

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ СУШКИ ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Савойський О. Ю.

Сумський національний аграрний університет

*Проведено аналіз методів сушіння сільськогосподарської продукції та запропоновано їх класифікацію для подальшої реалізації на практиці найбільш ефективного з енергетичної точки зору методу сушіння.*

**Постановка задачі.** У більшості харчових продуктів міститься значна кількість води, яка входить в рослинні і тваринні тканини і є необхідною складовою їх частиною. Однак, надлишок води знижує поживну цінність продовольства, збільшує витрати на транспортування і може викликати псування внаслідок життєдіяльності різних мікроорганізмів. Щорічно в Україні збирається значний урожай овочів, фруктів і ягід. Але до столу споживача з вирощеного доходить не більше 30%. Для тривалого збереження плодовоовочевої сировини необхідна спеціальна обробка з метою запобігання її псування. Одним з видів такої обробки є сушка.

**Мега статті.** Аналіз методів сушіння сільськогосподарської продукції та проведення їх класифікації для можливості подальшої реалізації на практиці найбільш ефективного з енергетичної точки зору методу сушіння.

**Основні матеріали дослідження.** В технічній літературі описані різні способи зневоднення сировини рослинного і тваринного походження. Стосовно до сільського господарства і харчових галузей промисловості це пов'язано з загальною задачею підвищення зберігання плодовоовочевої та іншої сільськогосподарської продукції, для чого в останні десятиліття були створені численні технології сушіння різних продуктів.

Причому ці технології знаходять все більш широке застосування [1, 3, 4], спостерігається збільшення виробництва сушених овочів та фруктів.

При будь-якому масштабі використання сушильних технологій, основним завданням є реалізація ряду техніко-економічних параметрів, таких як: мінімальна можлива енергоємність процесу; максимальна однорідність сушіння; мінімальний час виходу на задану вологість та інших характеристик сушки. Ці параметри можуть бути забезпечені грамотним підходом до вибору найбільш придатних до даної конкретної ситуації базових фізичних процесів, що призводять до зневоднення продуктів, відповідних їм технологій сушіння і, нарешті, за рахунок створення обладнання, на якому зазначені процеси і технології можуть бути реалізовані.

На даний момент часу існує велика кількість різних технологій сушіння (зневоднення): природна сушка, аераційна [2], конвекційна, сушка в псевдокиплячому шарі, інфрачервона сушка, сушка в електромагнітному полі надвисоких частот, акустична, сублімаційна і т. д.

Аналіз цих технологій базується на використанні відносно невеликої системи параметрів (критеріїв): продуктивності, енергоємності, швидкості сушіння,

зберігання в процесі сушіння корисних речовин і вітамінів.

Найбільш широко в сільському господарстві та промисловості використовуються технології та обладнання, засновані на конвекційних механізмах зневоднення [4, 5]. Але вони не забезпечують високої якості одержуваної продукції і характеризуються значною енергоємністю процесу.

Зазначені недоліки конвекційної сушки обумовлені специфікою взаємодії гарячого повітря (або іншого теплоагента) з висушуваним матеріалом на різних етапах процесу сушіння.

На початковому етапі сушильного процесу взаємодія протікає досить ефективно, енергоємність процесу мала, а швидкість сушіння досить висока. Однак по мірі висихання продукту і пов'язаного з цим зниження його тепло- і масопровідних характеристик дедалі більша частка теплової енергії не проникає в глиб висушуваних продуктів, а випромінюється в простір. Енергоємність процесу зростає, час сушіння багаторазово збільшується, виникають локальні перегриви продукту (в першу чергу, його поверхневих шарів). Це безпосередньо відбивається на якості готової продукції. Так, для харчових продуктів збільшення часу і температури процесу сушіння призводить до втрати харчової цінності продукту (зниження в ньому вмісту корисних речовин і вітамінів), погіршення його органолептичних характеристик (локальних змін кольору, злипання окремих часток і т. д.)

Отримані такими методами сушені продукти принципово непридатні для подальшого використання в якості інгредієнтів дитячого і дієтичного харчування, мають обмежене застосування в консервній та інших галузях харчової промисловості.

