

УДК 664.956.001.1:621.3.023

О. А. СЕВЕРИН, Т. О. КОЛІСНИЧЕНКО, Г. В. НОВИК, К. А. ДЯТЧЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

У роботі досліджувалося осмотичне видалення вологи, в якості попереднього способу який порушує цілісність структури клітини і посилення процесу електроосмосом. Електроосмотичне зневоднювання харчових продуктів інтенсивніше осмотичного, це обґрунтовано експериментально. Досліджувалася можливість комбінування електроосмосу і традиційних способів видалення вологи з харчових продуктів. Отримані результати свідчать про доцільність застосування електроосмосу для скорочення тривалості сушіння без погіршення фізико-хімічних показників продукту.

Ключові слова: енергозбереження, осмос, харчові продукти, попередня обробка, науково-обґрунтовані методи, переробка.

В работе исследовалось осмотическое удаление влаги, в качестве предварительного способа, который нарушает целостность структуры клетки и усиления процесса электроосмоса. Электроосмотическое обезвоживание пищевых продуктов интенсивнее осмотического, это обосновано экспериментально. Исследовалась возможность комбинирования электроосмоса и традиционных способов удаления влаги из пищевых продуктов. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения электроосмоса для сокращения продолжительности сушки без ухудшения физико-химических показателей продукта.

Ключевые слова: энергосбережение, осмос, пищевые продукты, предварительная обработка, научно-обоснованные методы, переработка.

The paper studied osmotic moisture removal, as a preliminary way that violates the integrity of the structure of cells and strengthen the process of electroosmosis. Elektroosmotychno food dehydration osmotic intense, it proved experimentally. We investigated the possibility of combining electroosmosis and traditional ways to remove moisture from the food. The results indicate the feasibility of reducing the length of electroosmosis for drying without deteriorating physical and chemical characteristics of the product.

Keywords: energy saving, osmosis, foods, pre-treatment, evidence-based methods of processing..

Вступ.

Дослідження харчових продуктів, як об'єктів підлягаючих зневоднюванню показують, що основні закономірності фізичних і біологічних процесів, що протікають у них, залежить від особливостей і характеру зв'язку вологи з твердим каркасом матеріалу і розчиненими у воді речовинами. При механічному (капілярно-зв'язана волога) зв'язку відсутня міцна взаємодія вологи з твердим каркасом, тому її видалення не обумовлюється значними витратами енергії і здійснюється різними методами. Осмотично зв'язана волога в продукті, як вид фізико-хімічного зв'язку, перебуває усередині кліток і обумовлює дифузію ускладнену напівпроникною мембраною. Для порушення цього зв'язку необхідні більш значні витрати енергії. Найбільша кількість тепла необхідно для видалення монослою адсорбованих молекул води.

Видаляючи механічно зв'язану вологу частіше застосовують конвективний спосіб сушіння. Істотними недоліками якого є високі енерговитрати процесу, а також те, що сушильний агент впливаючи на тепломасообмінні процеси, які відбуваються в продукті, спочатку спричинює інтенсифікацію переміщення зони випару всередину й утворенню в поверхневих шарах продукту збільшеного змісту сухих речовин, що ускладнює процес зневоднювання і погіршує випар вологи з глибини матеріалу. Комбінована конвективно-електроосмотичне сушіння стримує вищевикладені негативні зміни.

Осмосом можна назвати дифузію, ускладнену наявністю напівпроникної мембрани, при якій вирівнювання концентрацій відбувається за рахунок переміщення розчинника від місця з його більшою концентрацією до місця, де його концентрація менше.

Висока розчинююча здатність води пояснюється дипольним характером її молекул і їхньому прагненню до утворення водневих зв'язків. Властивості водних розчинів залежить від сил взаємодії між молекулами води і розчинених речовин. Осмос являє собою процес дифузії розчинника через напівпроникну перегородку під дією кінетичної енергії молекул, тобто дифузія розчинника з області з більш високим парціальним тиском (меншою концентрацією розчину) протікає у бік меншого парціального тиску водяної пари (більшої концентрації розчину). В рослинній клітині з концентрованим розчином надходить із середовища з менш концентрованим розчином. У результаті виникає осмотичний тиск (сила, що обумовлює дифузію молекул) який показує, на скільки тиск води в розчині менше, ніж у чистій воді при тій же температурі і загальному атмосферному тиску. Осмос не залежить від зовнішнього тиску. У рослинних тканинах вода під дією осмотичного тиску перебуває в стані натягу — тургору. Клітинні оболонки завдяки еластичності здатні витримувати таку напругу. Стан напруги клітинних стінок рослинних тканин під дією тургору створює опору тканинам. Якість багатьох продуктів залежить від стану їхнього тургору. При надлишку вологи тургор підсилюється, що може призвести до розтріскування плодів і овочів, при нестачі вологи настає плазмоліз, коли протоплазма зморщується і відокремлюється від клітинної оболонки. Осмотично-зв'язана волога перебуває усередині кліток у напівпроникному мішечку. Осмотичне проникнення води відбувається без виділення тепла і стиску системи. Даний вигляд води не відрізняється від звичайної, при сушці переміщається усередині матеріалу без фазового перетворення – у вигляді рідини.

