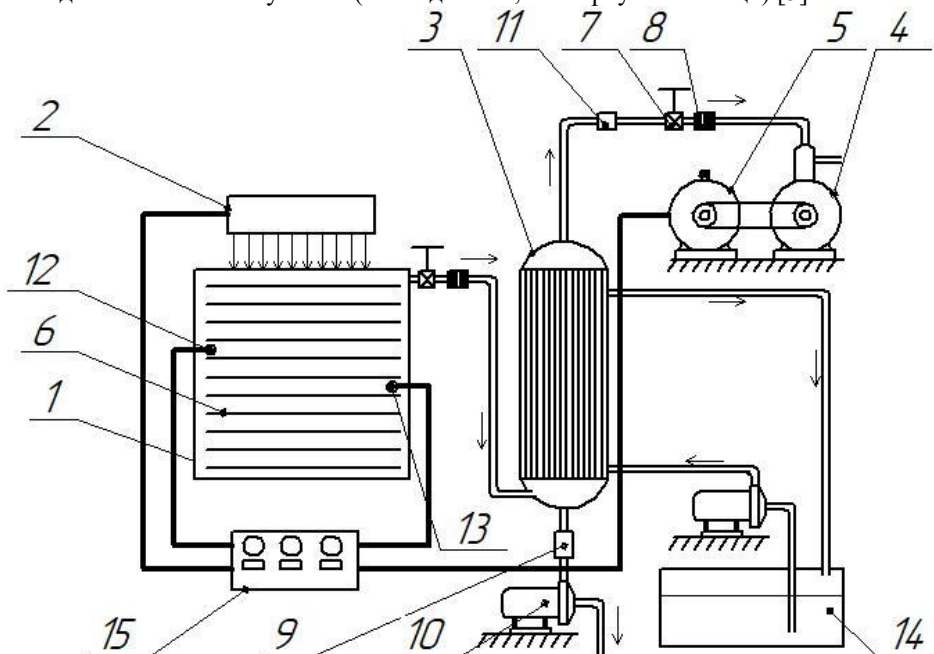


Рис.3. Принципова схема сублимационной СВЧ-сушарки:

1 – сублиматор; 2 – магнетрон; 3 – элементный конденсатор; 4 – вакуумный насос; 5 – электродвигун; 6 – листы с продуктом; 7 – сифонный вентиль; 8 – сифон; 9 – відкремлювач рідини; 10 – відцентровий насос; 11 – фільтр; 12 – датчик температури; 13 – датчик тиску; 14 – бак для холодної води; 15 – пульт керування.

З метою розробки сублимационной СВЧ-сушарки для харчових продуктів було проведено комплексний аналіз вітчизняних та зарубіжних даних, що охоплюють технологію, теоретичні основи та результати експериментальних досліджень процесу сушіння овочів, картоплі та фруктів. Це дозволило обґрунтувати її принципову схему (рисунк 3) [2].

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Наші дослідження підтверджують важливість регулярного споживання овочевих продуктів для профілактики хронічних захворювань, що пов'язано з високим вмістом біологічно активних компонентів. Це обумовлює необхідність ефективних методів переробки для забезпечення їх доступності та збереження користі.

Вакуумне сублимационне СВЧ-сушіння (ліофілізація) є оптимальним методом збереження якості: Визначено, що ліофілізація, зокрема у поєднанні з мікрохвильовим нагрівом, є найбільш досконалим методом консервації овочів, оскільки забезпечує максимальне збереження поживних речовин, органолептичних властивостей (кольору, смаку, запаху) та структури продукту завдяки щадним температурним режимам та видаленню вологи шляхом сублимації.

Дослідження показали, що це значно прискорює процес сушіння овочів (скорочення часу у 4-8 разів порівняно з традиційною ліофілізацією), підвищує енергоефективність за рахунок об'ємного нагріву та мінімізує деградацію термолабільних речовин. Це робить вакуумне СВЧ-сушіння перспективною інноваційною технологією для харчової та фармацевтичної промисловості.

