



ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 66.047.3.085.1:[633.854.78:631.53.01]

СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ

Бандура Валентина Миколаївна к.т.н., професор
Вінницький національний аграрний університет
Маренченко Олена Іванівна аспірант
Пилипенко Євгеній Олександрович аспірант
Одеська національна академія харчових технологій
Bandura V.
Vinnitsa National Agrarian University
Marenchenko O.
Pulypenko E.
Odessa national academy of food technologies

Анотація: показана енергетична та технологічна перспектива зневоднення соняшника у стрічковій ІЧ-сушарці. Представлено схему та завдання експериментальних досліджень. Аналізуються результати експериментів, що отримані на зневодненні соняшника.

Ключові слова: ІЧ-сушіння, насіння соняшника, енергоефективність.

Вступ

Соняшник відноситься до рослин, які пізно дозрівають, до групи олійних культур з тривалішим, ніж в зернових колосових культур, вегетаційним періодом.

Зерно соняшника, яке йде на переробку, сушать, як правило, до вологості 7-8%, а призначені для тривалого зберігання – до 6-7% [1]. Збирання зерна соняшника припадає на третю декаду серпня і вересень-жовтень, тобто збігається з періодом підвищеної вологості та зниженої температури зовнішнього повітря. До 50% всього зерна соняшника, що заготовлюються олієекстракційними підприємствами та хлібоприймальними пунктами має вологість до 20 % і вище.

Формулювання проблеми та наукової гіпотези

Найважливішим процесом в технології виробництва олії з зерна соняшника є сушіння, від виконання якого залежить якість майбутнього продукту. За анатомічною і структурною будовою та хімічним складом окрема зернина, як об'єкт сушіння, є біоколоїдною системою двокомпонентного поєднання: капілярно-пористого (плодова оболонка) і колоїдного (ядро) тіл, для яких характерна наявність усіх видів зв'язку вологи згідно з класифікацією академіка Н. А. Ребіндера [2].

Специфічні властивості зерна соняшника як об'єкта сушіння: неоднорідність складу насінини (наявність ядра, плодової і насінневої оболонок), природна неоднорідність зерна за розмірами, масою і вологістю, низька міцність плодової оболонки, низька теплопровідність, термолабільність білкової і ліпідної частини зернини – висувають особливі вимоги до способу сушіння і до конструкції сушильних пристроїв [3].

Наразі в теплотехнологіях сушіння є серйозні протиріччя. З однієї сторони для підвищення продуктивності сушарок необхідно збільшити витрати енергії, для інтенсифікації волого перенесення підвищують розхід теплоносія, а це приводить до більших втрат у довкілля. Окрім того, процес регламентується кінцевою температурою продукту. Це підтверджує положення, що конвективні сушарки свої резерви вичерпали [3].

Пропонується гіпотеза, що вирішення таких протиріч базується на використанні в якості джерел енергії електромагнітних генераторів [4,5], які спроможні на адресну доставку енергії безпосередньо до вологи в продукті.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Зерно високоолійного соняшника надійно зберігається, якщо вологість його не перевищує 7%, а температура 10°C і нижче.

Температура сушіння на порційних зерносушарках повинна становити 60°C. Температура сушіння на поточних зерносушарках може досягати 65°C. При сушінні зерна соняшника призначеного для посіву температура сушіння не повинна перевищувати 43°C.



В останні роки росте цікавість до технологій зневоднення в електромагнітному полі. Одним із способів такої технології є сушка в мікрохвильовому полі. Тривалість процесу сушіння з підводом мікрохвильової енергії на 40...90 % менше тривалості сушіння традиційними способами [3,5]. Встановлено, що обробка продуктів в МХ-полі суттєво понижує їх мікробіологічне забруднення [4]. В той ж час виділяють ряд обмежень мікрохвильового сушіння: нерівномірність електромагнітного поля усередині мікрохвильової камери, що приводить до нерівномірності нагріву продукту, обмежена глибина проникнення мікрохвильового поля в продукт, дуже висока швидкість масоперенесення, яка може визвати небажані зміни в структурі продукту [4].