© О.А. Северин, Т.О. Колісниченко, Г.В. Новик, К.А. Дятченко, 2016

При більш високій концентрації розчинних речовин у зовнішніх шарах матеріалу волога осмотично дифундує в ці шари через напівпроникні стінки кліток. Таким чином, процес видалення цієї вологи аналогічний і протилежний осмотичному проникненню всередину клітини.

Стосовно до технологічних процесів консервного виробництва явище осмосу спостерігається при зануренні плодів у цукровий розчин [1, 5, 6]. При цьому концентрація вологи усередині рослинної клітини більше, ніж у навколишньому її концентрованому розчині і волога з клітки відповідно до закону дифузії самовільно переміщається в оточуючий її розчин. З цього випливає, що зовнішній розчин «всмоктує» вологу з клітки, збезводнює її, створюючи стан плазмолізу. У клітині ж виникає тиск, який по роду процесу, що викликав, називається осмотичним і досягає кількох МПа. Живлення рослин водою, явище діалізу, явище гіперфільтрації, нарешті, звичайне набрякання – усе це типовоосмотичні ефекти. Розмір осмотичного тиску кліток багатьох рослин становить 5...10 ат, а осмотичний тиск крові людини доходить майже до 8 ат.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

У процесі зберігання рослинна сировина перетерплює зміни мікробіологічного, ферментаційного і біохімічного характеру, що не завжди позитивно впливає на якість. Біохімічні процеси, що інтенсивно протікають у вологому матеріалі приводять до швидкого псування. Біологічно активні речовини – важлива складова харчових продуктів найбільш схильна до несприятливих змін.

Як відомо, вологовміст продукту зворотно пропорційний термінам збереження без додаткової обробки. Для уповільнення і припинення процесу погіршення якості служить зневоднювання. Сушіння, з погляду схоронності корисних речовин у продукті, можна віднести до найбільш раціональних способів обробки рослинної сировини, однак енерговитрати на одиницю готової продукції досить високі. Проведені дослідження відповідають положенням «Енергетичної програми розвитку України до 2020 року».

Постановка задачі. Дослідження процесу осмосу, як інтенсифікуючого зневоднення, комбінуючи його з конвективним методом видалення вологи.

Викладання основного матеріалу досліджень. Теорія осмотичних явищ описується в курсах термодинаміки і статистичної фізики. Тиск, який необхідно прикласти до концентрованого розчину, щоб перешкодити переносу розчинника через мембрану, називається осмотичним тиском. Його можна приблизно розрахувати по характеристичному рівнянню для газів:

$$P = \frac{G}{M} RT \quad (1)$$

де G — масова концентрація, г/дм³,

M — молекулярна маса,

R – універсальна газова постійна

З формули випливає, що адсорбуюча сила розчину буде тим вище, чим більше масова концентрація і чим менше молекулярна маса плазмолітика, що обумовлюється його природою. Підвищення температури також приводить до збільшення осмотичного тиску, однак доти, поки зберігається структура цитоплазматичної мембрани. Очевидно, після того, як підвищення температури приводить до пошкодження цитоплазми і збільшенню клітинної проникності, процес осмотичного зневоднення буде падати.

Об'єктами досліджень служили насінні та кісточкові плоди. В якості осмотично-дієвої речовини служив цукровий сироп різних концентрацій. Підготовлені плоди нарізані дисками занурювали в цукровий сироп концентрацією 50...70 % з температурою 25 °С.

Кінетика осмотичного зневоднення (рис.1а) характеризується тим, що при збільшенні концентрації сиропу швидкість соковиділення рівномірно зростає, а після 40 годин майже припиняється.

Експериментально доведено, що при концентрації цукрового сиропу 50 % втрати маси складають близько 55 %, а при концентрації 70 % - більше 70 % вологи.

Проведений дослід характеризується тим, що швидкість осмотичного зневоднення на третю добу майже припиняється, причому після двох діб обробки продукт втрачає до 75 % маси, що відповідає кінцевій вологості 25...45 %.

Результати експерименту свідчать про те, що осмотичне зневоднення не забезпечує технологічної якості загального застосування при сушінні, а обробка більш ніж три доби недоцільна з технологічно-економічної точки зору. З огляду на це, даний спосіб видалення вологи може застосовуватись як попередній, або проміжний.

