

УДК 664.8.047.3

## МЕТОД ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВИСОКОВО- ЛОГОЇ ЯБЛУЧНОЇ СИРОВИНИ

Савойський О. Ю., ст. викл.

*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна*

**Постановка проблеми.** Овочі і фрукти є незамінним джерелом найважливіших біологічно активних речовин — вітамінів, вуглеводів і мінералів, необхідних для нормальної життєдіяльності людини. В переробній та харчовій промисловості для отримання продуктів довготривалого зберігання виробляються у сушеному вигляді. На даний момент існує велика кількість методів сушіння, але аналіз показує, що існуючі методи досить дорого коштують, енергоємні і іноді малоефективні [1].

На даний час розроблено ряд електрофізичних методів інтенсифікації процесу сушіння, в тому числі - обробка інфрачервоним випромінюванням, обробка в електростатичному полі, високочастотна і надвисокочастотна, акустична обробка та ін. Також відомі методи електроконтактного нагріву плодоовочевої сировини струмом підвищеної частоти 5-25 кГц [2, 3]. Однак, цим методам характерні значні енергозатрати, крім цього, збільшення частоти струму може призвести до виникнення нерівномірних полів температур в продукті, що нагрівається та ін. В результаті аналізу наведених в джерелах інформації результатів досліджень можна зробити висновок, що більшість з них пов'язані з особливостями конкретного виду та сорту фруктів, що не дозволяє уніфікувати підхід до питань розробки вказаних методів зневоднення та технічних систем на їх основі. Викладене вище дозволяє сформулювати основні задачі та принципи розробки нових методів сушіння та можливість їх комбінації для зменшення енергозатрат в процесі обробки сировини.

**Основні матеріали дослідження.** Збуджуючий вплив електричного струму на живі тканини відомий в біології давно [4]. Спосіб обробки плодів і ягід, що підлягають сушінню, прямим електроконтактним нагрівом заключається в тому, що через плоди або нарізані шматочки пропускається змінний електричний струм різної величини напруги та частоти.

Нами проведені експериментальні дослідження кінетики сушіння яблук, нарізаних циліндричними пластинами товщиною 5 мм. Дослідження електроконтактного нагріву яблук струмами промислової частоти проводились перед початком сушіння на лабораторній установці .

З метою інтенсифікації підводу енергії до висушеного зразка, а значить пришвидшення процесу зневоднення, нами запропонована дослідна установка [5]. Пілотний варіант дослідної установки був обладнаний: джерелом живлення; ЛАТРОм; вольтметром; міліамперметром; двома плоскими електродами; таймером; електронними вагами; сушильною шафою; джерелом ультразвуку.

Для визначення параметрів сушіння, досліджувані зразки поміщалися в сушильну шафу з температурою повітря всередині шафи 55 °С. При цьому на зразок чинилася дія ультразвукових коливань.

Виходячи із теорії сушіння, найбільша кількість енергії повинна бути затрачена в період прогрівання зразка та на початку першого періоду сушіння. Тому, для інтенсифікації підводу енергії в період прогрівання нами запропоновано використання прямого електричного нагріву для підігріву зразків в процесі зневоднення.

Механізм впливу електричного струму на структуру зразків яблук зв'язаний з переміщенням іонів всередині клітини, при чому їх вільному переносу перешкоджають напівпроникні оболонки клітин. В результаті цього у напівпроникних мембранах має місце зміна концентрації іонів, що і являється причиною електричного збудження, яке супроводжується підвищенням їх проникності, що полегшує дифузію їх складового в навколишнє середовище. За рахунок даного явища тривалість процесу зневоднення зразків яблук значно зменшується.

Електроди для подачі додаткової потужності накладалися на торцеві поверхні зразків. Однакова сила притиску забезпечувалась спеціальними гумовими затискачами. Електроди виготовлені із нержавіючої сталі товщиною 2 мм. Дослідження показали, що на характер підігріву шару яблук струмом промислової частоти істотний вплив чинить підведена напруга.

З підвищенням напруги має місце інтенсивний підігрів матеріалу. Температура його швидко збільшується, досягаючи температури кипіння води. При цьому волога не встигає повністю виходити у вигляді пари і кипить всередині матеріалу. Це приводить до руйнування кліткової структури яблук. При цьому вони темніють, тому оптимальне значення напруги, та відповідно значення прикладеної потужності вибирались виходячи із візуальної оцінки стану зразків. Також експериментально був визначений термін прогрівання – не більше 1 хв.

Крім визначення зміни маси та вологості зразків, нами вимірювалась величина електропровідності продукту. Все це робилося для експрес оцінки вмісту вологи у висушеному продукті та оцінки можливості та періоду використання прямого електричного підігріву.

Досліджена динаміка зміни провідності зразка в залежності від часу сушіння показала, що під дією електричного струму підвищується проникність клітин яблука, що приводить до збільшення соковіддачі.

При цьому відмічається зниження електричного опору рослинної сировини. Також на основі отриманих залежностей, можна зробити висновок, що підігрів сировини прямим електронагрівом найбільш доцільно проводити в перший період сушіння, так як при цьому проходить швидка зупинка всіх процесів життєдіяльності клітин, що забезпечує збереженість корисних речовин і прискорення процесу видалення вільної вологи із матеріалу. При цьому забезпечується енергоекономічність процесу за рахунок високої провідності зразків.

Досліджена динаміка зміни маси зразків яблук на протязі сушіння показала, що обробка шару яблук електричним струмом промислової частоти та ультразвуком на початку сушіння прискорює процес його зневоднення. Експериментальні дослідження показали, що додаткове використання прямого електронагріву в процесі конвективного сушіння дозволить скоротити час сушіння продукту на 14%, а додаткового прямого електронагріву та ультразвуку – до 20%.

**Висновки.** Результати досліджень свідчать про те, що для інтенсифікації сушіння яблук доцільно перед початком процесу проводити підвищення їх температури шляхом прямого електроконтактного нагріву та використання в процесі сушіння ультразвуку. Це дозволить зменшити час зневоднення та знизити питомі енергозатрати на одиницю готової продукції.

#### Список використаних джерел

1. Савойський О. Ю. Аналіз методів сушіння плодоовочевої сировини та їх класифікація. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2016. Вип. 175. С. 85–88.
2. Рогов И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат, 1988 – 272 с.
3. Способ сушки и обеззараживания фруктов и ягод: пат. 2194228 Российская Федерация: F26B3/347, A23B7/02 / И.М. Чекрыгина, В.Г. Букреев, А.Д. Еремин; заявитель и патентообладатель «Таганрогский научно-исследовательский институт связи». - № 2000123044/13 ; заявл. 04.09.2000 ; опубл. 10.12.2002.
4. Попов А. М., Тихонов Н.В., Тихонова И.Н. Исследование технологических процессов для концентрации и стерилизации соков методом прямого нагрева. Техника и технология пищевых производств. 2013. Вып. 1. С. 81–87.
5. Савойський О.Ю., Яковлев В.Ф. Электрофизический метод интенсификации процессу сушки фруктов. Науковий вісник державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь, ТДАТУ, 2017. Вип 9, Т.1. с. 219-224. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.