

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



XX Міжнародна наукова конференція

**«Удосконалення процесів та обладнання
харчових та хімічних виробництв»**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

9-13 вересня 2024 р.

м. Одеса, Україна

Організатори конференції
Міністерство освіти і науки України
Одеський Національний Технологічний Університет
Технічний університет Молдови
Консалтингова Лабораторія ТЕРМА
Союз наукових та інженерних об'єднань України

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, в.о. ректора університету	
к.т.н., доцент	Н. О. Дец
Заст. голови, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків	
к.т.н., доцент	О.В. Ольшевська
Заст. голови, директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. Мартиновського	
д.т.н., професор	Б.В. Косой
Заст. голови з організаційних питань, завідувач кафедри ПОтаЕМ,	
д.т.н., проф.	О.Г. Бурдо
Відповідальний секретар,	
к.т.н., асистент	Н.В. Ружицька
Секретар,	
PhD, доцент	І. В. Сиротюк

Члени оргкомітету:

к.т.н., доц. **О.М. Всеволодов**
к.т.н., доц. **І.І. Яровий**
д.т.н., доц. **І.В. Безбах**

аспірант **В.В. Петровський**
зав. лаб. **В.Ю. Юрлов**
аспірант **М.Ю. Молчанов**

інженер **С.А. Малашевич**
інженер **В.О. Славинська**
аспірант **І. М. Аль-Хамад**

Одеський національний технологічний університет
вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039
Тел. 8(048) 712-41-29, 712-41-75
Факс +724-86-88, +722-80-42, +725-47-83
e-mail: terma_onaft@ukr.net
сайт: www.ontu.edu.ua, www.nanofood.com.ua

Секція 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 637.024, 532.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ НА ДИНАМІЧНУ В'ЯЗКІСТЬ ПЮРЕ ІЗ ГАРБУЗА

Авдєєва Л.Ю., д.т.н., с.н.с., **Макаренко А.А.**, к.т.н., **Турчина Т.Я.**, к.т.н.,
Декуша Г.В., к.т.н., **Козак М.М.**

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Фруктово-овочева продукція широко затребувана в харчуванні людини. До важливої для України овочевої сировини відносяться гарбузи. Їстівна частина гарбуза містить велику частку моно- і дисахаридів, важливі для організму людини полісахариди – клітковину, пектинові речовини і харчові волокна, а також значну кількість макро- і мікроелементів та вітамінів [1]. Значним недоліком для її споживання є сезонність і схильність до швидкого псування.

Основними методами обробки овочевої сировини для отримання стабільної однорідної маси є подрібнення, диспергування і гомогенізація. До ефективних методів інтенсифікації гідромеханічних процесів відноситься метод дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). Використання роторно-пульсаційних апаратів (РПА), де застосований принцип ДІВЕ, дозволяє покращити консистенцію, стійкість до розшарування, мікробіологічну і ферментативну стабільність рослинної сировини [2]. Інтенсивний гідродинамічний вплив призводить до руйнування міцних харчових волокон і клітинних оболонок рослинної сировини, що сприяє підвищенню біодоступності таких речовин як вітаміни, антиоксиданти, поліфеноли, флавоноїди та ін. [3].

Дослідження реологічних властивостей пюре з їстівної частини м'якуша гарбуза цікавили багатьох вчених, але все ще потребують уточнень стосовно конкретних режимів і умов обробки [4, 5].

Метою наших досліджень було визначення впливу умов гідродинамічної обробки овочевої сировини в РПА при проведенні процесу гомогенізації на реологічні властивості пюре із гарбуза.

Проведені дослідження показали, що зразки гарбузового пюре за реологічною поведінкою відносяться до неньютонівських псевдопластичних матеріалів. Аналіз реологічних властивостей дослідних зразків, одержаних в результаті гомогенізації в РПА м'якуша гарбуза під впливом механізмів ДІВЕ різної тривалості показав досить високі значення динамічної в'язкості. Короткочасна обробка зразків впродовж 1 циклу в РПА призводить до утворення системи з досить стійким структурним каркасом, міцними міжмолекулярними зв'язками і високими значеннями ефективною в'язкості – від 21000 мПа·с до 25 000 мПа·с для різних температур в зоні практично незруйнованої структури. Це пояснюється наявністю в сировини значної кількості хар-

чових волокон, які надають високої міцності. Під дією інтенсивного гідромеханічного впливу при диспергуванні клітини подрібнюються і утворюють нові міжмолекулярні структури. Після трьох циклів обробки дослідного зразка в РПА значення в'язкості в зоні гранично зруйнованої структури при 40 °C зменшуються майже на 20%, а після семи циклів – вже майже на 30%. В результаті дослідні зразки набувають високої однорідності і стійкості консистенції. Вплив підвищених температур призводить до додаткового послаблення міжмолекулярних зв'язків і зниження значень ефективної в'язкості. Наприклад, підвищення температури до 60 °C призводить до зниження значень на 25% після трьох циклів і майже на 34% після семи циклів обробки.

Важливим показником якості рідкої гетерогенної системи є її стабільність. Дослідження зразків після 24 год. витримування показали, що їх в'язкість в зоні гранично зруйнованої структури збільшилась на 11-16%. Це можна пояснити тим, що збільшення ступеня дисперсності матеріалу призводить до збільшення питомої площі поверхні частинок і зростання надлишку вільної поверхневої енергії, що в свою чергу призводить до збільшення термодинамічної нестабільності. Стабілізація високодисперсної системи у стані спокою відбувається із укрупненням частинок дисперсної фази шляхом об'єднання атомів або молекул між собою без витрати зовнішньої енергії.

Висновки. Аналіз реологічних властивостей дослідних зразків показав досить високі значення динамічної в'язкості. Під дією інтенсивного гідромеханічного впливу при диспергуванні в РПА м'якуша гарбуза різної тривалості рослинні клітини інтенсивно подрібнюються і утворюють нові дисперсні структури із новими властивостями, що свідчить про високу ефективність застосування методу ДІВЕ для одержання пюре з гарбуза. Найменші значення динамічної в'язкості характерні для дисперсних систем отриманих в результаті п'яти і семи циклів диспергування при температурах дослідження 40 °C і 60 °C. Витримування впродовж 24 год. високодисперсної системи у стані спокою призводить до стабілізації системи із укрупненням частинок і незначного підвищення динамічної в'язкості, що пов'язано із збільшенням термодинамічної нестабільності системи.

Список літератури

1. J. Kim, D. Park, S. Yoon, S. Lee, H. Kim, S. Song, M. Lee, and Y. Lee, "Beneficial Effects of Kimchi on Glycemic Control in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus," *Nutrition Research and Practice*, vol. 6, no. 1, pp. 21-26, 2012.
2. Долинский А. А., Іваницкий Г. К. Тепломасообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Київ: Наукова думка, 2008, 382 с
3. Avdieieva L., Makarenko A., Turchyna T., Dekusha H., Kozak M. Cavitation technology for intensification of plant raw materials extraction. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, Is. 1. P. 38-50 <https://doi.org/10.15673/fst.v17i1.2559>
4. Bekele, D.W., Emire, S.A. Effects of pre-drying treatment and particle sizes on physicochemical and structural properties of pumpkin flour. *Heliyon*, 2023. 9(11), e21609.
5. Janowicz, M., Kadzińska, J., Ciurzyńska, A., Szulc, K., Galus, S., Karwacka, M., Nowacka, M. The Structure-Forming Potential of Selected Polysaccharides and Protein Hydrocolloids in Shaping the Properties of Composite Films Using Pumpkin Purée. *Appl. Sci.*, 2023. 13, 6959. <https://doi.org/10.3390/app13126959>

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Коник А.В. к.т.н., с.н.с.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Декарбонізація енергетики та активний розвиток технологій акумуляції теплової енергії призвели до застосування нетипових теплоаккумуляційних матеріалів (ТАМ) та створення нових теплоаккумуляційних композицій [1,2]. ТАМ, як правило, застосовуються в діапазоні температур, що обмежується їх теплофізичними властивостями, такими як теплоємність, в'язкість, термоци-

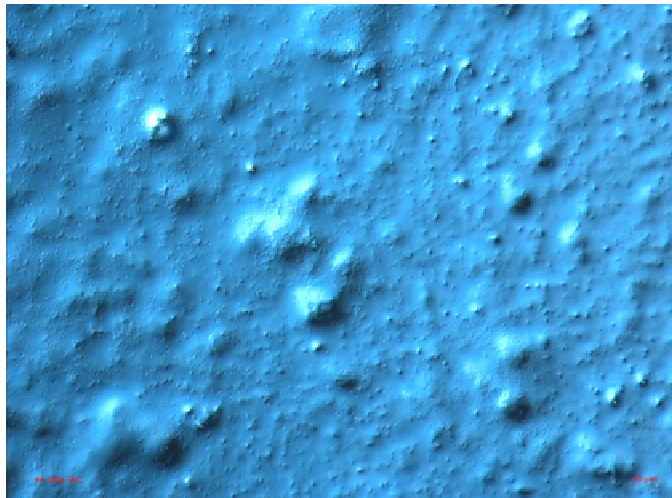


Рис. 1 – Мікроструктура ТАМ до використання

клічність, густина, та інші [3,4]. Одним з функціональних показників є мікроструктура ТАМ, що дає можливість опосередковано пояснити зміни які відбуваються в теплоємності, в'язкості та густині у процесі експлуатації (термоциклуванні).



Рис. 2 – Мікроструктура ТАМ після 2 опалювальних сезонів

Для акумуляторів ємкісного типу було створено формулу ТАМ, що застосовується як рідинний акумуляційний матеріал для систем опалення та охолодження. Даний ТАМ належить до теплотехніки та теплоенергетики, а саме виробництва низькотемпературних теплоносіїв, призначених для використання в системах постачання теплоти і холоду, які працюють в інтервалі температур до $+120^{\circ}\text{C}$. Такий ТАМ може використовуватись, як в об'ємі ємкісного акумулятора, так і в системі трубопроводу. Для цього необхідно змінити концентрації відповідних компонент [5]. У теплоносії на основі води та антифризу додається ксантанова камедь і карбоксиметилцелюлоза у співвідношенні, що знаходиться в межах від (2:8) до (8:2) та консервуюча речовина. Компоненти додаються у наступному співвідношенні - антифриз на основі магнію хлориду гексагідрату $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($50 \div 20\%$), ксантанова камедь ($10 \div 0,5\%$), карбоксиметилцелюлоза ($10 \div 0,5\%$), антисептична добавка ($1 \div 0,1\%$), вода (решта).



Рис. 3 – Мікроструктура ТАМ після 4 опалю-вальних сезонів

Після застосування 2 і 4 опалювальних сезонів мікроструктура ТАМ стає більш рівномірною по мірі термоцикування і рівномірне розташування у структурі. Отримані результати узгоджуються з результатами експериментальних досліджень теплоємності і густини.

Особливу увагу при дослідженні приділено мікроструктурі ТАМ, що змінюється в процесі експлуатації (рис. 1–3). Дослідження проводили способом світлової мікроскопії методом темного поля DIC з використанням об'єктивів EC Plan-Neofluar зі збільшенням 40x в Центрі колективного користування науковими приладами НАН України на мікроскопі CARL ZEISS Axio Imager Z1m.