Дослідження зміни вологовмісту продукту (рис. 1б) від температури осмотично дієвої речовини проводили в температурному діапазоні від 25 до 55 °С на протязі 7 годин з періодичністю 1 година. Після 7 годин процес стабілізується і його підсилення вимагає значно більших енерговитрат, що недоцільно з техніко-економічної точки зору. Проведений експеримент свідчить про те, що найбільш раціональна температура сиропу 40 °С. Це обумовлюється тим, що енерговитрати на підігрів води до температури більше ніж 40 °С, приймаючи до уваги технологічні особливості осмотичного зневоднення, недоцільні з економічної точки зору.

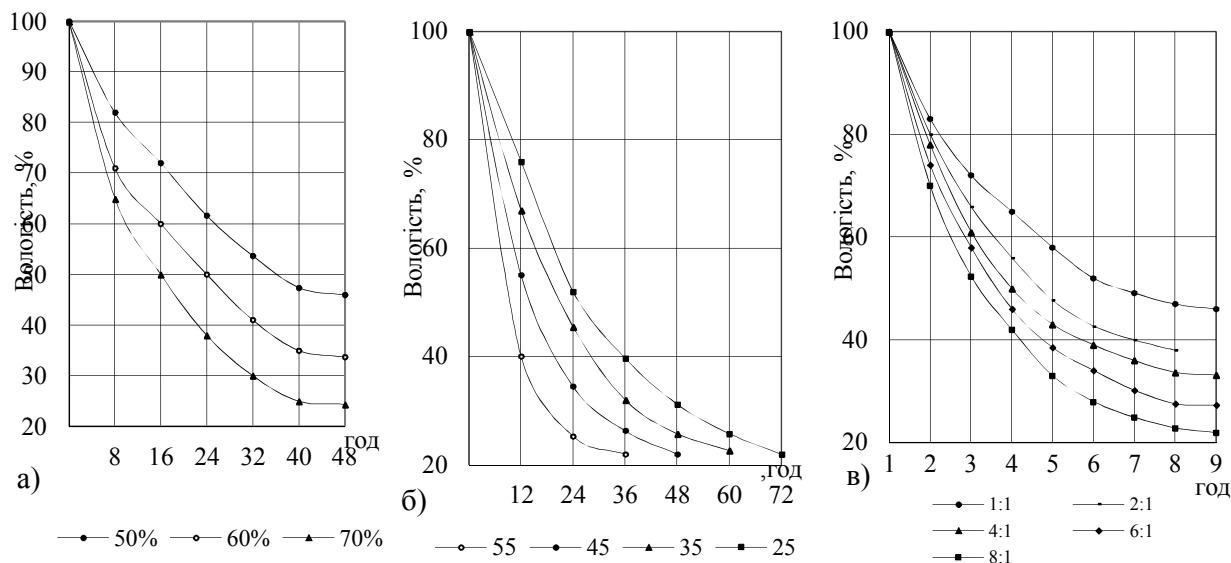


Рис. 1. Залежність зміни вологості продукту: а) від концентрації цукрового сиропу; б) від температури сиропу; в) при різних кількісних співвідношеннях сироп-плоди

Ще одним з визначальних факторів є те, що при підвищенні температури сиропу органолептичні показники продукту значно змінюються і не відповідають вимогам які пред'являються до сушеної продукції (знижена кислотність і підвищений вміст цукру).

Взаємозв'язок різних співвідношень між плодами і сиропом (рис. 1в) характеризується тим, що з підвищенням маси сиропу по відношенню до кількості плодів збільшуються втягувальні властивості осмотично дієвої речовини. Дослід проводили при співвідношеннях від 1:1 до 1:8. З графіка видно, що при співвідношенні 8:1 сила осмотичного волого видалення найкраща, але з економічної точки зору таке співвідношення недоцільне. Це пояснюється вартістю цукру і дане співвідношення значно підвищує собівартість продукції. Проведений експеримент показав доцільність використання співвідношення 4:1 для практичних цілей.

Осмотичне зневоднювання плодів з наступним тепловим сушінням дозволяє видалити значну частину вологи із сировини без фазових перетворень і одержати новий вид сушених продуктів, що значно перевершують своєю якістю плоди зневоднені тільки тепловим сушінням, але досягти вологовмісту, який загальноприйнятий в харчовій промисловості для сушених продуктів не представляється можливим.