Отримують широке розповсюдження нагрів харчових матеріалів інфрачервоним випромінюванням. Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання, яке охоплює діапазон довжини хвиль від 0,75 до 1000 мкм. Його розділяють на три області: близькеІЧ (0,75...1,4 мкм), середнє (1,4...3 мкм) і дальнє (3...1000 мкм) [6].

Поглинання і розсіювання ІЧ-випромінювання в харчових матеріалах визначають, головним чином, наступними процесами [6]:

- 1) резонансним поглинанням випромінювання молекулами сухої речовини (всіма компонентами, котрі утворюють ці капілярно-пористе колоїдне тіло) і молекулами структурної і зв'язаної з матеріалом води;
- 2) розсіюванням, обумовленим флуктуаціями щільності чи концентрації речовини, а також розсіюванням на молекулах (наприклад, на молекулах білків, крохмалю, полімерів і інш.) чи іонах;
- 3) розсіюванням випромінювання на зважених колоїдних частинках, зернах крохмалу, рослинних клітинах, мікрофібрилах, частинок пігменту;
- 4) розсіюванням на інших оптичних неоднорідностях – капілярах і порах в капілярно пористих колоїдних тілах, порах в пінистих і шлакових матеріалах [6].

В спектрах поглинання продуктів рослинного та тваринного походження поглинання ІЧ-випромінювання обумовлено сумарним поглинанням всіх компонентів, які складають клітину. Із-за цього накладання окремих ліній приводить до утворення суцільного спектру з $\lambda > 3,0$ мкм [6]. Наявність води в харчових продуктах суттєво сказується на загальному суцільному спектрі поглинання.

Структурна, адсорбована, капілярно - конденсуюча і вільна волога в харчових продуктах має різні фізико – хімічні властивості [6]. В деяких продуктах (овочі, фрукти) вода вміщується і знаходиться в переважаючих кількостях, тому їх оптичні властивості визначаються основним чином оптичними властивостями води [6]. Вода характеризується значними поглинаннями дуже слабким розсіюванням по всій ІЧ-області спектра [6].

Кількість інфрачервоного випромінювання, яке діє на будь-яку поверхню, знаходиться в спектральній залежності, оскільки енергія, яка виходить із випромінювача складається із різних довжин хвиль і фракція випромінювання на кожній рисці спектру залежить від температури і коефіцієнту випромінювання випромінювача. Довжина хвиль, при яких має місце максимальне випромінювання, визначаються температурою інфрачервоного елемента [6].

Мета дослідження

Метою досліджень є визначення впливу режимних та конструктивних параметрів на кінетику сушіння в стрічковій сушарці із електромагнітними джерелами енергії, мінімізація енергетичних витрат та гарантування якісних параметрів насіння.

Результати дослідження

Дослідження проводились на стенді (рис. 1), який складається із завантажувального бункера (1), стрічкового конвеєра (2), трьох модулів ІЧ- обробки сировини (3). Модуль ІЧ-обробки вміщує два кварцових ІЧ- випромінювачів потужністю 550 Вт, и опором 50 Ом кожний, розташованих на відстані 13 см від поверхні стрічки транспортера. Потужність випромінювачів регулюється тиристорними регуляторами напруги, контролюються електронним цифровим мультиметром UT202. Вологість насіння соняшнику визначається висушуванням проб до постійної маси, пробивідбирались до и після кожного ІЧ- модуля.

Стрічка приводиться до руху електродвигуном Oriental Motor 6- 90 W, кількість обертів в котрому регулюється потенціометром. Напруга контролюється вольтметром ТЛ – 4М. Двигун забезпечує як прямий рух стрічки, так і реверсивний.

Бункер загрузки забезпечений шлюзом, котрий регулює товщину шару продукту на стрічці в



межах 3...10 мм не залежно від швидкості її руху.