Як видно з рисунків зразок ТАМ має неоднорідну гелеподібну структуру. Після застосування 2 і 4 опалю-

Список літератури

1. Thermal networks (2008), DBN B.2.5-39: 2008, Valid from 2009-01-07 [Heating networks, DBN B.2.5-39: 2008, in force since 2009-01-07].
2. Du K, Calautit J, Wang Z, Wu Y, Liu H. [A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges]. *Applied Ene.* Vol. 220(C), pp 242-273. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.03.005
3. Demchenko V.G., Konyk A.V. Research of heat accumulation capacity binary water systems / <http://www.iosrjournals.org/iosr-jac.html> <https://doi.org/10.9790/5736-1306010107>
4. Phase Change Materials (Phasenwechselmaterial) 2018. Gütesicherung. Quality Assurance RAL-GZ 896. DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHERUNG UND KENNZEICHNUNG E.V.
5. Демченко В.Г., Коник А.В., Фалько В.Ю. Акумуляційна рідина для систем опалення та охолодження: патент України на винахід №128359 від 19.06.2024.

УДК 664.2

ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ЕКСТРУЗІЇ НА ЦІЛІСНІСТЬ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНИХ ЗЕРНОБОБОВИХ, ЯКІ Є СКЛАДОВОЮ КОНЦЕНТРОВАНИХ СУМІШЕЙ

Радченко Н.Л. к.т.н., с.н.с., **Целень Б.Я.** к.т.н., н.с.,
Недбайло А.Є. к.т.н., н.с., **Гоженко Л.П.** к.т.н., н.с.
 Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Впровадження раціональних зернопереробних технологій, які забезпечуватимуть високий вихід готової продукції та відповідатимуть вимогам енергоефективності є актуальним завданням, особливо в умовах економії енер-

горесурсів. Цим вимогам у повній мірі відповідають екструзійні технології, які до того ж компактні і прості в обслуговуванні, дозволяють обробляти широкий асортимент зернової сировини і отримувати продукти різного складу і призначення. Безумовною перевагою екструзії є можливість суміщення в одному апараті одночасно процесів подрібнення, перемішування та термічної обробки, що дає можливість впливати на структуру, фізико-хімічні властивості сировини та отримувати різноманітні зернові екструдати або багатокомпонентні суміші на їх основі [1–3]. Попри усі перелічені переваги екструзійної обробки актуальним завданням залишається наступний етап виробництва – організація процесу змішування екструдату з іншими компонентами, так як найчастіше багатокомпонентні суміші можуть містити рослинну сировину, рідкі продукти переробки молока, різноманітні тваринні жири, рослинні олії, вітаміни тощо. У зв'язку з цим, виникає ряд труднощів пов'язаних з природою, консистенцією і властивостями кожного з компонентів та, як наслідок, виникненням проблеми при виборі способу їх змішування і дотримання умов стерильності процесу виробництва. У підсумку ці фактори можуть суттєво впливати на якість кінцевого продукту, його консистенцію, мікробіологічний показник та термін зберігання. Тому важливим завданням є не лише забезпечення оптимальних умов перебігу процесу, а і умов змішування для подальшого стабільного зберігання продукту.

Авторами розглянуто питання можливості підвищення ефективності роботи екструзійного обладнання за рахунок розширення сфери його застосування. Зокрема, виробництва не лише гранульованих зернових екструдатів, а й рідких та пастоподібних багатокомпонентних сумішей на їх основі. Для цього на основі проведеного аналізу сучасних технологій авторами запропоновано на базі екструдера проводити змішування і стерилізацію всіх компонентів суміші використовуючи теплоту екструзії, яка акумулюючись в частинках екструдату під час обробки вивільняється на виході з екструдера. Для обґрунтування ефективності запропонованого способу **метою** дослідження стало вивчення механізму впливу використаної теплоти для змішування і стерилізації на якість отримуваної пастоподібної суміші, зокрема, вплив на амінокислотний склад та мікробіологічний показник. Дослідження проводили шляхом обробки бобів сої. В ході досліджень проведено кількісне порівняння амінокислотного складу зразків отриманої паста на основі екструдованої сої та сипучого зернового екструдату з визначенням їх мікробіологічних показників.

Висновки. Результати досліджень показали ефективність запропонованого способу змішування, яка підтверджена кількісним зростанням незамінних амінокислот у пасті порівняно з сипучим екструдатом та соєю до обробки. Зокрема, найбільш суттєво зросла кількість гістидину на 10,3%, треоніну на 10,0%, лізину на 8,2%, метіоніну на 7,3% та ізолейцину на 6,2%. Встановлено також кількісне збільшення аспарагінової кислоти на 9%. Разом з цим в обох дослідних зразках в однаковій мірі спостерігалось зниження кількості проліну на 8,9% та глютамінової кислоти на 10,5% в пасті і на 8,9% в зразках екструдату. Ефективність запропонованого способу підтверджується також і

мікробіологічним показником, який показав незначне зростання з 2 КУО до 14 КУО протягом 30 діб. Відсутність в досліджуваних зразках ентеропатогенних штамів кишкової палички, токсиноутворюючих анаеробів і сальмонел свідчить про досягнення стерилізації усіх компонентів суміші. Одержані результати можуть бути використані в технологіях виробництва пастоподібних та рідких сумішей різного призначення.

Список літератури

1. Ковбаса В., Дорохович А., Хіврич Б. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/396046db-8ec0-478a-b53a-6c266b6c8974/content> (дата звернення 24.07.2024).
2. <https://www.oborud.info/product/?c=1270> Устаткування для виробництва сухих сніданків, пластівців (дата звернення 25.07.2024).
3. Перспективи технології виробництва продукції на основі екструдованих компонентів <https://www.brnto.ck.ua/ru/biblioteka/item/73-perspektivy-tekhnologii-proizvodstva-produktsii-na-osnove-ekstrudirovannykh-komponentov> (дата звернення 23.07.2024).

УДК 662.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОЇ МАТЕРИНКИ RESEARCH OF HYDRODYNAMICS OF FILTRATION DRYING OF CRUSHED OREGANO

Атаманюк В. М., д.т.н., проф., **Денисюк А. Р.**, аспірантка
Національний університет «Львівська політехніка», Львів
Atamaniuk V. M., Doctor of Technical Sciences, professor,
Denysiuk A. R., PhD student
Lviv Polytechnic National University, Lviv

Анотація. Останніми роками значно зросла кількість досліджень, присвячених вторинному використанню промислових відходів. Зокрема, у фармацевтичній галузі широко використовують сировину рослинного походження, що підкреслює важливість утилізації рослинних відходів. У сучасних умовах боротьба із забрудненням стала центральним питанням у контексті охорони природи та економіки [1]. Материнка, як органічна сировина (біомаса), є надійним природним ресурсом для виробництва біопалива. Однак, вміст вологи в біомасі відіграє важливу роль [2], адже високий рівень вологовмісту знижує теплоту згоряння біопалива. Після екстракції подрібненої материнки її вологість становить 50-60% від маси, тому процес сушіння є ключовою стадією підготовки до її вторинного використання як біопалива. Вологість природної біомаси для брикетування повинна становити 7-14% [3]. Ще одним альтернативним варіантом вторинного використання відпрацьованої материнки є виробництво кормових дріжджів [4,5]. Для підготовки відходів подрібненої материнки до переробки було обрано метод фільтраційного сушіння.

Abstract. In recent years, there has been a significant increase in research focused on the secondary utilization of industrial waste. In particular, the pharmaceutical industry extensively uses plant-based raw materials, highlighting the importance of utilizing plant waste. Under current conditions, combating pollution has become a central issue in the context of environmental protection and economics. Oregano, as an organic raw material (biomass), is a reliable natural resource for biofuel production. However, the moisture content in the biomass plays a crucial

role, as high moisture levels reduce the calorific value of the biofuel. After the extraction of crushed oregano, its moisture content is 50-60% by weight, making the drying process a key stage in preparing it for secondary use as biofuel. The moisture content of natural biomass for briquetting should be 7-14%. Another alternative for the secondary use of spent oregano is the production of feed yeast. The method of filtration drying was chosen for the preparation of crushed oregano waste for processing.

Ключові слова: материнка, фільтраційне сушіння, гідродинаміка, втрати тиску, стаціонарний шар.

Keywords: oregano, filtration drying, hydrodynamics, pressure losses, stationary layer.

Одним із ключових параметрів, що визначають ефективність фільтраційного сушіння, є дослідження гідродинаміки. Метою даної роботи є визначення втрат тиску у стаціонарному шарі подрібненої материнки для проектування обладнання.

Об'єкт дослідження – материнку – було взято з АТ «Галичфарм» після стадії спиртової екстракції. Геометричні розміри частинок подрібненої материнки були визначені за допомогою електронного мікроскопа моделі МББ-1А.

Оскільки під час прикладання перепаду тисків відбувається сідання стаціонарного шару подрібненої материнки, то дослідження гідродинаміки проводили за різних наважок матеріалу: 0,06 кг, 0,1 кг, 0,15 кг, 0,185 кг та 0,24 кг. Експерименти виконували за однакової насипної густини стаціонарного шару подрібненої материнки – 223 кг/м³.

За результатами проведених експериментів визначили невідомі коефіцієнти $A^* = A$ та $B^* = E$ ліанеризованого рівняння Дарсі-Вейсбаха :

$$\frac{\Delta P \cdot \varepsilon^3}{a^2 \cdot H \cdot v_0} = 2,5 \cdot 10^{-5} + 0,223.$$

Цю залежність можна застосовувати для оцінки втрат тиску при фільтраційному сушінні подрібненої материнки. Різниця між експериментально виміряними і теоретично розрахованими втратами тиску не перевищує 11%.

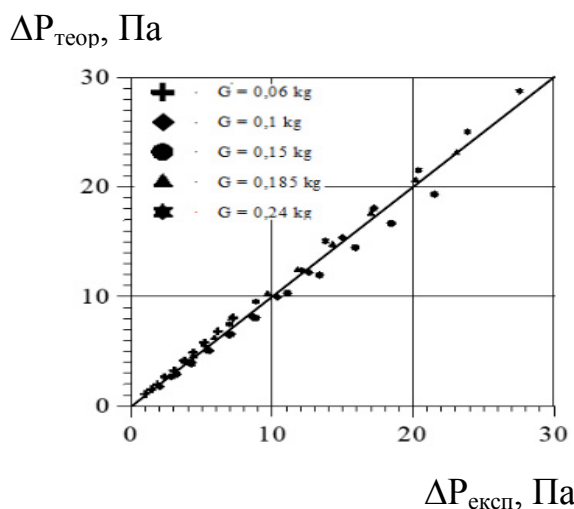


Рис. 1 – Залежність між теоретично розрахованими та експериментально визначеними втратами тиску у шарі подрібненої материнки

Висновок. У ході проведення експериментів було досліджено внутрішню задачу гідродинаміки фільтрування повітря через стаціонарний шар подрібненої материнки. Отримано невідомі коефіцієнти рівняння Дарсі-Вейсбаха для прогнозування втрат тиску у стаціонарному шарі подрібненої материнки.

