

УДК 664.8, 664.9

Тарасенко Т. А.¹, Євлаш В. В.¹, д. т. н., проф., **Неміріч О. В.²**, к. т. н.,
Вашека О. М.², к. т. н., **Гавриш А. В.²**, к. т. н., **Кравченко О. І.²**[©]
(E-mail: avnemirich@mail.ru)

1 – Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна

2 – Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ СУШІННЯ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ

Сушіння є оптимальним способом одержання продуктів тривалого зберігання при максимальному збереженні їх вихідної якості, без використання консервантів та харчових добавок. Сушені продукти є перспективною сировиною для закладів ресторанного господарства, особливо швидкого харчування типу бістро, кафе. Споживачами даних видів продуктів є силові структури, харчоконцентратні виробництва, спеціальний контингент (геологи, спортсмени, космонавти) тощо. Тому на основі теоретичних досліджень встановлено переваги сушіння, оскільки максимально зберігаються нативні властивості рослинної сировини, висвітлено сутність фізичних процесів, що відбуваються під час сушіння. Показано, що інтенсивність сушіння залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалів і рушійної сили процесу. Перспективними способами сушіння, з точки зору збереження харчової цінності, забезпечення відповідних відновлювальних властивостей сушених овочів, фруктів та енергоємності, є сублімаційне сушіння із криодеструкцією, сушіння зі змішаним теплопідведенням та холодне розпилювальне сушіння.

Ключові слова: сушіння, переваги, криві сушіння, способи, характеристика, конвективне сушіння, кондуктивне сушіння, високочастотне сушіння, інфрачервоне сушіння, сублімаційне сушіння, сушіння зі змішаним теплопідведенням, холодне розпилювальне сушіння

УДК 664.8, 664.9

Тарасенко Т. А., Євлаш В. В., д. т. н., проф., **Немирич А. В.**, к. т. н.,
Вашека А. М., к. т. н., **Гавриш А. В.**, к. т. н., **Кравченко А. І.**

1 - Харьковский государственный университет питания и торговли, г. Харьков,
Украина

2 - Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ СУШКИ ОВОЩЕЙ И ФРУКТОВ

Сушка является оптимальным способом получения продуктов длительного хранения при максимальной сохранности их исходного качества, без использования консервантов и пищевых добавок.

Сушеные продукты являются перспективным сырьем для заведений ресторанного хозяйства, особенно быстрого питания типа бистро, кафе. Потребителями данных видов продуктов являются силовые структуры, пищекокцентратные производства, специальный контингент (геологи, спортсмены, космонавты). Поэтому на основании теоретических исследований установлены преимущества сушки, поскольку максимально сохраняются нативные свойства растительного сырья, освещена суть физических процессов, которые происходят во время сушки. Показано, что интенсивность сушки зависит от физико-химических свойств материалов и движущей силы процесса. Перспективными способами сушки, с

точки зрения сохранения пищевой ценности, обеспечения соответствующих восстановительных свойств сушеных овощей, фруктов и энергоемкости, являются сублимационная сушка с криодеструкцией, сушка со смешанным теплоподводом и холодная распылительная сушка.

Ключевые слова: сушка, преимущества, кривые сушки, способы, характеристика, конвективная сушка, кондуктивная сушка, высокочастотная сушка, инфракрасная сушка, сублимационная сушка, сушка со смешанным теплоподводом, холодная распылительная сушка

UDC 664.8, 664.9

Tarasenko T., Yevlash V., Nyemirich O., Vasheka O., Gavrish A., Kravchenko O.

1 - Kharkiv State University of Food Technology and Trade, m. Kharkiv, Ukraine

2 - National University of Food Technologies, m. Kyiv, Ukraine

THEORETICAL STUDIES DRYING WAYS FRUITS AND VEGETABLES

Drying is the best way to obtain durable products at maximum maintaining their original quality without preservatives and food additives. Dried foods are promising raw material for schools restaurants, especially fast food type bistros and cafes. Consumers of these types of products are power structures, food concentrates production, a special contingent (geologists, athletes, astronauts) and others. Therefore, based on theoretical studies found benefits dry as much as possible remain properties of native plant material, highlights the essence of physical processes occurring during drying. It is shown that the intensity of drying depends on the physical and chemical properties of materials and driving force of the process. Promising methods of drying, in terms of maintaining the nutritional value, ensuring appropriate remedial properties of dried vegetables, fruit and power consumption is freeze drying with cryosurgery, drying mixed heat supply and cold spray drying.