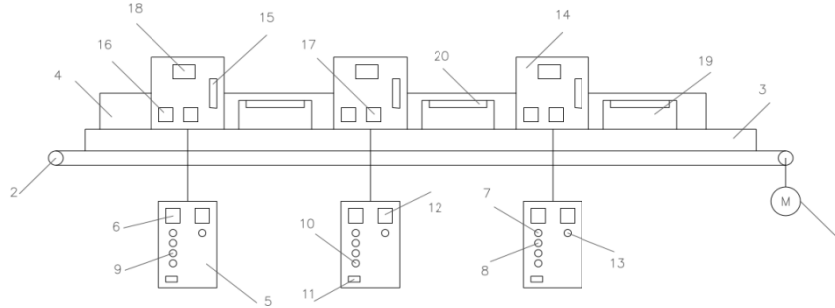


Рис. 1. Принципова схема стрічкової ІЧ-сушарки

Таблиця 1

Діапазон дослідження процесів ІЧ-сушки

Сировина	Питома потужність ІЧ, кВт/м ²	Температура, T, °С	Завантаження, g, кг/м ²	Тривалість процесу τ, хв
Насіння соняшнику	7,33...11	33...43	1,7...3,4	20...75

На стрічці розміщувалось 8-10 касет із зернами соняшника. Маса порожніх касет та зерна визначалась електронними вагами ТВЕ-0,21-0,01. Температури продукту вимірювались дистанційно датчиками типу Dallas DS 18b20. Зміна маси зерен в касеті визначала масу вилученої вологи.

В досліді фіксувалось тривалість процесу, температура и маса соняшника в час обробки. Питома маса матеріалу (g) показує масу (m) продукту на одиницю поверхні обробки (F), а питома потужність - ІЧ-енергію, котра витрачається на 1м² оброблюємої поверхні.

Вивчався вплив потужності підведеної енергії на середню швидкість процесу сушіння. Досліди проводились при швидкості руху стрічки транспортера 0,04м/с, питомого завантаження 1,7 кг/м² на одному ІЧ-модулі. Кількість питомої вологи визначали по початковій і кінцевій вологості соняшника. Швидкість сушіння розраховувалась по кількості питомої вологи і часу, на протязі якого на соняшник впливало ІЧ-випромінювання (рис.2).

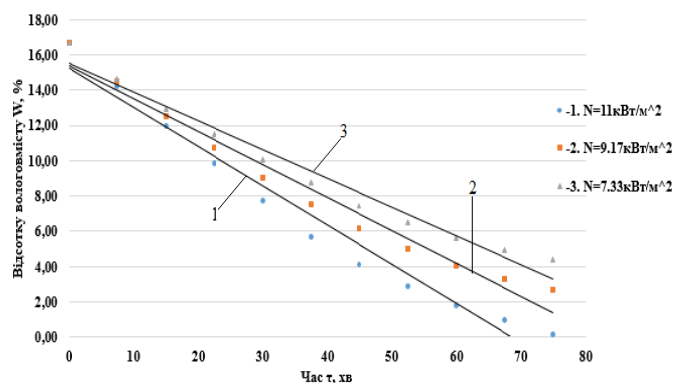


Рис. 2. Вплив питомої потужності на кінетику сушіння

При збільшенні питомої потужності у 1,5 рази (рис.2) час процесу сушіння зменшується пропорційно. Час процесу сушіння до відносної вологості продукту у 6-7% займає 38-60 хвилин. Із даних (рис.2) визначались значення швидкості сушіння (рис.3).

Видно (рис. 3), що при збільшенні кількості підведеної енергії у 1,5 рази, швидкість сушіння зростає на 50%. Швидкість сушіння змінюється в межах 0,5...2,0 %/хв. Продуктивність установки в режимі завантаження 1,7 кг/м² при швидкості 0,04 м/с складала 1,3 кг/год сухого зерна вологістю 6,5%. При цьому, при підвищенні потужності у 1,5 рази збільшення температури насіння соняшника на виході не перевищує 40 °С (рис. 4.), що є досить важливим у процесі сушіння харчових продуктів.