Список літератури

1. Shukla, S.K., Tripathi, V.K., Mishra, P.K.: Bioremediation of distillery effluent: present status and future prospects”. In: Saxena, G., Bharagava, R.N. (eds.) Bioremediation of industrial waste for environmental safety: : volume I industrial waste and its management, pp. 77–97. Springer, Singapore (2020).
2. Lina S. Angulo-Mosquera, Allan A. Alvarado-Alvarado, María J. Rivas-Arrieta, Carlos R. Cattaneo, Eldon R. Rene, Octavio García-Depraect, Production of solid biofuels from organic waste in developing countries: A review from sustainability and economic feasibility perspectives, Science of The Total Environment, Volume 795, 2021, 148816, ISSN 0048-9697.
3. Ivashchuk, O. S.; Atamanyuk, V. M.; Chyzhovych, R. A.; Kiiaieva, S. S.; Zhrebetskyi, R. R.; Sobechko, I. B. Preparation of an Alternate Solid Fuel from Alcohol Distillery Stillage. Vopr. Khim. Khim. Tekhnol. 2022, 1, 54–59.
4. Kylymenchuk O, Velichko T, Malovanyy M, Umanets A, Hnilichenko A, Lahotska A. Non-traditional raw materials for biotechnological industries and some environmental aspects of their disposal. Food science and technology. 2020;14(1):32-38.
5. Chenyang Zhou, Xuchen Fan, Chenlong Duan, Yuemin Zhao, A method to improve fluidization quality in gas–solid fluidized bed for fine coal beneficiation, Particuology, Volume 43, 2019, Pages 181-192, ISSN 1674-2001.

УДК 664.8.047

ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ БАНАНІВ

Гусарова О.В.^{1,2} к.т.н., **Дабіжа Н.О.**² к.т.н.,
Малащук Н.С.² Ph.D., **Дмитренко Н.В.**² к.т.н.

¹ НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
м. Київ

² Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

У теперішній час завдяки розвиненим технологіям зберігання та транспортування банани стали одним з популярних дієтичних продуктів в світі. Про це свідчить те, що річне споживання бананів досягає 100 кг на людину [1]. У м'якоті бананів містяться клітковина, крохмаль, пектинові речовини, вуглеводи (переважно у вигляді сахарози та фруктози), білки, ароматичні та дубильні речовини, ферменти і яблучна кислота. Цей фрукт багатий на вітаміни С, РР, В1, В2, В6, а також провітамін А, магній, кальцій, натрій, залізо, фосфор і найбільше – на калій. Вміст вітаміну С у зрілих бананах становить в середньому 8...12 мг%. Аромат зрілих бананів залежить від наявності у м'якоті складних ефірів [2].

Термін зберігання бананів обмежений і сильно залежить від температури [1, 2]. Оскільки банани швидко псуються, для зменшення післязбиральних

втрат їх доцільно зневоднювати. Сушіння фруктової сировини дозволяє збільшити її термін зберігання, є ефективним способом консервування, дозволяє зменшити об'єм продуктів та площі під зберігання та транспортування. Процес сушіння потрібно здійснювати таким чином, щоб максимально зберегти корисні речовини вихідної сировини, отримати належні органолептичні показники продукту. При цьому процес зневоднення має бути енергоефективним та економічно доцільним.

Мета роботи. Дослідити банани як об'єкт сушіння та розробити енергоефективні режими зневоднення бананів до низького залишкового вологовмісту для одержання фруктових чипсів (слайсів).

Для досягнення мети вирішувалися наступні завдання:

- дослідити хімічний склад бананів;
- дослідити сорбційні властивості паренхімних тканин банана;
- встановити кінетичні закономірності процесу конвективного сушіння та розробити енергоефективні режими.

Об'єкт та методи дослідження. Як об'єкт сушіння взяті стиглі та зелені банани врожаю 2023 року. Очищені від шкірки банани нарізали смужками розміром $60 \times 60 \times 10$ мм і пелюстками завтовшки 5...6 мм і довжиною 65...75 мм та зневоднювали до низького залишкового вологовмісту 6...8 %.

Дослідження кінетики процесу сушіння проводили на експериментальному конвективному сушильному стенді, який обладнано автоматизованою системою збору й обробки інформації.

Результати. Узагальнюючи результати досліджень, з'ясували, що використання зрілих або напівстиглих бананів для сушіння неприйнятне, через те що вони дуже швидко темніють і втрачають товарний вигляд. Найкраще для зневоднення підходять зелені плоди бананів. Це пояснюється тим, що незрілі банани за хімічним складом значно відрізняються від зрілих. У зелених плодах із вуглеводів переважає крохмаль, цукру в них міститься незначна кількість. У міру дозрівання співвідношення крохмалю і цукру змінюється, що призводить до потемніння сировини. З метою прискорення процесу сушіння необхідно обирати недостиглі банани з вмістом цукрів не більше 10...12%.

Сушіння бананів нарізаних смужками та пелюстками здійснювали при швидкості руху теплоносія 1,0...1,5 м/с та вологовмісті 11 г/кг сухого повітря за температур 120, 100, 80, 60 °C, а також за ступеневим режимом 100/60 °C.

За температур теплоносія 120 і 100 °C вже через 30...40 хв спостерігалось перевищення температури поверхневого шару бананів понад 75 °C. У цей момент відбувалось потемніння поверхні, а до кінця процесу сушіння банани ставали темно-коричневими. За м'якого режиму сушіння (80 і 60 °C) та за ступеневого режиму під час зневоднення температура поверхні бананів не перевищувала критичні 75 °C. До кінця сушіння шар бананів злегка темнів, але зберігав приємний запах і смак, властивий вихідному банану. Отже, у початковий період сушіння банану не страшна висока температура сушильного агенту.

Характер процесу сушіння бананів залежить від температури теплоносія. За м'яких режимів спостерігається перший період сушіння. За

температур 100 і 120 °С та ступеневим режимом процес протікає в другому періоді, і після прогрівання матеріалу спостерігається плавне зниження швидкості сушіння бананів.

За результатами експериментальних досліджень з гігротермічної рівноваги одержана ізотерма адсорбції пари води паренхімними тканинам банана за температури 20 °С. Використовуючи метод характеристичних кривих, що заснований на потенційній теорії сорбції, за цією ізотермою визначені значення рівноважних вологовмістів в діапазоні температур 30...80 °С. Це дозволило за ізотермами адсорбції, встановити зв'язок між тепловологісними параметрами сушильного агента і висушуваного матеріалу в процесі сушіння, а також визначити умови зберігання висушеного продукту.

Висновки. Проведені дослідження показали, що потемніння поверхні бананів спостерігається при досягненні температури 70...75 °С. За ступеневими режимами сушіння температура сировини не перевищувала 65 °С, тому поверхня зразків залишалася світлою. Завдяки тому, що температура бананів не перевищує гранично допустиму у них зберігаються цінні біологічно-активні речовини.

Узагальнюючі результати досліджень, можна зробити висновки, що для одержання чипсів з бананів можна використовувати одно- та двоступеневі режими зневоднення, при яких температура поверхні не перевищує 75 °С.

Список літератури

1. Samuel A. O. Adeyeye. Banana Drying Kinetics / In book: Banana Nutrition - Function and Processing Kinetics. 2020. P. 1-20. DOI: 10.5772/intechopen.84669.
2. Sunil Pareek. Chapter 3 - Nutritional and Biochemical Composition of Banana (Musa spp.). Cultivars // Editor(s): Monique S.J. Simmonds, Victor R. Preedy, Nutritional Composition of Fruit Cultivars, Academic Press. 2016. P. 49-81. ISBN 9780124081178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00003-9>.

УДК 66.047

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТЕПЛОВОГО АГЕНТА НА КІНЕТИКУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СІРНИКОВОЇ СОЛОМКИ

THE INFLUENCE OF THE VELOCITY OF THE HEAT AGENT ON THE KINETICS OF FILTRATION DRYING OF MATCH SPLINTS

Атаманюк В. М., д.т.н., професор, **Кузьмінчук Т. А.**, аспірант
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Atamanyuk V. M., SciD, Prof., **Kuzminchuk T.A.**, postgraduate student
Lviv Polytechnic National University, Lviv

З кожним роком все більш актуальними стають пошуки шляхів оптимізації виробництва з метою економії енергоресурсів. На виробництві сірників суттєву частку енергії витрачається на сушіння сірникової соломки. Як альтернативний варіант в

роботі досліджено метод фільтраційного сушіння для висушування матеріалу. Визначено вплив швидкості руху теплового агента крізь шар дисперсного матеріалу на кінетику сушіння. Наведено кінетичні криві зміни вологи в часі за різних швидкостей. Встановлено, що зі збільшенням швидкості теплового агента зменшується тривалість процесу вилучення вологи та відбувається інтенсифікація сушіння.

Every year, the search for ways to optimize production to save energy resources is becoming more and more relevant. In the production of matches, a significant share of energy is spent on drying match splints. As an alternative option, the method of filtration drying for drying the material was investigated in the work. The effect of the velocity of the heat agent through the layer of dispersed material on the kinetics of drying was determined. Kinetic curves of moisture change over time at different velocities are given. It was established that with an increase in the velocity of the heat agent, the duration of the moisture extraction process decreases and drying intensifies.

Ключові слова: кінетика сушіння, фільтраційне сушіння, стаціонарний шар, сірникова соломка, виробництво сірників

Keywords: the kinetics of drying, filtration drying, stationary layer, match splints, production of matches

В останні роки в Україні відчувається суттєва нестача енергії, тому пошук способів економії енергоресурсів набирає все більшої актуальності. Промисловість використовує левову частку енергетичних ресурсів країни. Одним з найбільш енерговитратних процесів виробництва є сушіння, зокрема сушіння сірникової соломки.

Вилучення вологи це важливий етап в процесі виробництва сірників, який потребує оптимізації, оскільки стрічкові сушарки, які зараз використовують для сушіння мають високу металоємність, складні в обслуговуванні, мають великі розміри та низький коефіцієнт корисної дії.

Як альтернативу запропоновано метод фільтраційного сушіння. Такий метод сушіння забезпечує велику площу контакту фаз теплового агента з матеріалом, що суттєво збільшує коефіцієнти тепло- та масообміну, а отже збільшує швидкість сушіння та зменшує енерговитрати та тривалість процесу.

Для проектування установки для фільтраційного сушіння сірникової соломки важливим є одержання кінетичних закономірностей процесу. Одним з важливих параметрів, які впливають на сушіння є швидкість профільтровування повітря крізь шар матеріалу.

Для визначення впливу швидкості проведено експериментальні дослідження сушіння сірникової соломки за швидкостей руху теплового агента крізь шар матеріалу 0,18, 0,21, 0,23, 0,26, 0,29 м/с. Висота шару матеріалу становила 250 мм, а температура теплового агента 60°C. Дослідження проводили на установці фільтраційного сушіння в стаціонарному шарі згідно з методикою [1] до встановлення наперед заданого вологовмісту.

Результати досліджень впливу швидкості руху теплового агента зображені у вигляді кінетичних кривих зміни вологовмісту в часі на рис 1.