Проведено аналіз характеристик буряка, моркви, цибулі та капусти, що дозволило встановити унікальні вимоги до їх обробки та підібрати оптимальні технологічні режими (температуру заморожування, рівень вакууму, потужність СВЧ) для кожного виду, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту та ефективне збереження біологічно активних компонентів. Розроблено та обґрунтовано принципову схему сублимационной СВЧ-сушарки для харчових продуктів.

Незважаючи на значні початкові інвестиції у вакуумне СВЧ обладнання, технологія є економічно вигідною в промислових масштабах завдяки суттєвому скороченню часу сушіння, зниженню експлуатаційних витрат, мінімізації втрат продукту та збільшенню терміну зберігання, що забезпечує окупність інвестицій протягом 2-3 років. Це особливо актуально для виробництва органічної продукції, дитячого харчування та інгредієнтів з високою доданою вартістю.

Література

1. Технологія сушіння плодів та овочів: Конспект лекцій для студ. спец. 7.091706 ден. та заоч. форм навч. /Уклад.: О.С. Бессараб, В.В. Шутюк. К.: НУХТ, 2002.- 84 с.
2. Зозуляк І.А., Кондратюк Д.Г., Коробко Д.О. Обґрунтування вибору принципової схеми сублімаційного СВЧ-сушіння харчових продуктів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2024. № 4 (115). С. 60-69. DOI: 10.37128/2306-8744-2024-4-8 URL: <http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/December2024/yXK9GheO40knJlmCjoPF.pdf>
3. Figiel, A.; Michalska, A. Overall Quality of Fruits and Vegetables Products Affected by the Drying Processes with the Assistance of Vacuum-Microwaves. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017/ Volume 18/ Issue 1. № 71. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18010071>
4. Боднарук, О. А., and О. Д. Трухін. Нові технології ліофільного сушіння (сублімація) в харчовій промисловості. *Стратегії та інновації: актуальні управлінські практики: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції*. 26 квітня 2024 року. Кривий Ріг: Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2024. 256 с.
5. Негреско А.С., Шевчук Н.П. Удосконалення технології виробництва сушених овочів. Scientific research: modern challenges and future prospects: Proceedings of V International Scientific and Practical Conference. 16-18 December 2024. Munich, Germany. 2024. С. 210-216. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/SCIENTIFIC-RESEARCH-MODERN-CHALLENGES-AND-FUTURE-PROSPECTS-16-18.12.24.pdf#page=210>

References

1. Tekhnolohiia sushinnia plodiv ta ovochiv: Konspekt lektzii dlia stud. spets. 7.091706 den. ta zaoch. form navch. /Uklad.: O.S. Bessarab, V.V. Shutiuk. K.: NUKhT, 2002.- 84 s.
2. Zozuliak I.A., Kondratiuk D.H., Korobko D.O. Obgruntuvannia vyboru pryntsyypovoi skhemy sublimatsiinoho SVCh-sushinnia kharchovykh produktiv. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*. 2024. № 4 (115). S. 60-69. DOI: 10.37128/2306-8744-2024-4-8 URL: <http://vibrojournal.vsau.org/storage/articles/December2024/yXK9GheO40knJlmCjoPF.pdf>
3. Figiel, A.; Michalska, A. Overall Quality of Fruits and Vegetables Products Affected by the Drying Processes with the Assistance of Vacuum-Microwaves. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017/ Volume 18/ Issue 1. № 71. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18010071>
4. Bodnaruk, O. A., and O. D. Trukhin. Novi tekhnolohii liofilnoho sushinnia (sublimatsiia) v kharchovii promyslovosti. *Stratehii ta innovatsii: aktualni upravliniski praktyky: materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. 26 kvitnia 2024 roku. Kryvyi Rih: Donetskyi natsionalnyi universytet ekonomiky i torhivli imeni Mykhaila Tuhana-Baranovskoho, 2024. 256 s.
5. Nehresko A.Ie., Shevchuk N.P. Udoskonalennia tekhnolohii vyrobnytstva sushenykh ovochiv. Scientific research: modern challenges and future prospects: Proceedings of V International Scientific and Practical Conference. 16-18 December 2024. Munich, Germany. 2024. S. 210-216. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/SCIENTIFIC-RESEARCH-MODERN-CHALLENGES-AND-FUTURE-PROSPECTS-16-18.12.24.pdf#page=210>