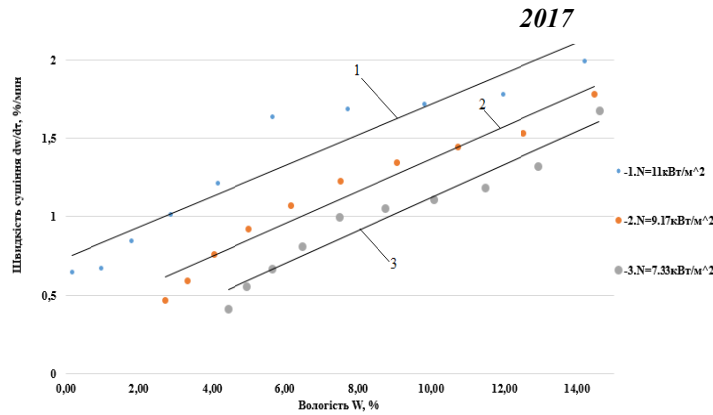


Рис. 3. Вплив питомої потужності на швидкість сушіння

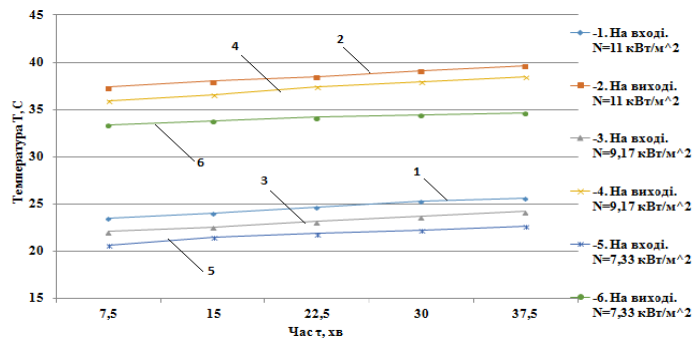


Рис. 4. Вплив питомої потужності на температуру продукту

Збільшення ПЧ-модулів підвищує тривалість перебування продукту під дією випромінювання. Це дозволяє використовувати більш високу швидкість руху продукту, що, в свою чергу, веде до підвищення продуктивності установки. Досліди (рис.5) проводились звикористанням одного, двох та трьох ПЧ-модулів при швидкості руху продукту $0,04 \text{ м/с}$, завантаження $1,7 \text{ кг/м}^2$ і підведеною питомою потужністю кожного модуля $9,17 \text{ кВт/м}^2$.

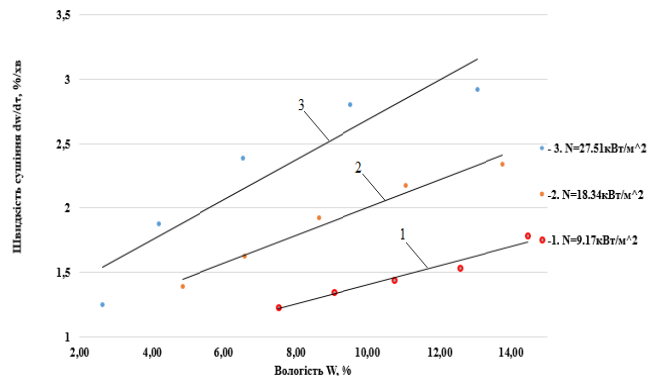


Рис. 5. Вплив кількості ПЧ-модулів на швидкість сушіння

З збільшенням кількості модулів в 3 рази пропорційно збільшує швидкість сушіння (рис.5.). Розташування модулів є самостійною науковою задачею, котра повинна вирішувати протиріччя між проблемами збільшення швидкості сушіння і регламентаціями по перегріву продукту.

Питоме завантаження регулюється шлюзом бункера і залежить від товщини шару продукту. Досліди проводились при значеннях питомого завантаження $1,7 \dots 3,4 \text{ кг/м}^2$, і швидкості руху стрічки транспортера $0,04 \text{ м/с}$. Питомо електрична потужність, яка підводиться до продукту, складала $9,17 \text{ кВт/м}^2$.

При більшій товщині шару (рис.6.) енергія діє не на всю масу продукту на стрічці, що приводить до зниження інтенсивності процесу сушіння, а й верхні шари продукту створюють опір переносу вологи з нижніх шарів в дифузійне середовище.