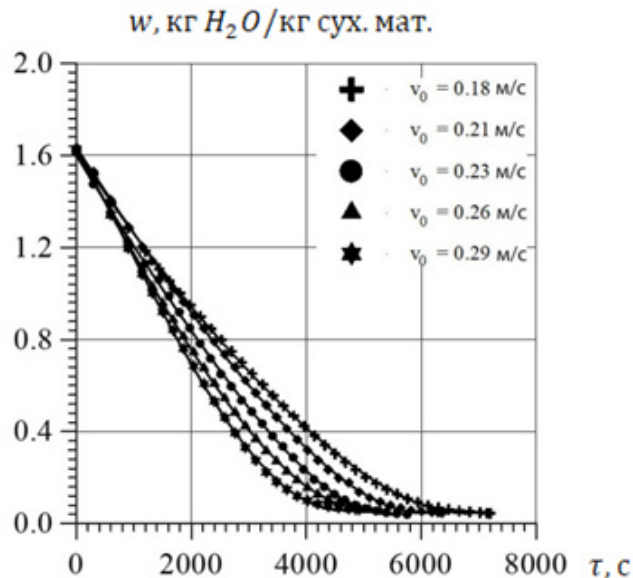


Рис. 1. – Кінетичні криві фільтраційного сушіння сірникової соломки за різної швидкості руху теплового агента

Одержані дані вказують на те, що зі збільшенням швидкості руху теплового агента крізь стаціонарний шар матеріалу зростає швидкість сушіння та зменшується тривалість вилучення вологи. Це зумовлено збільшенням кількості теплоти, яке вноситься за одиницю часу. Окрім того, зростання швидкості збільшує коефіцієнти тепло- та масообміну, а також відбувається турбулізація потоку, що сприяє зменшенню товщини гідралічного, теплового та дифузійного шарів, а отже інтенсифікації сушіння.

Висновки. Досліджено вплив швидкості руху теплового агента на кінетику сушіння. Визначено тривалість сушіння до наперед заданого вологовмісту за різної швидкості повітря. Встановлено, що зі збільшенням швидкості руху теплового агента відбувається інтенсифікація сушіння.

Список літератури

1. Kobeyeva Z, Khussanov A, Atamanyuk VM, Hnativ ZYa, Kaldybayeva B, Janabayev D, Gnylianska L. Analysing the Kinetics in the Filtration Drying of Crushed Cotton Stalks. *Eastern European J. Enterp. Technol.* 2022; 8(115): 55–66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252352>

УДК 66.011

**МАСООБМІН РОЗЧИНЕННЯ ГРАНУЛЬОВАНОГО
ТЕТРАБОРАТУ НАТРІЮ ІНТЕНСИФІКОВАНИЙ МЕХАНІЧНИМ
ПЕРЕМІШУВАННЯМ
THE MASS TRANSFER OF GRANULATED SODIUM
TETRABORATE DISSOLUTION INTENSIFIED BY MECHANICAL
STIRRING.**

Кузык О. О., аспірант, **Атаманюк В. М.**, д-р техн. наук, професор,
Гумницький Я. М., д-р техн. наук, професор
Національний університет «Львівська Політехніка»

Kuzyk O. O., PhD student, **Atamanyuk V.M.**, ScD, prof
Gumnitskii Ya. M., ScD, prof
Lviv Polytechnic National University

***Анотація** У дослідженні наведено кінетику розчинення гранульованого тетраборату натрію залежно від температури розчину та частоти обертання мішалки. Експериментально визначено коефіцієнти масовіддачі та наведено порівняння їх із теоретично визначеними. Встановлено, що за збільшення частоти обертання мішалки та температури розчину збільшується коефіцієнт масовіддачі. Отримано розрахункову залежність, яка дає змогу прогнозувати процес розчинення гранул тетраборату натрію залежно від температури розчину і частоти обертання мішалки.*

Отримані результати підтверджують суттєвий вплив конструктивних параметрів реактора та умов перемішування на процес масообміну в системі «тверде тіло – рідина». Отримані результати дослідження дають змогу змодельовати та оптимізувати процеси масообміну в системах тверде тіло – рідина, що у свою чергу дає можливість подальшої оптимізації технологічних процесів в хімічній промисловості, та забезпечення зменшення енергозатратності процесу розчинення.

***Abstract** The kinetics granules of granulated sodium tetraborate dissolution were investigated based on the solution temperature and stirring frequency. Experimental mass transfer coefficients were determined and compared with theoretical values. The results indicate that increasing the stirring frequency and the solvent temperature increase the mass transfer coefficient.*

A computational relationship was derived, enabling the prediction of GBA dissolution based on solution temperature and stirring frequency. These findings highlight the significant impact of reactor parameters and mixing conditions on the mass transfer process in solid-liquid systems. The study's results facilitate the simulation and optimization of mass transfer processes in solid-liquid systems, contributing to the optimization of chemical industry technological processes and reducing the energy consumption of the dissolution process.

Ключові слова: тетраборат натрію, розчинення, частота обертання мішалки, коефіцієнт масовіддачі.

Keywords: sodium tetraborate, dissolution, stirring frequency, mass transfer coefficient.

Тетраборат натрію використовують в багатьох технологічних процесах, таких як металургійна обробка сталі, кольорових та аморфних металів, зварювальних флюсах та покриттях, а також у кераміці, засобах для прання, добавках для харчових продуктів, чистячих засобах, консервантах, дисперсних системах, наповнювачах у композитних матеріалах. Їх також використовують

для видалення із води різних органічних і неорганічних забруднюючих речовин, таких як хром і 2,4-дихлорфенол, а також для синтезу наночастинок заліза. Додавання тетраборату натрію є необхідним для підвищення вогнестійкості деревини. Тетраборат натрію також використовують для виготовлення оптичного скла. Він покращує м'якість води, зв'язуючи йони кальцію, а також діє як буферний агент. Тетраборат натрію є одним із 16 основних поживних речовин який застосовують для покращення якості ґрунту і як інсектицид для захисту листя від шкідників. Підживлення бором рослин є важливим для нормального формування насіння та розвитку плодів[1-4].

Процеси фізичного розчинення твердих тіл мають важливе значення для хімічної, харчової, гідрометалургійної, фармацевтичної та інших галузей промисловості. Вони виступають, як правило, першою стадією технологічних процесів[5].

Для проведення досліджень була використана експериментальна установка, яка складалась з верхньопривідної лопатевої мішалки 1, штатива 3, бані з термостійким стаканом 2, регулюючого пристрою 4 та секундоміра.

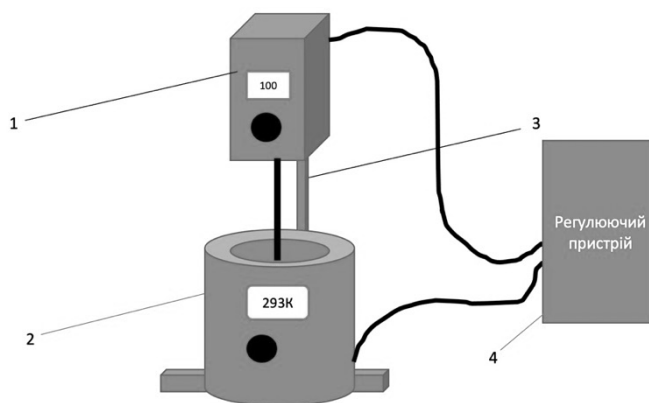


Рис.1 – Експериментальна установка

Порошок тетраборату натрію був завантажений у пресформу, де його пресували, отримуючи кульки діаметром 20 мм. Зусилля пресування складало 4 МПа. Перед експериментом кульки тетраборату натрію поміщали у стакан з насиченим розчином тетраборату натрію. Після певних інтервалів часу кульки виймали, очищали їх поверхню від зовнішньої вологи за допомогою фільтрувального паперу і заміряли їх діаметр і масу. Експеримент тривав до досягнення сталої маси. Для вивчення кінетики розчинення була використана баня, що підтримувала задану температуру розчину. Встановлювали задану частоту обертання трьохлопатевої мішалки, і одночасно завантажували 5 кульок тетраборату натрію в стакан. Кожні 180 секунд кульки виймали зі стакана, очищали їх поверхню від зовнішньої вологи фільтрувальним папером і заміряли їх діаметр та масу. Кожний експеримент повторювали принаймні тричі до отримання стабільних значень. Зміну концентрації тетраборату натрію розраховували за зміною маси кульок тетраборату натрію, а поверхню кульок визначали за зміною їх діаметра. Експеримент проводили за температур 293, 303, 313, 323 К та частоти обертання мішалки 1,67; 3,33; 5 та 6,67 с⁻¹.

В основу розрахунку розчинення покладено кінетичне рівняння масообміну:

$$\frac{dM}{d\tau} = \beta \cdot F \cdot (C_s - C), \quad (1)$$

де M_0 – початкова маса кульки, кг; M – маса кульки на момент вимірювання, кг;

C – концентрація тетраборату натрію в розчині на момент вимірювання, кг/м³;

τ – час перебування кульки тетраборату натрію в ємності, с; β – коефіцієнт масовіддачі під час розчинення, м/с; F – площа поверхні кульки, м²;

C_s – концентрація насичення за поточної температури розчину, кг/м³.

Проінтегрувавши рівняння (1) в межах зміни часу від 0 до τ , отримали наступну залежність коефіцієнту масообміну від часу:

$$\beta = \frac{M_0 - M}{F \cdot (C_s - C)} \quad (2)$$

Площа зовнішньої поверхні кульок, що беруть участь у масообміні, визначали за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (d_t^2 - d_0^2)}{2}, \quad (3)$$

де d_t – діаметр кульки, на момент часу τ , d_0 – початковий діаметр кульки.

Для перевірки експериментально визначеного коефіцієнта β вибрано теоретичний метод, який ґрунтується на теорії локально-ізотропної турбулентності. В умовах механічного перемішування коефіцієнт масовіддачі визначають із залежності [6]:

$$\beta_p = 0,267 \cdot \left(\varepsilon_0 \cdot \frac{\mu}{\rho} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot S, \quad (4)$$

де ε_0 – питома енергія розсіювання; ρ – густина рідини кг/м³; μ – динамічна в'язкість рідини, Па·с; S – число Шмідта.

Коефіцієнт дифузії визначали за методом Вільке і Ченга, із залежності [7]:

$$D = 7,4 \cdot 10^{-8} \left[\frac{(\phi \cdot M_2)^0}{\mu_2 \cdot V^{0,6}} \right] \quad (5)$$

де D – коефіцієнт взаємної дифузії речовини, см²/с; M_2 – молекулярна маса розчинника; T – температура, К; μ_2 – динамічна в'язкість розчинника, мПа·с; V – мольний об'єм розчину за нормальних умов, см³/моль (визначається за груповими складовим Ле Ба); ϕ – «параметр асоціації» розчинника (для води $\phi = 2,6$);

Щоб визначити вплив температури та частоти обертання мішалки на коефіцієнт масовіддачі, результати експериментів були представлені у вигляді графічної залежності. Після апроксимації експериментальних даних експоненційною функцією результати представляли у вигляді:

$$\beta_{nT} = A \cdot \exp(b \cdot T) \quad (6)$$

У цьому дослідженні розглянуто кінетику розчинення гранул тетраборату натрію, залежно від температури розчину та швидкості обертання мішалки. Експериментально визначено коефіцієнти масовіддачі і проведено

їх порівняння з теоретичними значеннями. Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання мішалки та підвищенням температури розчину коефіцієнт масовіддачі зростає. Отримано розрахункову залежність, яка дає змогу прогнозувати процес розчинення гранул тетраборату натрію з урахуванням температури розчину та частоти обертання мішалки. Це відкриває можливості для моделювання та оптимізації процесів масообміну в таких системах, що, в свою чергу, сприяє подальшій оптимізації технологічних процесів у хімічній промисловості та зниженню енергозатрат на процес розчинення.