Key words: *drying, benefits, graphics of drying, methods, characterization, convective drying, conductive drying, a high frequency drying, infrared drying, freeze drying, drying mixed heat supply, cold spray drying*

Вступ. Проблема забезпечення раціонального харчування людини, його адекватності і збалансованості є однією з важливіших задач сумісної наукової та практичної діяльності медиків, технологів харчування, соціологів, системних аналітиків та розробників інформаційних систем. Овочі виступають невід'ємною складовою раціону харчування людини, оскільки містять всі необхідні мінеральні речовини, вітаміни, харчові волокна тощо. Проте, є швидкопсувним і сезонним продуктом через високий вміст вологи (75...95 %) [1]. Тому для забезпечення населення овочами протягом року необхідно їх консервувати. Оскільки сьогодні на перший план виходить ступінь натуральності й харчова цінність продуктів, то саме сушіння є оптимальним способом одержання продуктів тривалого зберігання при максимальному збереженні їх вихідної якості, без використання консервантів та харчових добавок [2, 3].

Постановка проблеми у загальному вигляді, формування цілей статті. Сфера використання сушених продуктів може бути дуже широка. Споживачами даних видів продуктів є силові структури, харчоконцентратні виробництва, спеціальний контингент (геологи, спортсмени, космонавти) тощо. Нинішня державна політика спрямована на популяризацію та поширення серед населення країни здорового способу життя, що включає і здорове харчування. Саме тому при

створенні нових видів продуктів із підвищеною харчовою цінністю науковцями часто використовуються добавки із рослинної сировини. У більшості випадків – це порошки, виготовлені як із традиційної, так і з нетрадиційної сировини. Слід вказати і на те, що усвідомлення населенням необхідності щоденного здорового харчування сприяє зростанню безпосереднього споживання сушених овочів та фруктів, особливо серед дітей та молодих осіб працездатного віку.

Характерною рисою теперішнього часу є швидкий розвиток закладів ресторанного господарства, а саме: ресторанів, кафе, особливо швидкого харчування, санаторно-курортних, лікувальних, освітніх, промислових і інших підприємств. Із метою удосконалення надання послуг, залучення нової клієнтури та створення конкурентоспроможної продукції, у більшості із таких закладів розробляють меню із направленою фізіологічною дією на організм людини (наприклад, «дієтичні страви», «вегетаріанська кухня», «вітамінізовані страви»). Це, у свою чергу, потребує не лише свіжої рослинної сировини, а й наявності високоякісних добавок із овочів та фруктів.

Сушіння – це процес зневоднення продукту шляхом випарювання рідини, що утримується в ньому, за рахунок зміни температури продукту [4]. Товарні форми сушених овочів можуть бути різноманітні: кубики, пластинки, стружка, соломка, порошки різної дисперсності тощо [5]. Овочеві порошки можуть зберігатись тривалий час без погіршення якості при майже повному збереженні вихідної харчової цінності та використовуватись у технологіях харчових продуктів широкого асортименту.

Метою статті є аналітичний огляд технологій сушіння овочів та фруктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зневоднення може відбуватися без зміни агрегатного стану вологи (механічним шляхом або контактним масообміном) або зі зміною агрегатного стану вологи (теплове зневоднення). Перший принцип зневоднення може бути здійснений механічними способами (відтисканням, фільтруванням, відстоюванням, центрифугуванням), змішуванням продуктів з різною вологістю або з водопоглинаючими речовинами. Другий принцип сушіння пов'язаний з витратою тепла на перетворення води в пару і відведення пари з сушильного апарату в навколишнє середовище. Така сушка називається тепловою.

Механічне зневоднення продуктів є більш дешевим способом, ніж теплова сушка. Однак для сушіння овочів та плодів він не може бути використаний, так як не забезпечує достатньо повного зневоднення і збереження вихідних показників якості сировини внаслідок значних втрат водорозчинних речовин (цукрів, вітамінів, амінокислот та ін.).