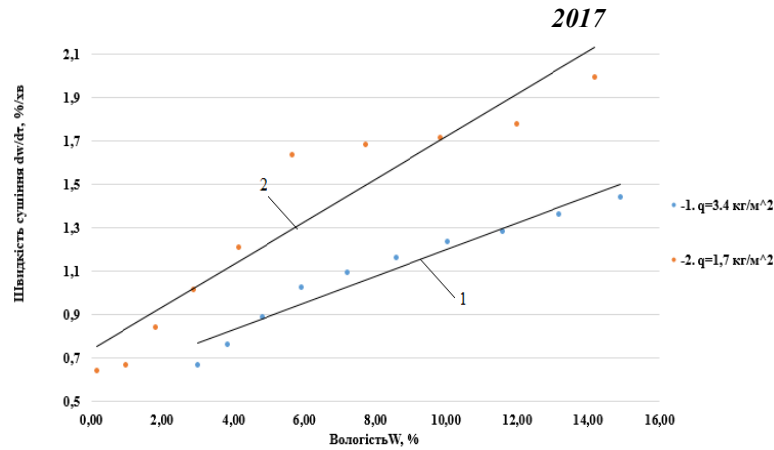


Рис. 6. Вплив питомого завантаження на швидкість сушіння

Усунути цей фактор можливо використанням декількох конвеєрних стрічок. При перевантаженні однієї стрічки на іншу відбудеться переміщення нижніх шарів верх.

В умовах жорсткої енергетичної кризи доцільність інноваційних технологій оцінюється по питомим затратам енергії на виробництво готової продукції.

Енергетичні витрати визначались по кількості питомої вологи і енергії, яку споживали ІЧ-випромінювачі по наступному співвідношенню:

$$Q_{num} = \frac{\Delta W \cdot m_{ш}}{N \cdot n \cdot \tau \cdot 10^6} \text{ МДж/кг} \quad (1)$$

де Q_{num} – питомі витрати енергії, МДж на 1 кг питомої вологи; ΔW – зміна вологості продукту, %; $m_{ш}$ – маса обробленого продукту, кг; N – потужність ІЧ-модуля, Вт; n – кількість ІЧ-модулів; τ – час роботи ІЧ-випромінювачів.

Дослідні режими приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Режимизневоднення в стрічковій ІЧ –сушарці

Швидкість стрічки, м/с	Питоме завантаження, кг/м ²	Питома потужність, кВт/м ²	Кількість модулів
0,04	1,7	7,33	1
0,04	1,7	9,17	1
0,04	1,7	11	1
0,04	3,4	7,33	1
0,04	3,4	9,17	1
0,04	3,4	11	1
0,04	1,7	18,34	2
0,04	1,7	27,51	3

Встановленні режими, при яких енергозатрати по питомій волозі складають 3,1...3,2МДж/кг при різних режимах, в той час як питомі енергетичні витрати існуючих промислових сушарок сягають не менш 4...4,5 МДж на 1кг питомої вологи [3,7-9]. Тобто експериментальна установка по енергетичній ефективності відповідає кращим зразкам сушильної техніки.

Висновок

Інноваційний метод сушіння, який використовується на стрічкової сушарці, що розроблена на кафедрі «Процесів обладнання та енергетичного менеджменту», відповідає вимогам сучасних методів зневоднення зернових, зернобобових, олійних культур, фруктів, ягід та овочів. Дозволяє проводити процес сушіння, не перевищуючи регламентні температури продукту, що дозволяє зберігати корисні речовини, не пошкоджує структуру та зберігає презентабельний вигляд продукту.

Крім того, час процесу сушіння зменшується на 40-60% порівняно з традиційними методами сушіння, це дозволяє обробляти більшу кількість продукту.

За рахунок безконтактного нагріву продукту ІЧ-випромінюванням виключається стадія взаємодії продукту з теплоносієм. Це підвищує енергетичну ефективність процесу зневоднення харчової сировини.