Список літератури

1. Wisniak J. Borax, Boric Acid , and Boron-From Exotic to Commodity Borax , Boric acid, and Boron From exotic to commodity, 2014.
2. EFSA. Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodium tetraborate (borax) (E 285) as food additives. 2018;(June).
3. Ozdemir T, Gungor A, Reyhancan A. Flexible neutron shielding composite material of EPDM rubber with boron trioxide: Mechanical, thermal investigations and neutron shielding tests, Radiat Phys Chem, 2017; 131: 7–12.
4. Xiao Z, Zhang H, Xu Y, et al. Ultra-efficient removal of chromium from aqueous medium by biogenic iron based nanoparticles, Sep Purif Technol, 2017; 174: 466–473.
5. Гумницький Я.М. Розчинення твердих тіл у трифазній системі, утвореній вакуумуванням / Я.М. Гумницький, Д.М. Симак, О.А. Нагурський // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2015, – No 47 (1). – с. 130–133.
6. T. N. Viten'ko, Ya. M. Gumnitskii: Mass Transfer during Dissolution of Solids Using Hydrodynamic Cavitation Devices , 2006, 40, 598.
<https://doi.org/10.1134/S0040579506060078>
7. Miyabe, K., & Isogai, R. Estimation of molecular diffusivity in liquid phase systems by the Wilke–Chang equation. *Journal of Chromatography*, 2011, 1218(38), 6639-6645.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.07.018>

Секція 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ

ПОВЕДІНКА ТКАНИН ЯГІД ТА ФРУКТІВ ПРИ НАГРІВАННІ

Корінчевська Т.В., к.т.н., Михайлик В.А., к.т.н., с.н.с.,
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Ягоди та фрукти є важливим доповненням до збалансованого раціону харчування. Їх компонентний склад багатий вітамінами, мінералами, антиоксидантами тощо. Проте основний компонент усіх ягід та фруктів – вода, тому через свою високу вологість (70 – 90 %) дані продукти здатні швидко псуватись. Щоб забезпечити максимальне збереження врожаю частину плодів необхідно переробляти. Найпоширеніші методи переробки – це сушіння, консервування та заморожування. З метою максимального збереження корисних речовин при тепловій обробці важливо знати поведінку тканин плодів при нагріванні.

В даній роботі розглянуто 17 різновидів ягід та фруктів, широко представлених в Україні в літній період. Дослідження проведені методом термічного аналізу в дериватографі «Q-1000». Протягом експерименту зразки нагрівали з постійною швидкістю 3,6 К/хв. до досягнення 250 °С. Під час дослідження реєстрували зміну температури та маси зразка, швидкість зміни маси та теплові ефекти.

При нагріванні тканин плодів від кімнатної температури спочатку реєструється зневоднення, яке супроводжується поглинанням теплоти. Найнижчий вміст вологи зареєстровано (71,99 %) у банана. Для інших зразків тканин вологість перебувала в межах 82,08 – 92,26 %. Обчислено середню швидкість зневоднення як співвідношення маси видаленої води до часу зневоднення. Найнижчу швидкість (1,58 %/хв.) мають тканини банану, а найвищу – полуниці (1,96 %/хв). Основний вплив на кінетику зневоднення в умовах експерименту чинить зв'язана вода. Процес характеризується двома етапами. На першому етапі швидкість стрімко зростає і досягає свого максимуму за температур в межах 111 – 121 °С і залежить від різновиду продукту. При цьому енергія, що витрачається на зневоднення, близька до енергії випаровування чистої води. На другому етапі відбувається зменшення швидкості та зростання енергії через зневоднення концентрованих розчинів та тканин, в яких вода утримується сильними зв'язками.

Обробка отриманих даних дозволила визначити та порівняти умовний тепловий ефект, яких характеризує кількість теплоти, що витрачається на зневоднення. Було встановлено, що найнижчі значення умовного теплового ефекту у абрикоса, а найвищі – у аличі, персика, малини та банана.

Після зневоднення реєструється поступова втрата маси зразків з виділенням теплоти, що свідчить про термічне розкладання органічних речовин. В результаті знайдена термічна стабільність тканин досліджених ягід та фруктів.

ктів, яка визначається температурою повного зневоднення та початком розкладання органічних речовин. Вона знаходиться в межах від 161 °С (для жи-молості) до 197 °С (для порічки червоної) і є важливим параметром при ви-борі режиму термічної обробки.

UDC 664.923:66-963/66-967

DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF THE HYDRO- MECHANICAL PROCESSING OF RAW BEEF BY MESSAGING / TUMBLING

Verbytskyi S., PhD, Engineering

Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

Salting of raw meats aims at protecting them from microbiological spoilage, as well as achieving the appropriate properties of finished products: taste, aroma, color, consistency, texture [1]. Practice shows that combining salting of meats with mechanical effects on them promotes the intensification of biochemical processes in muscle tissue. As a rule, meat is first saturated with curing brine using portable manual or automatic multi-needle brine injectors, after which, together with the additional amount of brine, it is processed in meat massagers [2]. As a result, muscle tissues acquire elasticity, and the meat absorbs the curing brine in an amount of up to 10 – 12% of the original mass of the raw material. Due to mechanical processing, the integrity of the meat cell membranes is disrupted, and the penetration of the brine is facilitated, which acquires a soft and delicate consistency of meat products [3]. The devices used to perform this technological operation, meat mas-sagers, are cylindrical rotating drums in which pieces of meat rub against each other, as well as against the walls, rise up and fall inside the working container. These machines are also called meat tumblers (“to tumble” is to turn over, to somersault)



Fig.1 – Massager Ya5-FMS

[4,5], they are often equipped with devices for cooling and vacuuming the working zone. The rational duration of work/standstill period is important: during a standstill, the muscle tissue of the meat relaxes, while during the rotation of the drum the brine is intensively absorbed by it. In Ukraine, the following modes of processing meat raw materials in massagers are used: single massaging of bone-in raw materials at a drum rotation speed of 8 rpm, operation for 10–20 min, standstill for 50 min; when processing bone-less raw materials: massaging the raw materials at a drum rotation speed of 16 rpm, operation for 20–30 min, standstill for 45–60 min, the cycle is repeated

for 24–36 hours [5,6].

To present and logically substantiate the results of the studies of massaging raw meats in the drum of the massager within different modes of technological

processing, a laboratory vacuum massager Ya5-FMS (Fig. 1) was used, this being of volume 0.1 m³ with hollow ribs, into which a coolant can be supplied.

The stable effect of the curing brine contributes to a better, more uniform coloring of meats, however, the consequence of their massaging may be lightening due to the reduction in the time of action on the fatty tissue during vacuuming. Therefore, a more effective method is the penetration of curing substances in the case of using pulsating vacuum generation systems. This has been confirmed by experiment.

The effect of vacuum and pulsating vacuum (P. vacuum) on the rate of hydro-mechanical processing of raw meats and on the quality parameters of the finished product was studied on the laboratory massager Ya5-FMS (Table 1).

Table 1 – Effect of process mode on the mass of raw meats

Processing modes	Processing duration, min								
	60			90			120		
	Mass of cut, g			Mass of cut, g			Mass of cut, g		
	before	after	%	before	after	%	before	after	%
Vacuum	1340	1660	124	1485	2420	160	1450	2330	158
P. vacuum	1420	2010	141	1640	2510	163	1100	1650	160
Control	1220	1450	119	1150	1400	122	1180	1530	130

Also such parameters were determined: change in the mass of raw meats after holding under vacuum and under the action of a pulsating vacuum depending on the processing time; change in NaCl content in the finished product after holding under vacuum and under the action of a pulsating vacuum depending on the processing time; shear stress of the finished product after holding in a massager under vacuum and under the action of a pulsating vacuum depending on the processing time.

The duration of salting of raw meats depends on their type and quality characteristics, morphological composition, pH, degree of autolysis, mass and shape of meat cuts, quantity, quality and temperature of brine, as well as on the efficiency of the equipment used. Even more effective penetration of curing ingredients is achieved by using a pulsating vacuum, in which the processed meat raw materials are exposed to alternating loads: atmospheric pressure – vacuum.

So it can be concluded: an increase in the intensity of hydro-mechanical processing of raw meats causes changes in the structure of muscle fibers – their swelling, and disruption of membrane structures, loosening and swelling of myofibril proteins. All of the above indicates that the use of pulsating vacuum and drum cooling not only improves, but also significantly accelerates the process of wet salting of raw materials in the production of ham products.

References

1. Pospiech, M., Tremlová, B., & Javůrková, Z. (2020). The microstructure of whole-muscle meat products. *Maso International*, 2, 155-159.
2. Verbytskyi, S., & Patsera, N. (2022). Dry and wet tenderization of meats: basic features and technological equipment. *Food Resources*, 10(19), 7-17.
3. Tumenova, G., Sadupova, T., Dauletkhankyzy, A., Abilda, A., & Kudrenova, L. (2020). Biochemical aspects of salting process of whole-muscle meat products. *Food Resources*, 8(14),

175-188.

4. Verbytskyi S. B. (2020). Injecting and massaging of raw meats. *Meat Business*, 10, 42-46.
5. Cáceres, J. C., & Sanabria, C. J. (2021). *Evaluación de salmueras para mejoramiento de las características fisicoquímicas en el lomo (M. Longissimus dorsi) de vacas de descarte de la unidad de Ganado Lechero de Zamorano* (Tesis Doctoral, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana).
6. Sharedeh, D., Venien, A., Favier, R., Chekrar, F., Gatellier, P., Astruc, T., & Daudin, J. D. (2012). *Incidence of mechanical action during tumbling of meat on mass transfer, tissue structure and protein solubilization*.

UDC 664.8.047

RESEARCH INTO PERSIMMON PROCESSING BY DRYING

Petrova Zh.O., Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor **Novikova Y.P.**, Doctor of Philosophy

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

The demand for functional foods, which provide the human body with macro- and micronutrients and reduce the risk of various diseases, is growing every year. Functional foods are those that contain one or more biologically active food ingredients.

Carotenoids have demonstrated significant potential in the food, cosmetics, and pharmaceutical industries due to their rich nutritional value and functional properties [1]. Carotenoids are naturally occurring organic pigments produced by bacteria, fungi, algae, and plants. Carotenoids are mainly found in fruits, berries, vegetables, microorganisms, and some marine organisms. [2].

Persimmon (*Diospyros Kaki L.*) is a sweet, slightly tart fruit that is a source of beta-carotene, vitamins A and E, ascorbic acid, rich in carbohydrates, tannins and phenolic compounds, a good source of fiber, and has a powerful antioxidant effect [4-6]. Persimmon is most common in East Asian countries. Persimmon is a seasonal product and has a limited shelf life, and drying can be used to extend it. More common drying methods are convection, sublimation, solar and infrared. Of these methods, convective drying produces high-quality material with lower energy consumption. However, combined drying is becoming more and more popular around the world. To increase the energy efficiency of drying and maintain high quality of the material, we used combined methods. Therefore, the aim of this work is to process persimmon fruits by drying and determine the effect of combined modes on the process.

The study of persimmon drying kinetics was carried out on an experimental convective stand equipped with an automatic system for collecting and processing information [5]. Drying modes of 65, 100, 100/65 °C and the combined 3800W/m² +65 °C with a coolant velocity of 3.0 m/s were studied. Drying was carried out to a material moisture content of 9.5±0.3%. Fig. 1 shows the change in humidity and temperature in the middle of the layer of persimmon fruits cut into 5×5 mm cubes.