Велика енергоємність процесу (0,7-1,1 Вт/кг) [4] призводить до невиправданих втрат енергії, підвищеного споживання рідких і газоподібних видів палива, енергія спалювання яких використовується в процесах конвективного сушіння. Наслідком останнього є також і зниження екологічної чистоти як технологічного процесу сушіння, так і, власне, одержуваних за допомогою конвекційних технологій сушених овочів і фруктів.

Близькі по суті проблеми виникають при використанні менш поширеної технології сушіння в псевдокиплячому шарі [5].

При використанні даної технології досягається інтенсивне перемішування матеріалу, прискорений тепло- і масообмін, завдяки чому сушильний агент може використовуватися при підвищених температурах без значної втрати якості кінцевого продукту. Відомості про енергоємності процесу зневоднення

досить суперечливі, однак, за наявними оцінками, вона дещо нижча, ніж у класичних конвекційних сушарках, і становить 0,6-0,9 Вт/кг.

Сублимаційні сушарки використовуються для сушіння харчових продуктів у замороженому стані в умовах глибокого вакууму [6]. Основна кількість вологи (75-90%) видаляється при сублимації льоду при температурі продукту нижче 0 (залишковий тиск 6,65-332,50 Н/м або 0,05-2,50 мм.рт.ст.), і тільки видалення залишкової вологи відбувається при нагріванні матеріалу до 40-60°C. При сублимаційному сушінні відсутня окисна дія кисню повітря, в результаті продукти сушіння відрізняються високою якістю, зберігають поживні речовини, що володіють підвищеною здатністю до відновлення, мають незначну усадку, зберігають колір, мають пористу будову. З точки зору збереження якості сублимаційна сушка є найбільш досконалою з усіх способів сушіння. Однак такі сушарки використовуються вкрай рідко внаслідок надмірної собівартості виробленої з їх застосуванням продукції.

Досить перспективним є використання інфрачервоного сушіння та сушіння в електромагнітному полі НВЧ [7, 8, 9], зважаючи на ряд важливих відмінностей від класичних методів нагріву.

По-перше, немає необхідності в наявності теплоносія, що сприяє забрудненню оброблюваного матеріалу; відсутні вибухонебезпечні концентрації.

По-друге, матеріал не перегрівается поблизу теплопередавальної стінки; тепловиділення відбувається в об'ємі матеріалу, і його температура вища, ніж температура стінок апарату.

По-третє, оптимальними конструкційними матеріалами є фторопласт, кварцове скло і т. п., які забезпечують високу стерильність процесу, але створюють серйозні труднощі при підводі тепла звичайними методами. По-четверте, інтенсивність нагріву не залежить від агрегатного стану матеріалу - тільки від його оптичних, діелектричних властивостей і напруженості поля НВЧ.

Для сушіння тонких шарів дуже ефективно використання ІЧ-нагріву. У цьому випадку інтенсифікація сушіння збільшується в 1,5-2,0 рази при зниженні енерговитрат у 1,5 рази [7]. В цілому середня енергоємність процесів, які реалізуються на такому обладнанні, оцінюється на рівні 0,7-1,3 кВт·г/кг [9]. Недоліком цього способу є необхідність "ручного" перемішування продуктів на піддонах в ІЧ-шафах, без якого має місце неоднорідність сушіння і злипання окремих часток між собою.

Найбільші переваги ІЧ- і НВЧ-сушіння проявляються при сушінні сировини з малим вмістом вологи. Для продуктів з високим вихідним рівнем вологості є доцільним поєднати технології конвекційної і ІЧ- або НВЧ-сушки, в єдиний послідовний сушильний процес, в якому кожен з складових його фізичних механізмів працює при близьких до оптимальних параметрах взаємодії з висушуваним об'єктом.