Перевагами сушіння перед іншими способами консервування є:

– сушіння є найбільш природним способом консервування. Він дозволяє отримувати напівфабрикати високого ступеня готовності, що характеризуються високими споживчими характеристиками без використання консервантів, барвників та смакоароматичних добавок;

– на відміну від заморожування сушіння не пошкоджує цілісність клітин, а лише випарює з них вологу. В результаті після відновлення продукт не втрачає свою структуру та може вживатися без додаткової термічної обробки;

– сучасні способи сушіння дозволяють зберегти поживні речовини, що містяться в нативній сировині, та мінімізувати їх втрати під час зберігання;

– сушіння – це найпростіший спосіб переробки великих обсягів сировини;

– сушіння вирішує проблему екології продуктів та одночасно є економічно ефективним (зібрані та перероблені в своєму регіоні дешеві овочі дозволяють замінити взимку коштовні покупні та хімічно оброблені неякісні сухофрукти);

– сушені овочі не потребують великих площ у складських приміщеннях та специфічних умов зберігання, обладнання;

– використання сушених овочевих напівфабрикатів в технологіях страв та кулінарних виробів дозволяє значно скоротити тривалість технологічного процесу, зокрема в підприємствах швидкого харчування.

Під час сушіння з сировини видаляється більша частина вологи та підвищується концентрація сухих речовин (до 95...96 %). Як відомо з літературних джерел, для розвитку мікрофлори необхідна присутність вологи, таким чином при випаровуванні останньої терміни зберігання продукції значно подовжуються.

Сушіння є типовим нестаціонарним необоротним процесом, в якому вологовміст матеріалу змінюється як за об'ємом, так і з часом, а сам процес прямує до рівноваги [4]. Інтенсивність сушіння залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалів і рушійної сили процесу X . Таку залежність можна описати лінійними рівняннями, що відповідає першому принципу термодинаміки необоротних процесів:

$$J = L \cdot X, \quad (1)$$

де j – густина потоку; L – кінетичний коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу; X – рушійна сила процесу.

Рушійна сила переносу вологи має вигляд:

$$X_m = -\nabla \frac{\mu}{T} \quad (2)$$

де μ – хімічний потенціал речовини; T – температура.

В окремих випадках рушійною силою переносу можуть бути градієнти концентрації вологи (вологості), температури, осмотичного тиску, загального тиску всередині тіла тощо. Процес сушіння можна інтенсифікувати за рахунок збільшення кінетичних коефіцієнтів L і рушійних сил X . Однак, слід врахувати, що ці фактори залежать від температури і вологості тіла, тобто змінюються в процесі сушіння.

Теорія сушіння створювалась на базі фундаментальних аналітичних і експериментальних досліджень. Під час сушіння з сировини, перш за все, випарюється волога, яка залишилася на поверхні овочів під час миття та бланшування. Це пояснюється тим, що ця волога не зв'язана з сировиною. Після цього починає випарюватися волога самої сировини, оскільки більша частина вологи знаходиться в макрокапілярах, тому перший період тепло витрачається на випаровування води. В цей період сировина не перегрівається, що дає можливість проводити процес сушіння за більш високої температури.

Далі, коли в сировині залишається невелика кількість води і знаходиться переважно в мікрокапілярах, може статися розрив між випаровуванням вологи з поверхні продукту і надходженням її з внутрішніх шарів. У цьому випадку на поверхні утворюється підгоріла скоринка, а всередині нагромаджується пара, і продукт розтріскується.

Процес сушіння описується кривими сушіння (рис. 1), які характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу W_c під час сушіння τ . Аналіз

таких кривих показує, що на початку процесу, коли вологість матеріалу зменшується за кривою *ab* має місце короткочасна стадія прогріву матеріалу (I). Тривалість цієї стадії залежить від товщини зразка.

Далі вологість змінюється за лінійним законом:

$$\psi_1 = \frac{dW^c}{d\tau} = const. \tag{3}$$

Цей період сушіння називають періодом постійної швидкості сушіння (II) лінія ($-k_1$). В період II температура на поверхні матеріалу дорівнює температурі мокрого термометра, проходить адиабатне випаровування вологи. Якщо є вільна волога, парціальний тиск водяної пари над матеріалом дорівнює тискові над чистою водою.