As can be seen from the figure, the longest drying time was observed at 65 °C and was 269 min. The shortest drying time is in the 100°C mode and is 94 minutes. For the drying modes 100/65 °C and 3800W/m² +65 °C, at the beginning of the process, the material temperature was raised to 58 °C, after which the drying process took place at a coolant temperature of 65 °C. As can be seen, the combined 3800W/m² +65°C and 100/65°C step drying modes have a shorter drying time compared to the 65°C mode and amount to 140 and 165 minutes, respectively. At the beginning of the study, infrared lamps with a power of 3800 W/m² + 65 °C and a heat carrier of 65 °C were used in the combined mode of 3800 W/m² and 65 °C. After reaching the material temperature of 58 °C, the infrared lamps were turned off and the material temperature began to decrease to 51.5 °C, then it rose to 63.5 °C.

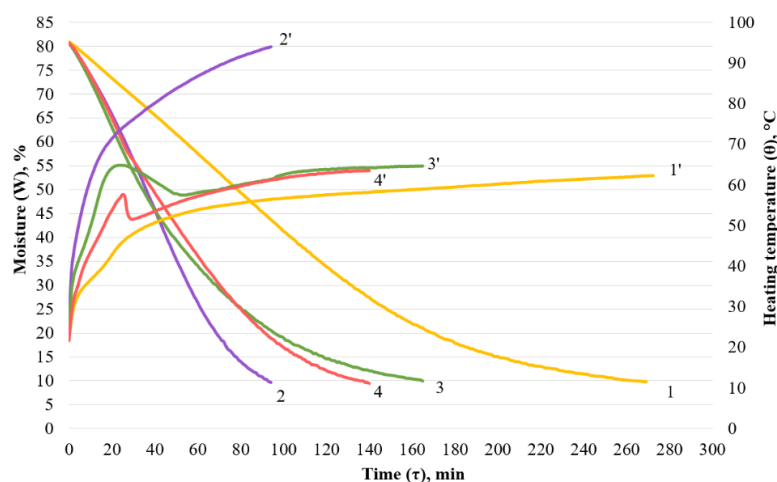


Fig. 1 – Changes in humidity (1, 2, 3, 4) and temperature inside the layer (1', 2', 3', 4') of persimmon diced into 5×5 mm cubes with time, $V=3$ m/s:
1 - 65 °C; 2 - 100 °C; 3 - 100/65 °C; 4 - 3800W/m² +65 °C

According to the 100/65°C step mode, the material was dried at a coolant temperature of 100°C and a material temperature of 58°C. Then the temperature of the heat carrier was reduced to 65 °C, while the temperature of the material increased to 64.8 °C, after which the temperature of the material gradually decreased to 57.5 °C, and then increased to 64.2 °C. Therefore, for better preservation of nutrients during persimmon drying, it is advisable to use combined or stepwise drying modes.

References

1. Meléndez-Martínez A.J., Stinco C.M., Mapelli-Brahm P. Skin Carotenoids in Public Health and Nutricosmetics: The Emerging Roles and Applications of the UV Radiation-Absorbing Colourless Carotenoids Phytoene and Phytofluene // *Nutrients*. 2019., 11, 1093.
2. Li Y., Zhao Y., Zhang H., Ding Z., Han J. The Application of Natural Carotenoids in Multiple Fields and Their Encapsulation Technology: A Review // *Molecules*. 2024., 29, 967. <https://doi.org/10.3390/molecules29050967>
3. Bozkir H., Ergün A. R., Serdar E., Metin G., Baysal T. Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit // *Ultrasonics sonochemistry*. 2019., 54. P.135-141. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
4. Luo Z. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of postharvest persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit // *LWT-Food Science and Technology*. 2007., 40(2). P. 285-291. DOI:

10.1016/j.lwt.2005.10.010

5. Petrova, Z., Sniezhkin, Y., Paziuk, V., Novikova, Y., & Petrov, A. (2021). Investigation of the Kinetics of the Drying Process of Composite Pellets on a Convective Drying Stand. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 159-166. <https://doi.org/10.12911/22998993/137676>

УДК 664.2, 664.3

ОСОБЛИВОСТІ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОГО СКЛАДУ ГЕЙНЕРІВ

Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Турчина Т.Я., Макаренко А.А.,
Костянець Л.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Популярність спорту та інтерес споживачів до впливу раціону харчування на досягнення спортивних результатів та відновлення фізичної енергії призвели до активного попиту на продукти спортивного харчування. В 2022 р. лідерами споживання такої продукції є США (56 кг), Австралія (32 кг) та Великобританія (25 кг). Серед різних видів спортивного харчування особливу нішу займають гейнери – білково-вуглеводні добавки, призначені для швидкого нарощування м'язової маси. Особливістю їх складу є те, що вони представлені комплексом швидких та повільних протеїнів (15–40%) та вуглеводів (60–85%). Таке поєднання дозволяє задовольнити потреби організму як в амінокислотах для росту мускулатури, так і у вуглеводах для відновлення енергії. Світовими виробниками гейнерів є США та країни Заходу, в Україні їх виробництво майже відсутнє.

Метою роботи є проведення аналізу високопротеїнових та вуглеводних компонентів, які використовуються у спортивному харчуванні для розробки нових вітчизняних технологій гейнерів з високою харчовою та біологічною цінністю.

При виробництві гейнерів у сухій порошкоподібній формі виробники найчастіше застосовують технологію «сухого» змішування, що спрощує технологічний процес, не вимагає великих виробничих площ, використання спеціалізованого високовартісного обладнання і знижує витрати електроенергії на виробництво продукції, однак при цьому зникає можливість впливати на якість і безпечність окремих компонентів і готової продукції в цілому. Технологію «мокрого» змішування використовують рідше.

За сучасними рекомендаціями спортивних дієтологів вважається, що людям, які проходять інтенсивні тренування з першочерговим наміром нарощування м'язової маси, необхідно споживати приблизно 1,4–2,0 г білків та 7 г вуглеводів на 1 кг маси тіла на день [1]. Такі рекомендації знаходять своє відображення у складі спортивного харчування, в т.ч. гейнерів, які виробляються провідними підприємствами-лідерами цього напрямку харчування.

Найпоширенішими «швидкими» протеїнами гейнерів є концентрати та ізоляти білків молочної сироватки завдяки їх високій біологічній цінності,

збалансованому амінокислотному складу та швидкому засвоєнню (1–3 год нативні білки та 15–20 хв гідролізати) («Gold standard gainer», «Pro gainer»).

Серед «повільних» протеїнів тваринного походження в останні роки набув популярності міцелярний казеїн («Isomass xtreme gainer®»), який на відміну від звичайного казеїну перетравлюється в організмі не 6–8 год, а 12 год. Його виробництво методом мембранної мікрофільтрації є найбільш конкурентним способом обробки, оскільки зникає необхідність в пастеризації отриманих розчинів, а отже і в додаткових енерговитратах. Яєчний білок є багатим джерелом амінокислот з розгалуженими боковими ланцюгами (BCAA), які ідеальні для потреб організму при нарощуванні та підтриманні м'язової тканини («Serious Mass» від «Optimum Nutrition», США). Серед рослинних білків найчастіше використовують високоочищені протеїни сої («Super Mega Mass 2000»), пептиди глутаміну, наприклад, із білків пшениці («Pro gainer»), білки льону («Gold standard gainer»), як джерело глутамінової кислоти, пшениці та ін.

Основними компонентами гейнерів, що забезпечують організм необхідною енергією, є вуглеводи. Кожен вид вуглеводів засвоюються з певною швидкістю, тому цей фактор враховують при розробці рецептур гейнерів для забезпечення стабільного отримання енергії впродовж тривалого періоду часу.

До «швидких» вуглеводів відносять моно-, дисахариди та мальтодекстрини з різним декстрозним числом. Не зважаючи на їх низьку поживну цінність, вони користуються особливо великим попитом у бодібілдингу саме як потужне джерело швидкої енергії, необхідної для нарощування м'язової маси. Мальтодекстрини виступають в ролі загущувачів, емульгаторів та структуруючих добавок [2]. Сюди ж відносять кластерний декстрин, він швидко всмоктується в організмі, має низьку осмолярність та несолодкий смак.

Джерелами «повільних вуглеводів» у гейнерах найчастіше виступають ізомальтоза, ізомальтулоза, крохмалі, клітковина та ін. Ізомальтоза запобігає грудкуванню сухих сумішей, ізомальтулоза («Палатиноза™») легко поєднується з різними підсолоджувачами для досягнення заданого профілю солодкості та забезпечення організму енергією, що рівномірно вивільнюється впродовж тривалого часу («CarboJetGain»). Крохмалі з воскової кукурудзи (95% амілопектину) надають продуктам високих технологічних властивостей. Гідролізовані крохмалі містять різні типи цукрів у різному співвідношенні. Цінною добавкою є рослинна клітковина: вівсяна («OstroVit Oat Fiber VEGE»), з ячменю, насіння льону («Hyper Mass»), пшенична («Mass Gain») або какао-волокна («Cocoa Fiber VEGE 150 g»), вона налагоджує роботу шлунково-кишкового тракту, виводить токсини, має високу водоутримуючу здатність і є ефективним загусником.

Висновки. Аналіз білково-вуглеводного складу гейнерів свідчить, що асортимент компонентів їх складу є досить широким і постійно збільшується за рахунок результатів нових наукових досягнень. З огляду на значний попит споживачів на товари даного сегменту в Україні, розроблення вітчизняних

технологій спортивного харчування в сухій формі, в т.ч. гейнерів, є перспективним напрямком розвитку харчової промисловості.

References

1. Kerkick, C.M., Wilborn, C.D., Roberts, M.D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S.M. et al. (2018). ISSN exercise and sports nutrition review update: research and recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 1-57. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>.
2. Li, K., Pan, B., Ma, L., Miao, S., Ji, J. (2020). Effect of Dextrose Equivalent on Maltodextrin/Whey Protein Spray-Dried Powder Microcapsules and Dynamic Release of Loaded Flavor during Storage and Powder Rehydration. *Foods*, 9(12), 1878. <https://doi.org/10.3390/foods9121878>.

DRYING OF OIL CROP

Marenchenko O.I. PhD, **Ihnatieva K.S.** teacher of
English of the highest category

A separate structural unit "Mechanical and Technological Professional College of Odesa National University of Technology", Odesa, Ukraine

In today's conditions, oil crops such as sunflower, rapeseed and others play a leading role in the production of food products and not only that. Their cultivation on the territory of modern Ukraine is seasonal. Harvesting of sunflower seeds falls on the third decade of August and September-October, that is, it coincides with the period of high humidity and low outside air temperature. Up to 50% of all sunflower grain harvested by oil extraction enterprises and bread reception points has a moisture content of up to 20% and higher[1]. Sunflower seeds for processing are dried, as a rule, to a moisture content of 7-8%, and those intended for long-term storage are dried to 6-7%[2].

The seeds of oil crops are delivered to grain processing enterprises from different regions of Ukraine and not only with different humidity, but also with different clogging, which significantly affects the process of dehydration of raw materials. Since the plant raw material is a living organism, the vital activity of which depends on the storage conditions.

Currently, there are many methods and devices for dehydrating vegetable raw materials. Devices used for drying food products are distinguished by a wide variety of designs and can be classified according to the following characteristics: according to the method of supplying heat to the dried material - convective, contact and special; by type of heat carrier - air, gas and steam; according to the amount of pressure in the drying chamber - atmospheric and vacuum; according to the method of action - periodic and continuous action; according to the direction of movement of the material and drying agent (in convective dryers) - forward, counter-current, cross-flow and mixed flow; according to the state of the layer of material in the apparatus - with a stationary, moving, boiling and gushing layer; according to the design of the drying chamber - drum, shaft, chamber, belt, tubular, corridor, roller, spraying, etc[3].