На першому етапі відбувається видалення вологи яка знаходиться в міжклітинному просторі, після чого видалається механічно зв'язана. Розрив фізико-хімічного зв'язку настає на останньому етапі. Під впливом електричного поля, волога в продукті переміщується у бік напруженості електричного поля. У результаті електрообробки в продукті відбувається ряд процесів: електроосмос,

електроліз, обмінні реакції, утворення і нагромадження нових хімічних сполук тощо, це призводить до ущільнення структури матеріалу, що висушується.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Доцільно зазначити, що проведені дослідження характеризуючи основні показники осмотичного зневоднення показують взаємозв'язок температури, концентрації і співвідношення осмотично дієвої речовини. Але є сенс враховувати технологіко-економічні фактори осмотичного зневоднення, які стримують впровадження найбільш оптимальних параметрів осмотично дієвої речовини. Нами визначені найбільш раціональні параметри – при концентрації цукрового сиропу 60 % видалається більше 55 % маси, якщо температура сиропу 40 °C то зневоднення до вологості 25 % триває до трьох діб, а відношення плоди-сироп як 1:4 забезпечує вологість 32 % за 9 годин. Враховуючи доцільність з технологічної точки зору щодо сушарного виробництва, осмотичне зневоднення можливо рекомендувати як проміжний етап сушіння продукції, або для виготовлення нових видів продукції. Незважаючи на доцільність застосування осмотичного зневоднення він має ряд недоліків, основними серед яких є тривалість і відносна дороговизна процесу. Осмос можливо підсилити застосовуючи накладення на продукт електричного поля постійного струму – електроосмос. Фізична сутність електроосмосу полягає в переміщенні позитивно заряджених іонів до негативно зарядженого електрода з “захопленням” при цьому молекул води. Це доцільно з огляду на вартість і тривалість процесу. Тому дослідження електроосмотичного видалення вологи є перспективним способом видалення вологи.

Список литературы

1. Рубцов П.А., Осетров П.А., Бондаренко С.Б. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. – М.: «Колос», 1971. – 527 с.
2. Тихомолова К.П. Электроосмос. – Л.: Химия, 1989. – 248 с.
3. Рекомендации по электроосушению и электрохимическому закреплению грунтов. Москва, 1971 – 32с.
4. Немировский А.Б. Оптимизация конвективно-электроосмотической сушки обмоток электродвигателей //Проблеммы энергосбережения 1993, № 1, с 74–78.
5. Гришин М.А. и др. Установки сушки пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат 1989 215 с..
6. Грачева Л. И., Вербицкий А. П., Северин А. А. Основы сушки с использованием природных источников энергии. – Симферополь: Таврида, 2002. – 325 с.

Bibliography (transliterated)

1. Rubtsov P.A., Osetrov P.A., Bondarenko S.B. Prymenenye elektricheskoy enerhiyy v sel'skom khozyaystve. – M.: «Kolos», 1971. – 527 p.
2. Tykhomolova K. P. Elektroosmos. – L.: Khimiya, 1989. – 248 p.
3. Rekomendatsyy po elektroosushenyuu y elektrokhimicheskomu zakreplenyuu hruntov. Moskva, 1971, – 32 p.
4. Nemyrovskyy A.B. Optymyzatsyya konvektyvno- elektroosmotycheskoy sushky obmotok elektrodvyhateley //Problemmy enerhosberezhennyya 1993 No. 1, – p. 74–78.
5. Hryshyn M.A. y dr. Ustanovky sushky pyshchevykh produktov. Moskva: Ahropromyzdat 1989, – 215 p.
6. Hracheva L. Y., Verbytskyy A. P., Severyn A. A. Osnovi sushky s yspol'zovanyem pryrodnykh ystochnykov enerhiyy. – Symferopol': Tavryda, 2002. – 325 p.

Поступила (received) 07.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження енергозберігаючої обробки харчових продуктів / О.А. Северин, Т.О. Колісниченко, Г.В. Новік, К.А. Дятченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1191). – С. 72–75. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования энергосберегающей обработки пищевых продуктов / А.А. Северин, Т.А. Колесниченко, А.В. Новик, К.А. Дятченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 72–75. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Research energy-saving food processing / O. A. Severyn, T.A. Kolesnychenko, A.V. Novyk, K.A. Dyatchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 72–75. Bibliog.:6 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Северин Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Severyn Oleksii Anatolievich – Phd, candidate of technical sciences, ass. Professor, Department of Food technologies, processes and apparatus Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Северин Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Колісниченко Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru.

Kolisnychenko Tetiana Oleksandrivna – Phd, candidate of technical sciences, ass. Professor, Department of Food technologies Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Колесниченко Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Новік Ганна Вікторівна – асистент кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Novik Hanna Viktorivna – ass. Department of Food technologies Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Новик Анна Викторовна – асистент кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Дятченко Карина Андріївна – студентка кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net.

Dyatchenko Karina Andriivna – student, Department of Food technologies, processes and apparatus Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net. +3806664522489; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Дятченко Карина Андреевна – студентка кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net.