Інтенсивність випаровування вологи з вільної поверхні при стаціонарному режимі (а режим II є стаціонарним) можна визначити за формулою Дальтона:

$$I = \frac{W}{F\tau} = \beta_p (P_{II} - P_C), \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}), \tag{4}$$

де W – кількість рідини, яка випарувалася, кг; F – поверхня випаровування, м^2 ; β_p – коефіцієнт масовіддачі, віднесений до різниці парціальних тисків, (кг вологи) / $\text{м}^2 \times \text{с} \times \text{Па}$; P_{II} , P_C – парціальний тиск водяної пари над поверхнею і в середовищі відповідно, Па; τ – час, с.

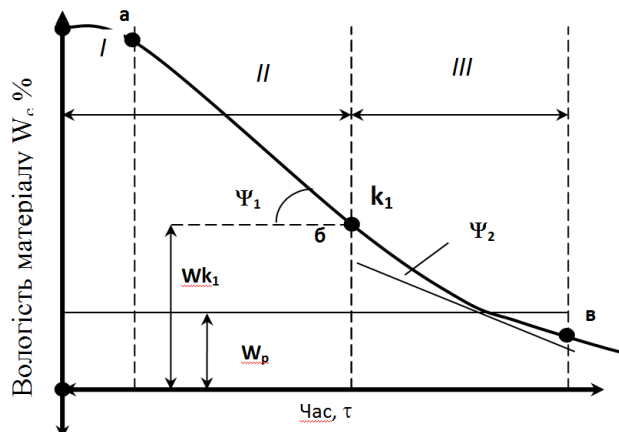


Рис. 1. Крива сушіння

Для наближених розрахунків можна користуватися формулою:

$$I = 5,7 \omega^{0,8} (P_{II} - P_C) \tag{5}$$

де ω – швидкість повітря, м/с.

Між кількістю рідини, що випарувалася, і витраченою теплотою є залежність:

$$q = I \cdot r = \alpha \cdot (t_c - t_n) \tag{6}$$

де r – питома теплота випаровування, Дж/кг;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·к);

t_c, t_n – температури навколишнього середовища і поверхні випаровування відповідно.

Оскільки для адіабатного випаровування температура навколишнього середовища дорівнює температурі сухого термометра, а температура поверхні – температурі мокрого, то:

$$I = \frac{W}{F_\tau} = \frac{\alpha}{r} (t_c - t_m) \quad (7)$$

Починаючи від точки k_1 (перша критична точка) швидкість випаровування знижується (III період сушіння). Точка k_1 відповідає початку випаровування з матеріалу зв'язаної (гігроскопічної вологи). Відповідна цій точці вологість називається критичною вологістю матеріалу. Вона більша гігроскопічної, бо при сушінні вологість внутрішніх шарів матеріалу більша, ніж на поверхні і залежить від товщини матеріалу і режиму сушіння (швидкості і параметрів сушильного агента). Зниження коефіцієнта α в III періоді сушіння враховують через відповідну зміну вологовмісту:

$$\alpha / \alpha_0 = W_r / W_{кр} \quad (8)$$

де α_0 – коефіцієнт тепловіддачі в періоді постійної швидкості сушіння;

$W_c, W_{кр}$ – кінцева і критична вологість матеріалу відповідно;

n – показник степеня, що залежить від властивостей матеріалу і визначається експериментально.

В кінці сушіння крива сушіння асимптотично наближається до лінії рівноважної вологості, причому W_p (рівноважна вологість) відповідає вибраному режиму сушіння. При рівноважній вологості сушіння закінчується, його швидкість дорівнює нулю. Для тонких матеріалів період I настільки короткочасний, що на кривій сушіння його не видно. Для товстих матеріалів, особливо тих, що характеризуються малою вологопроникністю, періоду постійної швидкості сушіння (II) може і не бути.

Теоретично рівноважна вологість може бути досягнута лише при нескінченно великій тривалості сушіння; вологість, близька до рівноважної, досягається після закінчення деякого проміжку часу.

Кінцева вологість продукту при виході із сушарки повинна вибиратися залежно від його призначення, умов транспортування і збереження. Найчастіше кінцева вологість напівфабрикатів становить 5...6 %.