За кілька десятиліть, що минули з моменту появи наукових і технічних передумов для створення апаратури і технологій НВЧ-сушіння створено величезну кількість різних варіацій установок НВЧ- нагрівання. Мікрохвильові установки або НВЧ- установки - обла-

днання, що працює в діапазоні від 300 МГц до 300 ГГц. Найбільше поширення в якості генератора НВЧ- випромінювання в мікрохвильових установках знайшли магнетрони на 2450, 2375 МГц і потужністю від 0,5 до 1 кВт. ККД окремих конструкцій магнетронів досягає 85% [8].

Мікрохвильова сушка забезпечує високу якість продукції, енерго- та ресурсозбереження, швидкість приготування, при цьому нагрів відбувається по всьому об'єму продукту, зменшується руйнування вітамінів, які знаходяться в продукті, біологічно активних речовин та ефірних масел.

При сушінні у полі струмів високої частоти втрати енергії є відносно високими. Тому цей метод використовується лише для виробів, схильних до розтріскування, чутливих до перегрівання тощо.

Також одним із ефективних способів є акустична сушка [10, 11]. Акустична сушка продуктів, заснована на впливі інтенсивних ультразвукових хвиль на продукт, що зневоднюється. Даний процес сушіння носить циклічний характер, хвиля вибиває вологу, що знаходиться на поверхні продукту, потім волога, що залишилася, рівномірно розподіляється по капілярах і процес повторюється знову. Це відбувається до тих пір, поки продукт не досягне заданої вологості.

Принципова особливість способу полягає у тому, що прискорення (у 2-6 разів) процесу сушіння продуктів відбувається без підвищення їхньої температури. Реалізується так зване холодне сушіння. Ця обставина знімає негативні наслідки, пов'язані з термічним впливом на продукт. Саме тому акустичне сушіння є єдиним способом, що придатний для сушіння термо-чутливих матеріалів та речовин, що легко окислюються.

Найдоцільнішим є ультразвукове сушіння для дрібнодисперсних матеріалів [11], що перебувають у процесі оброблення в завішеному стані або у стані неперервного перемішування, так як при цьому є малим порогове значення звукового тиску і забезпечується рівномірне оброблення продукту. Швидкість сушіння зменшується із зростанням товщини шару обробки.

До переваг методу сушіння в акустичних полях високої інтенсивності належить [10]:

- висока інтенсивність процесу сушіння (при сушінні деревини, наприклад, вона може зрости у 5 і більше разів);
- можливість забезпечення якісного та ефективного сушіння при низьких температурах, або принципово без підвищення температури (що виключає руйнування структури, збереження схожості зерна тощо);
- менші енергозатрати; експерименти дозволяють стверджувати що енергозатрати можна зменшити у 1,5-2 і більше разів;
- можливість сушіння практично усіх матеріалів без суттєвої зміни конструкції сушарки;
- екологічність технології завдяки відсутності продуктів горіння палива.

Згадані вище переваги пояснюють велику зацікавленість технологіями ультразвукового сушіння. Однак спроби практичної реалізації процесу зустрічаються з низкою технологічних ускладнень:

- потреба у створенні акустичних коливань у повітряному середовищі з інтенсивностями у 140 дБ;
- необхідність створення сушильної камери, що забезпечувала б рівномірну взаємодію акустичних коливань у всьому об'ємі матеріалу сушіння.

Аналіз вищевикладеного питання дозволяє провести класифікацію методів сушки сільськогосподарської продукції (рис. 1).