In recent years, there has been a growing interest in the technology of dehydration in an electromagnetic field. One of the methods of this technology is drying in a microwave field. In a microwave system, mass transfer occurs primarily due to the overall pressure gradient established due to rapid vapor formation within the material[4].

For heat-labile materials, the key will be the ability to shift the balance of the drying process towards low-intensity heating and compliance with low-temperature drying modes, while preserving the maximum amount of valuable substances in the raw materials.

The combination of microwave drying with infrared will significantly intensify the process of moisture removal from the surface of particles. As a result of the peculiarities of the microwave effect on the moist inner layers of plant material particles, the latter are quickly heated up, co-directional gradients of temperature, pressure, and humidity appear, which leads to the appearance of an intensive flow of moisture to the surface of the particles. By using infrared radiation at the same time, or immediately after microwave exposure, the removal of moisture from the surface of the particles will be significantly enhanced, which will lead to a better distribution of the humidity gradient and enhanced moisture removal.

There are no universally recognized and scientifically based technical solutions for the design of drying devices that use an ultra-high frequency electromagnetic field as a means of energy supply.

In the course of scientific research work of the department, an experimental microwave drying unit was created for drying raw materials in a thin layer. The installation includes a belt conveyor passing through a metal tunnel, which connects three rectangular resonator chambers of microwave electromagnetic field generators (magnetrons) with an electric power of 800 W and three infrared radiation modules into a single structure[5]. But the production of such a drying plant on an industrial scale requires methods, design and verification calculations.

References

1. Bandura V.N., Marenchenko O.I., Pylypenko E.O. Drying sunflower seeds in an electromagnetic field// Technology, energy, transport АПК. 2017. № 3(98). С. 63-68.
2. Sorochynsky V.F. Efficiency of grain drying on grain dryers of various types V.F. Sorochynskiy. - Bread products- М.:2009. №.-S.42-43; №4. – S.-39-41
3. O. I. Cherevko, A. M. Poperechnyi. Processes and devices of food production: a textbook
4. Cherevko, A. M. Poperechnyi. - 2nd edition, add. and ex. - Kh.: World of Books, 2014. — 495 p.
5. Burdo O.G. (2012) New principles of dehydration of grain Raw materials. Cereal products and compound feed №. 1. P. 42-46.
6. Yarovy I., Kashkano M., Marenchenko O., Pylypenko E. (2019) Innovative methods of energy supply in the processes of drying heat-labile raw materials. Scientific Works, 83(1), 122-128. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1429>

Секція 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

УДК 621.8

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Піддубний В.А.¹, д.т.н., Член-кореспондент НААН, **Заброда А.В.²**, к.т.н.,
Максименко, І.Ф.², **Білик О.А.²**

¹*Державна наукова установа «Український науково-дослідний інституту спирту і біотехнології продовольчих продуктів, Київ, Україна*

²*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Технологічні процеси харчових виробництв характеризуються взаємодією теплової, механічної, електричної, хімічної енергій або їх різні комбінації. Результатом таких взаємодій є поступові або разові трансформації вхідної сировини за допомогою деструкції або навпаки синтезу. При цьому повинні досягатися задані технологічні ефекти з врахуванням питомих сировинних, енергетичних витрат і стандартних параметрів продукції. Якщо два перших показники мають обмежуватись у своїх параметрах, то останній має супроводжувати продукцію з відповідними номінальними параметрами. Це означає, що з сировинних потоків необхідно вилучати цільові компоненти у повному об'ємі обмежуючи їх втрати. Оскільки такі трансформації відбуваються за взаємодії з енергетичними потоками, то останні визначають спрямованість та інтенсивність матеріальних перетворень сировини.

В сучасних розробках наукових робіт визначені деякі нетрадиційні підходи в оцінках можливостей обробки сировинних потоків.

Напрямок перший стосується впливів на перероблювані середовища концентрованих енергетичних потоків. До їх числа відносяться вже визнані дискретно-імпульсні технології, пов'язані з тепловим енергетичним насиченням середовищ у проявах на основі взаємозв'язків між температурами кипіння їх рідинних фракцій і тисками. Тобто, переведення середовища до стану термодинамічної рівноваги з більш високими параметрами, з наступним порушенням досягнутої рівноваги зменшенням тиску і утворенням парової фази у середовищі. В окремих випадках етап спеціального підвищення енергетичного потенціалу може бути відсутнім, якщо початкові параметри середовища дозволяють вакуумуванням перевести їх до стану термодинамічної нерівноваги з усіма наступними етапами. В такому режимі можливо обробляти потік соко-стружкової суміші, яка передається з передошпарювача у дифузійний апарат цукрового заводу, заторної маси пивзаводу перед подаванням її у фільтраційний апарат, подрібненої маси овочів, фруктів або ягід перед пресуванням або перед екстракцією тощо. Наслідком таких дій є підвищення виходу цільових компонентів.

Другим важливим напрямком підвищення енергетичних потенціалів середовищ є насичення їх легкокорозійними газами. В технологіях виноробс-

тва, виробництва пива, спирту тощо таке насичення є результатом мікробіологічного бродіння, проте використання CO_2 у формі носія енергетичного потенціалу цілком придатне і для інших середовищ. Це може стосуватися, наприклад, передпресової підготовки суслу і ягід винограду, подрібнених овочів і фруктів. Для підвищення результативності сатурацію середовищ здійснюють за підвищених тисків, оскільки розчинність газів у рідинних середовищах залежить від них і від температури. Зниження останньої розчинність газів збільшує. Різка розгерметизація насичених рідинних і вологовмістких середовищ має ефекти, подібні до тих, які супроводжують адіабатне кипіння.

Напрямок третій стосується інтенсифікації масообмінних процесів в газорідинних середовищах. Присутність диспергованої газової фази у рідинному середовищі супроводжується виникненням циркуляційних газорідинних контурів. Наслідком їх існування є помітне зменшення утримувальної здатності по газовій фазі і обмеження по інтенсивності масообміну. При цьому лівова частка енергетичного потенціалу вхідного газового потоку без користі витрачається на циркуляцію. Ліквідацію або хоча б обмеження цього недоліку пропонується за рахунок відмови від недетермінованої гідродинаміки циркуляційних контурів і використання спрямованих контурів з можливістю швидкоплинної зміни їх напрямків. Такій підхід приводить до чергування прямотоків і протитоків газової і рідинної фаз з помітним підвищенням інтенсивності масообміну. Це важливо як для випадків малорозчинних, так і для легкорозчинних газів, оскільки деформації газових бульбашок супроводжуються змінами і оновленням газових і рідинних плівок на поверхнях поділу фаз. Теоретичними розробками досягнута можливість оцінювати газорідинні середовища у формі пружних з визначенням частот їх власних коливань.

Четвертий напрямок. Енергетичне забезпечення присутнє у всіх технологіях харчових виробництв і стосується змін внутрішніх потенціалів силовинних потоків і одночасно присутності зовнішніх енергетичних потоків. У значній кількості випадків самі матеріальні потоки виконують роль енергоносіїв або для цієї ролі застосовуються інші матеріальні потоки. Частіше це водяна пара, нагріте або охолоджене повітря, холодильні агенти в термодинамічних циклах холодильних машин, кондиціонерів або теплових насосів, електромагнітні поля, інфрачервоні промені, електричний струм, потоки стиснутого повітря, потоки розчинів тощо. При цьому у більшості створення потоків останнього переліку потребує введення механічної енергії, яка у свою чергу є трансформацією хімічної енергії первинних теплоносіїв у ланцюгу перетворень через теплову енергію. Закономірності енергетичних перетворень використовуються в інтересах забезпечення матеріальних потоків, однак у кінцевому результаті можливо бачити надзвичайно нераціональне їх завершення.

Створення замкнутих контурів енергетичного забезпечення є особливо доцільним і ефективним у випадках, коли в харчових технологіях передбачається тепла обробка з генеруванням вторинної пари. Витрати на регенера-

цію і наближення параметрів вторинної пари до значень, які дозволяють використати її в ролі первинної супроводжуються коефіцієнтами трансформації 10...20 одиниць і більше. Це означає, що витрачений на регенерацію 1 кДж повертає десятки кДж теплової енергії.

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ЕФІРНИХ ОЛІЙ

Бурдо О.Г. д.т.н, професор, **Славинська В.О.** інженер,
Славинський Р.Л. аспірант

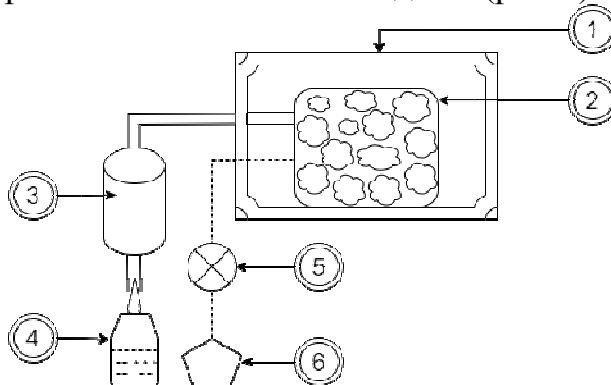
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Ефірні олії, часто називають "рідким золотом", являють собою групу хімічних сполук, які є джерелом специфічних ароматів. Ці речовини використовуються у виробництві різних видів продукції. Залежно від характеру сировини та основних властивостей олій для їх вилучення застосовують той чи інший спосіб, що дозволяє отримати найбільший вихід та найкращу якість. Один з недоліків традиційних методів пов'язаний з термолабільністю ефірних олій. Компоненти ефірних олій зазнають хімічних змін (гідроліз, окислення) завдяки дії високої температури, тому якість витягнутих ефірних олій може знижуватися та також залежить від тривалості протікання процесу. Існує багато недоліків традиційних (низкоефективних, застарілих) методів: низька якість, низька ефективність, низька енергоефективність, значні експлуатаційні витрати, неекологічні. В традиційних методах передача теплової енергії здійснюється за допомогою механізмів теплопровідності та конвекції, що спричиняє коливання температурного градієнта всередині продукту, що може призвести до зменшення виходу та якості продукту. Постійно розробляються сучасні технології, які дозволяють вдосконалити традиційні методи, та підвищити їх енергоефективність. В традиційних технологіях потрібні зміни, які б призвели до зростання кількісного та якісного виходу ефірних олій із лікарських рослин. Таким чином їм на зміну прийшли інноваційні (високоєфективні) методи, які є "зеленими" відповідно до своєю суті, конкурентоспроможні та економічно вигідніші. Переваги та недоліки інноваційних методів отримання ефірних олій було проілюстровано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Інноваційні та традиційні методи екстракції ефірних олій

Традиційні методи	Інноваційні методи
Гідродистиляція	Дистиляція з використанням «Виробництва 4.0» [4]
Дистиляція паром	Докритична рідинна екстракція
Екстракція	Мікрохвильова дистиляція парою
Пресування	Мікрохвильове екстрагування без розчинника
Анфлераж	Мікрохвильова гідродифузія та гравітація
Мацерація	Ультрозвукова гідродистиляція
	Дистиляція з використанням сонячної енергії
	Надкритична екстракція рідини

Розглянемо інноваційний метод отримання ефірної олії методом мікрохвильової екстракції без розчинників — це адресна доставка енергії до нанорозмірних структур що виконується при нормальних умовах без додавання розчинника чи води. Цей метод є екологічно чистою технологією і виглядає як альтернатива для вилучення ефірних олій з ароматичних рослин завдяки дії електромагнітного поля на рідину у капілярі рослинної сировини. Основна перевага — це виділення і концентрування летких сполук в одну стадію, який містить ефективність, селективність та більш короткий час. Процес мікрохвильового екстрагування без розчинників досліджено на стенді завдяки експериментам з синьою, рожевою та білою лавандами (рис.1).