Основними факторами, що впливають на процес сушіння, є: температура сушильного агента, швидкість повітряного потоку, відносна вологість повітря, тиск, ступінь подрібнення сировини, товщина шару [4, 6, 7]. На початку сушіння збільшення температури сушильного агента призводить до прискорення процесу сушіння. Але одночасно збільшуються теплові втрати, які найбільш суттєво в кінці сушіння, коли матеріал має низьку вологість. При сушінні сировини в нерухомому шарі нижній пласт стикається з сушильним агентом, який нагрітий до максимальної температури і з сушильною сіткою, це призводить до місцевих перегрівів (максимальна температура не більше 70...75 °С).

Швидкість повітряного потоку впливає на швидкість сушіння тільки на ділянці постійної швидкості (при постійній температурі і відносній вологості). Чим

вище швидкість повітряного потоку, тим вище швидкість сушки. Цей вплив є помітним при швидкості повітряного потоку 5 м/с. Подальше збільшення швидкості повітряного потоку обмежується тим, що струмінь повітря «зриває» з сушильної поверхні дрібні шматочки висушуваного матеріалу. Ця властивість повітряного потоку використовується при сушінні в «киплячому шарі», коли швидкість повітряного потоку складає 5...15 м/с. В кінці сушіння швидкість повітряного потоку не чинить суттєвого впливу на швидкість сушіння. На даній ділянці швидкість не більше 1 м/с.

При постійній температурі та швидкості повітряного потоку зниження швидкості сушіння на першому етапі прямо пропорційно збільшенню відносної вологості повітря. Потім ця залежність зменшується і знову зростає на кінцевому етапі сушіння. В цей момент залежність процесу сушіння від відносної вологості повітря визначається значенням рівноважного вологовмісту, яке відповідає залишковій вологості висушуваного матеріалу.

Зниження тиску прискорює процес сушіння, але лише на першому етапі. Збільшення товщини шару знижує швидкість сушіння, в основному, на першому етапі. За мірою висихання товщина шару зменшується, і швидкість сушіння підвищується. Питоме навантаження впливає на продуктивність сушильного обладнання. Зі збільшенням товщини шару продуктивність буде зростати, але до певної межі питомого навантаження матеріалу, потім це призводить до зниження продуктивності сушильного обладнання [7].

У процесі сушіння з продуктами відбуваються значні зміни. Вони залежать, в першу чергу, від обраного способу і режиму сушіння. Основні зміни це: усадка, зміна забарвлення, затвердіння, порушення відновлювальної здатності, втрата летких речовин [8].

Усадка матеріалу при сушінні – природний процес під час сушіння, коли сировина зменшується в розмірах. Овочі належать до числа капілярно-пористих матеріалів, тому при сушінні дають значну усадку, зменшуючись в об'ємі в 3...4 рази. Об'ємна усадка харчових рослинних матеріалів має лінійну залежність від вологовмісту матеріалу і визначається за формулою:

$$V = V_c \cdot (1 + \beta_v) \quad (9)$$

де V – об'єм частинки в будь-який момент сушіння, см^3 ; V_c – об'єм частинки абсолютно сухого напівфабрикату, см^3 ; β_v – коефіцієнт об'ємної усадки.

При рівномірному сушінні і невеликих перепадах вологи в матеріалі усадка часток відбувається зі збереженням форми. Нерівномірне сушіння призводить до спотворення форми частинок. При великих перепадах вологи – утворюються розриви і тріщини. Незворотні небажані зміни називають побурінням, фарбуванням, обвуглюванням або просто підгоранням. Розрізняють декілька ступенів перегріву. Найлегша – зміна кольору. Цей ступінь перегріву не впливає на зміну смаку та аромату. Побуріння в процесі сушіння викликається реакцією меланоїдиноутворення між амінокислотами і відновлюючими цукрами, карамелізацією за рахунок термічного розкладу цукрів, а також ферментативними реакціями, пов'язаними з процесом окислення поліфенольних сполук. Найпоширеніший спосіб обмеження реакцій побуріння – сульфитація продуктів перед сушінням. В результаті цього підвищується критична температура сушіння. Це дозволяє підвищити температуру сушильного агента і, таким чином, збільшити продуктивність сушильних установок.