За рахунок регулювання режимів, кількості модулів, та швидкості стрічки можливо керувати процесом сушіння і змінювати режими зневоднення на стрічковій сушарці під певні види та вимоги харчової сировини.

Список літератури

1. Сорочинский, В.Ф. Эффективность сушки зерна на зерносушилках различных типов [Текст] / В.Ф. Сорочинский. – Хлебопродукты. – М.: 2009. - №.-С.42-43; №4.- С.-39-41.
2. Рабиндер П.А. О формах связи влаги с материалами в процессе сушки.-В кн: Всесоюзное научно-техническое совещание по сушке. М. Профиздат, 1958. – 286 с.
3. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок – Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.
4. Rogov I.A., Nekrutman S.V., Lysov G.V. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов. М., 1981. – 200 с.
5. Бурдо О.Г., Пищевые нанотехнологии – Херсон, 2013 – 294с.
6. Процессы переработки кофейного шлама / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Ружницкая Н.В., Макиевская Т.Л. – К.: ЭнтерПринт, 2014. – 228с.
7. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
8. The Nanotechnological Innovation in Food Industry / O.G. Burdo, A. V. Zykov, S. G. Terziev, N.V. Ruzhitskaya // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) – 2016 - Vol. 6 - Issue 3 - P. 144–150.
9. Бурдо О.Г. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях /Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Бандура В.Н.// Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energetici regionale (Проблемы региональной энергетики)» – Кишинев, 2015г. – №1 (27) – С.79–85

References

1. Sorochinskiy, V.F. Effektivnost' sushki zerna na zernosushilkakh razlichnykh tipov [Tekst] / V.F. Sorochinskiy. - Khleboprodukty. - M.: 2009. №.-S.42-43; №4.- S.-39-41.
2. Rabinder P.A. V formakh svyazi vlagi s materialami v protsesse sushki.-V kn: Vsesoyuznoye nauchno-tekhnicheskoye soveshchaniye po sushke. M. Profizdat, 1958. - 286 s.
3. Burdo O.G. Evolyutsiya sushil'nykh ustanovok - Odessa: Poligraf, 2010 - 368s.
4. Rogov I.A., Nekrutman S.V., Lysov V. Tekhnika sverkhvysokochastotnogo nagreva pishchevykh produktov. M., 1981. - 200 s.
5. Burdo O.G., Pishchevyye nanoenergotekhnologiy - Kherson 2013 - 294s.
6. Protsessy pererabotki kofeynogo shlama / Burdo O.G., Terziyev S.G., Ruzhitskaya N.V., Makiyevskaya T.L. - M.: EnterPrint, 2014. - 228s.
7. Lykov A.V. Teoriya sushki. M.: Energiya, 1968. 472 s.
8. The Nanotechnological Innovation in Food Industry / O.G. Burdo, A. V. Zykov, S. G. Terziev, N.V. Ruzhitskaya // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) – 2016 - Vol. 6 - Issue 3 - P. 144–150.
9. Burdo O.G. Printsipy napravlennoy energeticheskogo deystviya v pishchevykh nanotekhnologiyakh / Burdo O.G., Terziyev S.G., Bandura V.N. // Nauchnyy informatsionno-analiticheskiy inzhenernyy zhurnal «Problemele energetici regionale (Problemy regional'noy energetiki)» - Kishinev, 2015g. - №1 (27) - S.79-85.

СУШКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМ ПОЛЕ

Анотація: показана енергетическа і технологіческа перспектива зневоднення соняшнику в ленточній ІК сушілці. Представлена схема і задачі експериментальних досліджень. Аналізуються результати експериментів, отримані на обезвоживанні підсолнечника.

Ключевые слова: ІК сушки, семян подсолнечника, энергоэффективность.

SUNFLOWER SEEDS DRYING IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD

Summari: energetical and technological prospects of sunflower dehydration at band infra-rated dryer were shown. The scheme and objective of the experimental studies were presented. Results of experiments got through sunflower dehydration are analyzed.

Keywords: infra-rated drying, sunflower seed, energy efficiency.