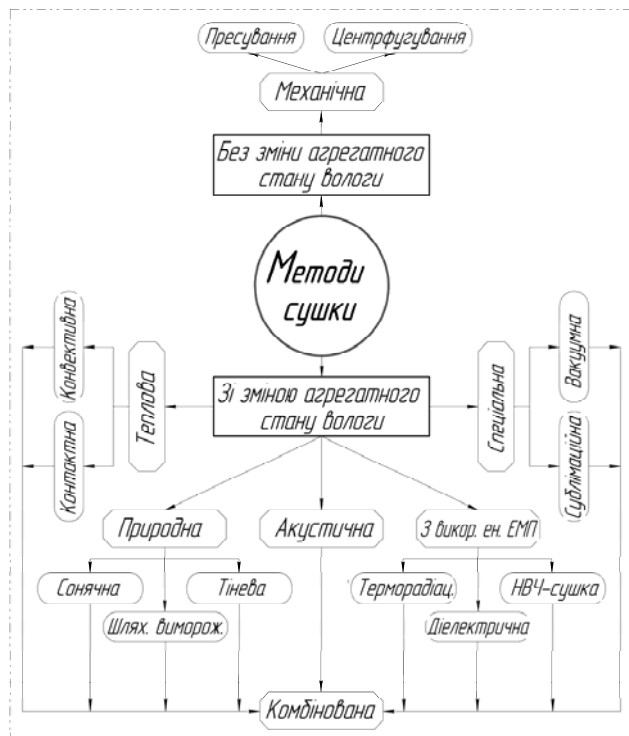


Рисунок 1 – Класифікація методів сушки плодовоовочевої сировини

**Висновки.** Вирішення проблеми інтенсифікації процесу сушіння вимагає розробки і впровадження нових вискоелективних методів і технологій сушки з оптимальним технічним рішенням. Проведений в роботі аналіз показав, що найбільш перспективним варіантом вирішення даного питання є використання комбінованого сушіння, тобто поєднання декількох фізичних механізмів сушки (конвекційної та інфрачервоної або ультразвукової) і досягнення на цій основі подальшого істотного зниження енергоємності процесу зневоднення.

#### Список використаних джерел

1. Касьянов Г. И. Сушка сырья и производство сухих завтраков / Г. И. Касьянов, Г.В. Семенов, В. А. Грицких, Т. Л. Троянова // Учебно-практическое пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: ИКЦ "МарТ", Ростов-на-Дону: издательский центр "МарТ", 2004. - 160 с.
2. Бочаров В. А. Совершенствование элементов технологии сушки овощей. / В. А. Бочаров // Автореф. дис. канд. биол. наук. – Мичуринск: Нижегород. гос. с.-х. акад., 2010. – 27 с.
3. Атаназевич В. И. Сушка пищевых продуктов. / В. И. Атаназевич // - М.; 2000. - 198с.

4. Франко, Е. П. Особенности процесса сушки плодов и овощей / Е. П. Франко, Г. И. Касьянов // В мире научных открытий. - 2010. -№ 4 - С. 176-177.

5. 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.

6. Попова С. Б. Совершенствование процесса сушки тыквы в технологии плодовоовощных концентратов. / С. Б. Попова // Автореф. дисс.канд. техн.наук. - М., 2003. - 25 с.

7. Пенкин А. А. Разработка устройства инфракрасного излучения для термической обработки зерна и локального обогрева. Автореф. дисс.канд. техн.наук. - М., 2005. - 20с.

8. Хабибов Ф. Ю., Гойибова Д. Ф. Исследование процесса сушки тыквы при комбинированном энергоподводе // Молодой ученый. — 2014. — №21. — С. 238-240.

9. Антипов С. Т., Валуйский В. Я., Меснянкин. Тепло- и массообмен при сушке в аппаратах с вращающимся барабаном. / Воронеж, гос.технол.акад.-Воронеж, 2001. – 308 с.

10. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В. Н. Хмелев, А. Н. Сливин, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок, А. В. Шалунов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. - 203с. ISBN 978-5-9257- 0187-4.

11. Хмелев В. Н., Шалунов А. В., Барсуков Р. В., Цыганок С. Н., Лебедев А. Н. Исследование эффективности ультразвуковой сушки [Электронный ресурс]. - Электронный журнал "Техническая акустика", 2009. – С.6.

#### Анотация

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ СУШКИ ПЛОДОВООВОЩНОГО СЫРЬЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Савойский А. Ю.

*Проведен анализ методов сушки сельскохозяйственной продукции и предложена их классификация для дальнейшей реализации на практике наиболее эффективного с энергетической точки зрения метода сушки.*

#### Abstract

### ANALYSIS OF METHODS OF DRYING FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS AND THEIR CLASSIFICATION

A. Savoyskiy

*The analysis of methods of drying of agricultural products and their classification for possible further implementation in practice, the most efficient from the energy point of view, the method of drying.*