Більш сильний перегрів впливає на смакові і відновлюючі властивості, на харчову цінність сушених напівфабрикатів. Підгоряння характеризується максимально допустимою критичною температурою, що в однакових овочів залежить від вологості. Серед овочів найбільш чутливою до підгоряння є цибуля. На кінцевому етапі сушіння критична температура приблизно дорівнює температурі висушуваної сировини. Критичну температуру підгоряння можна підвищити на 5...10 °С, якщо овочі перед сушінням піддати сульфитації.

Колір овочів при сушінні також може змінитися за рахунок реакцій окиснення, якщо висушують овочі, які довго зберігалися в очищеному вигляді.

При сушінні овочів може спостерігатися таке явище, що на певному етапі процес сушіння практично зупиняється. Це відбувається за рахунок того, що на поверхні сировини утворюється практично непроникна для вологи тверда скоринка. За рахунок неї волога не може випаровуватися з поверхні продукту. Продукт всередині залишається вологим. Щоб цього уникнути, продукти в початковий період сушіння при високій відносній вологості висушують при низькій температурі сушильного агента. Якщо овочі нарізані на дрібні шматочки, то поверхневого затвердіння не відбувається.

Під час сушіння може виявлятися порушення регідратаційної (відновлювальної) здатності. Зниження відновлювальної здатності викликається незворотнім перегрівом овочів. Він може відбуватися і без видимої зміни забарвлення (побуріння). Це відбувається за рахунок того, що після випаровування вільної і механічно зв'язаної вологи починає віддаватися фізико-хімічна волога. В результаті цього основні компоненти висушеного матеріалу зазнають різних змін. Серед них найбільш значні – затвердіння амілопектину, пектину і білків.

Випаровуючись з матеріалу при сушінні, волога разом з собою захоплює і легкі компоненти овочів. Внаслідок цього сушені напівфабрикати втрачають смак і аромат. Склад легких речовин залежить від зміни температури продукту в процесі сушіння, а також від тиску парів легких компонентів при даній температурі. Велике значення має також розчинність легких компонентів у воді та інших речовинах висушеного матеріалу. При деяких сучасних методах сушіння до сушених напівфабрикатів додають ароматичні концентрати.

Матеріали та методи досліджень. На підставі аналітичного огляду літератури проведено теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день існують різні способи сушки. Найпоширенішими є наступні: сублімаційна із застосуванням кріодеструкції, конвективна, кондуктивна, високочастотна, інфрачервона тощо. Розглянемо деякі із них.

Найбільш прогресивним із перерахованих способом консервування є сублімаційне заморожування із кріогенним подрібненням. Воно ґрунтується на використанні низьких температур з застосуванням в якості холодоагенту інертного середовища рідкого азоту. Виготовлення порошкоподібних добавок даним способом дає можливість не лише максимально повно зберегти біологічно активні компоненти вихідної сировини, а й збільшити кількість вітамінів та фенольних сполук з Р-вітамінною активністю [9, 10]. Кінцевий продукт отримують із високою пористістю. Відновлений продукт не вимагає додаткової теплової обробки. Завдяки високій мікробіологічній чистоті, отримані порошки часто рекомендують до використання у дитячому та дієтичному харчуванні. Одним із головних недоліків даного способу є його значна вартість. Також сушіння таким способом вимагає

додаткової підготовки теплоносія. Піддавати такій сушці можна лише свіжі продукти, інші – просто не витримують цього процесу.

Основним принципом конвективного сушіння є продування крізь сировину догрітого до максимальної температури повітря або теплоагента. Під час висушування матеріал прогрівається до температур близько 70 °С. До переваг такого способу сушіння слід віднести і те, що за рахунок попереднього заморожування процес відбувається інтенсивніше на 25...30 %. В результаті конвективного сушіння часто отримують продукти із специфічними органолептичними властивостями, що обмежує їх використання. Окрім того, для сушіння можливо використовувати лише сировину із високим вологовмістом. На сьогодні активно ведуться роботи з удосконалення даного способу сушіння [4, 6, 7].

Сушіння кондуктивним способом є більш економічним порівняно із іншими способами зневоднення, що пов'язано із невеликою вартістю обладнання та зниженими енерговитратами у оточуюче середовище. Така сушка відбувається шляхом передачі тепла від теплоносія до продукту через розділяючу їх стінку. В результаті цього отриманий порошок має невисоку споживчу якість та зменшений термін зберігання через його нерівномірну вологість. Сушіння здійснюється за високих температур, що призводить до значних втрат рослинних мікронутрієнтів (до 30...40 %).

Нині відомі способи сушіння овочевої та фруктової сировини із її попереднім обробленням за допомогою високотемпературних теплоносіїв або осаджувачів. Перед сушінням сировина обробляється спеціальними речовинами. Це дозволяє створити на її поверхні тонку плівку, що сприяє нагромадженню парів усередині шматочків при подальшому конвективному сушінні, або ж за рахунок хімічного послаблення клітинних стінок зменшує тривалість процесу сушіння відповідно. Одним із головних недоліків даних способів є суттєві втрати поживних речовин та необхідність додаткового оброблення сировини перед сушінням кислотами, фітином, пектином, розчином сахарози, речовинами, що запобігають знебарвленню.

До методів сушіння, що не потребують наявності теплоносія, відносять мікрохвильове, діелектричне, акустичне та ІЧ-сушіння:

– мікрохвильове сушіння базується на впливі на продукт інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот;

– діелектричне – відбувається за рахунок впливу на продукт струмів високої та надвисокої частоти;

– акустичне – за рахунок самовипарювання вологи в результаті виникнення градієнта загального тиску в матеріалі за допомогою звукових коливань;

– сушіння за допомогою ІЧ-променів відбувається шляхом проникнення ІЧ-променів у товщу продукту та передачі тепла з поверхні сировини в навколишнє середовище. Волога спочатку переміщується всередину продукту, а згодом, за рахунок випарювання з поверхні, починає переміщуватися з середини на поверхню [8].

Привабливість даних способів полягає у збереженні на 80...90 % поживних речовин продукту. Порошок швидко відновлюється та має високі органолептичні показники, високу мікробіологічну чистоту. Така технологія має високу рентабельність. У той же час складна конструкція обладнання потребує особливої кваліфікації персоналу та значних витрат в обслуговуванні й ремонті. Також під час проведення сушіння існує ймовірність термічного пошкодження сировини, що

приведе до значного зниження харчової та біологічної цінності сушеного продукту. Цей фактор сильно звужує сферу використання сухого продукту.

До одних із сучасних методів відносять сушку зі змішаним теплопідведенням (ЗТП-сушку). Цей спосіб заснований на створенні умов для активної гідродинамічної та теплової взаємодії агента сушіння з об'єктом сушіння. Сировина знаходиться в середині спеціального тепломасообмінного модуля – функціональної ємності (ФЄ), в якій площа поверхні на порядок більша масообмінної поверхні. При цьому, на відміну від традиційного конвективного сушіння, теплоносій не має безпосереднього контакту із поверхнею, що віддає вологу і передає теплоту об'єкту через тверду газонепроникну стінку ФЄ будь-яким способом. Роль масообмінної поверхні виконують наявні на поверхні ФЄ зазори (щілини), розміри й розташування яких на поверхні ФЄ визначаються режимами й видами матеріалу, що зневоднюється. Сушильним агентом виступає зволене повітря. Недоліком цього способу сушіння є те, що проводити процес можливо тільки з використанням ФЄ сталих розмірів із певними габаритами. У той же час слід вказати на високу якість отриманих сушених продуктів. За своїми органолептичними і технологічними властивостями сушені продукти не поступаються продуктам, отриманим внаслідок сублимаційного сушіння [11].

Провівши аналіз найбільш поширених способів сушіння рослинної сировини, слід сказати і про те, що на території України є декілька десятків виробників сушених продуктів. У більшості випадків вони не формують ринку, оскільки обсяги їх виробництва є недостатніми, а асортимент обмежений.

Нині на території багатьох європейських країн успішно реалізуються закордонні порошкоподібні добавки, виготовлені методом холодного розпилювального сушіння. В основу способу покладено традиційну технологію розпилювального сушіння. Головною відмінністю модернізованого способу сушіння від традиційного є суттєве зниження температури обробки сировини у сушильній башті (45...50 °С). Низькі температурні режими дають змогу зберегти природні біологічно активних сполуки сировини повною мірою та отримувати високоякісні сушені продукти та порошки із привабливими органолептичними властивостями, які швидко відновлюються у полярних середовищах.

Висновки. Таким чином, на підставі аналітичного огляду літератури щодо способів сушіння овочевої і фруктової сировини показано переваги даного способу консервування, оскільки максимально зберігаються нативні властивості рослинної сировини, процес є природним і економічно рентабельним. Висвітлено сутність фізичних процесів, що відбуваються під час сушіння. Показано, що інтенсивність сушіння залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалів і рушійної сили процесу.

За результатами аналітичних досліджень встановлено, що перспективними способами сушіння, з точки зору збереження харчової цінності, забезпечення відповідних відновлювальних властивостей сушених овочів та фруктів та енергоємності, є способи сублимаційного із криодеструкцією, зі змішаним теплопідведенням та холодного розпилювального сушіння.

Література

1. Мякинникова Е. И., Яралиева З. А. Особенности технологии получения быстровосстанавливаемых криопорошков // Сборник материалов международной научно-технической интернет-конференции. – Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар: Экоинвест, 2011. – 128 с.

2. Назаренко В. О., Юдічева О. П., Жук В. А. Формування якості товарів. – К.: ЦУЛ, 2012. – 386 с.
3. Сушеные плоды и овощи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: http://www.znaytovar.ru/s/Sushenye_plody_i_ovoshhi.html.
4. Антипов С. Т. Тепло- и массообмен при конвективной сушке в движущемся слое продукта // Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности : Сб. науч. тр. /Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2003. – Вып. 13. – С. 6–9.
5. Информационный портал "Пищевик". Новые виды фруктово-ягодного и овощного сырья, их использование в производстве кондитерских изделий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: http://mppnik.ru/publ/novye_vidy_fruktovo_jagodnogo_i_ovoshhnogo_syrya_ikh_ispolzovanie_v_proizvodstve_konditerskikh_izdelij/1-1-0-151.
6. Транспортирование сушеных фруктов и овощей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.znaytovar.ru/s/Transportirovanie-i-xranenie-s.html>.
7. Снежкин Ю. Ф. Научные основы разработки ресурсосберегающих технологий производства фруктово-ягодных порошков: дисс. ... доктора техн. наук: 05.14.04 и 05.18.12 / Снежкин Юрий Федорович. – К., 1993. – 631 с.
8. Пенкин А. А. Разработка устройства инфракрасного излучения для термической обработки зерна и локального обогрева: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – М., 2005. – 20 с.
9. Антипов С. Т. Влияние значений напряженности электромагнитного поля на процесс диэлектрической сушки семян кориандра // Хранение и переработка сельхоз. сырья. – 2002. – №9. – С. 50–51.
10. Новые технологии биологически активных добавок с использованием в продуктах иммуномоделирующего и радиозащитного действия : монография / [Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, В. В. Погарская и др.]. – К.: Харьк. гос. академия технологий и организации питания, 2002. – 205 с.
11. Погожих Н. И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях. Специальность 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьков, 2002. – 365 с.

Стаття надійшла до редакції 17.09.2015

УДК 637.352:613.22

Ткаченко Н. А.*, д. т. н., професор, (nataliya.n-2013@yandex.ua) ©

Українцева Ю. С.*, аспірант, (yuliy@i.ua)

Авершина А. С.***, к. т. н., (nanya-82@mail.ru)

*Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

**Луганський національний аграрний університет, м. Луганськ, Україна

ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД БІЛКІВ У ПАСТАХ ДЛЯ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ

У статті наведено результати визначення фракційного складу білків у пастах для дитячого харчування. Показано, що використання у технології білкових паст для дитячого харчування термостатного способу виробництва і розроблених заквашувальних композицій із монокультур *V. animalis* Vb-12 та змішаних культур *Lactococcus lactis* ssp. з підвищеними протеолітичними властивостями у складі замороженого бакконцентрату *F DVS C-303* (або *F DVS C-303*) чи у складі бакконцентрату *FD DVS CH N-11* (або *FD DVS CH N-19*, або *FD DVS CH N-22*, або *FD DVS Flora-danica*), отриманого ліофільним сушінням, дозволяє отримати продукти