1 - резонаторна камера; 2 - радіо прозора ємність з сировиною; 3 - холодильна установка; 4 - ємність для збору рідини; 5 — манометр; 6 - вакуум-насос.

Рис 1 – Схема експериментального стенду.

У резонаторній камері 1 розташована радіопрозора ємність з сировиною 2, яка приєднана до холодильної установки 3, де парова фаза конденсується та рідина потрапляє у ємність для збору рідини. Вакуум у системі забезпечується вакуум-насосом 6 та контролюється манометром 5.

На установці були отримані данні на основі яких були побудовані графіки.

Також було розроблено установку проілюстровану на рис.2.

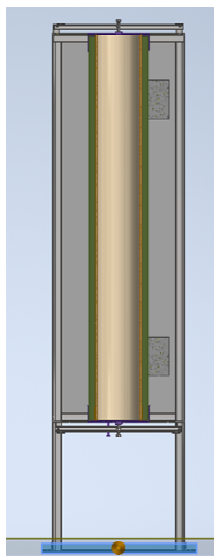


Рис.2 – Протип екстрактору для вилучення ефірних олій метод мікрохвильового екстрагування без розчинників.

Висновки. 1. Ефірна олія це унікальний і без цінний дар природи. Мультифункціональна та неймовірно багата біологічно активними речовинами, що позитивно впливають на здоров'я людини. Тому світовий ринок ефірних олій має позитивну динаміку зростання.

2. Для отримання ефірних олій використовують традиційні методи (низкоєфективні, застарілі) на зміну яким прийшли інноваційні (високоєфективні) методи. Один з яких це мікрохвильове екстрагування без розчинника.

3. На установці кафедри ПО та ЕМ ОНТУ було проведено експерименти з лавандою, під час яких виявлені залежності основних параметрів, що впливають на вихід ефірної олії.

4. Розроблено прототип екстактора, що використовує перспективний інноваційний метод мікрохвильового екстагування без розчинника.

Список літератури

1. Valeria Cavallaro, Ana Paula Murray, María Luján Ferreira, Chapter 12 - Innovative and Eco-friendly methods and pretreatments for essential oil extraction: an update, Editor(s): Atta-ur Rahman, Studies in Natural Products Chemistry, Elsevier, Volume 78, 2023. DOI:10.1016/B978-0-323-91253-2.00002-9.
2. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/essential-oils-market-101063> - сайт «TFood Additives & Ingredients/Essential Oils Market».
3. Коваленко О.А., Славинський Р.Л., Федосов Я. С., Славинська В.О., Аль-Хамад І.М. (2023) Експериментальне моделювання процесів екстрагування ефірних олій у мікрохвильовому полі // December 2023 Scientific Works 87(1):109-116 87(1):109-116. DOI:10.15673/swonaft.v87i1.2700.
4. Machado, C. A. T., de Andrade, M. A. N., & Lepikson, H. A. (2019). Manufacturing 4.0: Discussion on Application in the extractive industry of essential oils. JOURNAL OF BIOENGINEERING OF AND TECCHNOLOGY applied to Health, 2(3), 86-91.
5. Бурдо О.Г., Трішин Ф.А., Терзієв С.Г., Гаврілов А. В., Сіротюк І. В. (2021). Електродинамічні процеси як ефективне вирішення проблем харчової промисловості // Surface Engineering and Applied Electrochemistry 57 (3), 330-344 <https://doi.org/10.3103/s1068375521030030>.
6. Бурдо О.Г., Левицький А.П., Трішин Ф.А., Терзієв С.Г., Сіротюк І.В., Бурдо А.К., Лапінська А.П., Молчанов М.Ю. (2023). Електродинамічні технології в еко-індустрії харчової та фармацевтичної промисловостей //PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 2 (58) DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.2-58-11>.
7. Бурдо О.Г., Бандура В.Н., Левтрінська Ю. О. (2018). Yeletrotekhnologii tsilespryamovanoї dostavki yenergiї pri pererobtsi kharchovoї sirovini. Inzheneriya poverkhni ta prikladna yeletkrokhimiya, 54(2), 210-218.
8. <http://nanofood.com.ua> – сайт Tekhnologii adresnoї dostavki yenergiї i nanoenergotekhnologii.
9. Asma Oubeka, Karim Assami, Dalila Meziane Assami & Rachid Tir. (2023) Enhancing Yields and Antioxidant Activities of Caraway Seeds Essential Oil by Ultrasonic Treatment Combined with Hydro-distillation, and Microwave-assisted Hydro-distillation. Journal of Essential Oil Bearing Plants 26:1, pages 10-20.
10. Shuang Li, Lifei Chen, Yunwei Zhou. (2023) Essential oil obtained from *Chrysanthemum indicum* var. *aromaticum* leaf using solvent-less microwave irradiation-induced hydrodistillation and extraction *in situ*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101259>

BEET PULP AS A RAW MATERIAL FOR THE ALTERNATIVE SOLID FUEL

Ivashchuk O.S. PhD, Senior Research Fellow, Associate Professor,
Atamanyuk V.M. DSc, Professor, **Chyzhovych R.A.** Post-graduate Student,
Manastyrska V.A. Student, **Sobechko I.B.** DSc, Associate Professor
Lviv Polytechnic National University, Lviv

Beet pulp is a by-product that occurs in the process of sugar production from beets, after the juice is extracted from the beet chips. It is the main part of waste in the sugar industry. Given the positive results of using plant waste from the food industry [1] and the successful experience of using beet pulp as a binder in alternative solid fuel [2], it was feasible to conduct research on the use of beet pulp for the production of alternative solid fuel.

The object of the study was the beet pulp obtained on the production line of a local sugar plant in the Lviv region of Ukraine. To increase the shelf life of secondary raw materials and the possibility of further forming an alternative solid fuel, the experimental material was dried by filtration drying in the experimental installation, given the advantages of this method [3].

The three main parameters of the tested material were determined by the calorimetric combustion method: moisture content, ash content, and calorific value. All measurements were made in accordance with the State Standards of Ukraine.

The results of calorimetric studies of the dried beet pulp showed that for unformed plant material the calorific value is ≈ 15900 kJ/kg, moisture content $< 1\%$ wt., ash content $\approx 4.3\%$ wt.

The results obtained showed the feasibility of further research on the creation of briquetted solid fuel samples from the dried beet pulp (Fig. 1). It was found that the obtained briquettes have a calorific value of ≈ 16318 kJ/kg, moisture content $< 1\%$ wt., and ash content $\approx 4.8\%$ wt.



Fig. 1 – A sample of briquetted alternative solid fuel from the dried beet pulp.

The obtained solid fuel briquettes from the beet pulp practically match the German standard DIN 51731 in terms of their properties: moisture content ($< 12\%$), ash content ($< 1.5\%$), calorific value ($15512 \div 19515$ kJ/kg) [4]. While the moisture content and the higher calorific value of the samples are within the established limits, the ash content of the produced solid fuel samples from beet pulp exceeds the upper limit of the standard. The non-compliance with the standard might be regulated by creating composite briquettes - combining the beet pulp with other

types of biomass (e.g., alcohol distillery stillage from distilleries [1]) to achieve optimal characteristics of briquetted solid fuels.

Список літератури

1. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Kiiaieva, S. S., Zherebetskyi, R. R., & Sobechko, I. B. (2022). Preparation of an alternate solid fuel from alcohol distillery stillage. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, (1), 54–59. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-140-1-54-59>
2. Zanjani, N. G., Moghaddam, A. Z., & Dorosti, S. (2013). Physical and chemical properties of beet pulp/mezino bituminous coal briquettes. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35(22), 2173–2180. <https://doi.org/10.1080/15567036.2010.532188>
3. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Manastyrskaya, V., Barabakh, S., & Hnativ, Z. (2024). Kinetic regularities of the filtration drying of barley brewer's spent grain. *Chemistry & Chemical Technology*, 18(1), 66–75. <https://doi.org/10.23939/chcht18.01.066>
4. García-Maraver, A., Popov, V., & Zamorano, M. (2011). A review of European standards for Pellet Quality. *Renewable Energy*, 36(12), 3537–3540. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.05.013>

УДК 678.049.4

ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ АМІДІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Перепічай Я.Ю., Варлан К.Є., Черваков О.В., Панасенко С.А.

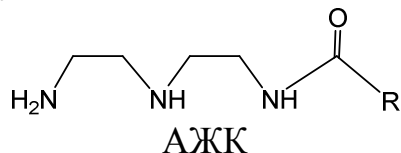
*УДУНТ, ННІ «Український державний хіміко-технологічний
університет», Дніпро
НВФ «СВК», Дніпро*

Виснаження розвіданих джерел викопної сировини та зростання цін на сиру нафту створили нагальну потребу у пошуку альтернативи продуктам нафтопереробки та визначенні шляхів переходу на енергозберігаючі технології. З огляду на посилення міжнародної регуляторної політики у сфері природокористування, захисту довкілля, здоров'я людини, перспективним напрямом вирішення означених проблем є перехід на сировинну базу, основу якої складають продукти переробки відновлюваної сировини, перш за все рослинного походження. Але через відомі техніко-економічні чинники, суцільний перехід на відновлювану сировину – справа невизначеної перспективи. В сучасних умовах і на найближчий період більш доцільним слід вважати шлях, що полягає у створенні нових продуктів і технологій на основі комбінованої сировини – рослинного походження разом з доступною синтетичною. Серед останньої варто звертати увагу на сполуки, для яких активно впроваджуються нові хімічні і біохімічні методи синтезу з використанням недефіцитної природної сировини: атмосферних газів (азот, двоокис кисню), біомаси тощо.

Одним з актуальних напрямків хімічного синтезу є розробка нових ефективних водорозчинних інгібіторів корозії для газо- та нафтовидобування, використання яких дозволяє збільшити робочий ресурс коштовного об-

ладнання, що експлуатують в умовах агресивного середовища та підвищених температур.

У якості сполук з прогнозованою антикорозійною активністю було запропоновано аміді (АЖК), синтезовані на основі похідних жирних кислот соняшникової олії та деяких амінів (олеоаміді), зокрема діетилентріаміну загальної структурної формули:



де R – вуглеводневий фрагмент жирних кислот соняшникової олії, а також а аддуктів АЖК з ортофосфатною кислотою (АЖК-ОФК).

Підготовка сталевих зразків до випробування та проведення експерименти здійснювалися відповідно СОУ 09.1 – 00135390-034: 2021

Попередні дослідження, наведені в таблиці 1, показали, що 0,025% інгібітору в складі модельного бурового середовища забезпечує ступінь захисту на рівні 72-75%. Збільшення його концентрації у розчині до 0,035-0,050% знижує рівень антикорозійного захисту.

Таблиця 1 – Залежність антикорозійної дії ФЖК від його концентрації в модельному середовищі

Концентрація інгібітору в модельному розчині, %	Швидкість корозії, г/(м ² год)	Ступінь захисту, %
0,025	1,82	72
0,025	1,71	75
0,035	4,66	46
0,035	3,93	54
0,05	3,11	64
0,05	3,26	62

Подальші дослідження проводили з АЖК-ОФК як сполуками з кращими очікуваними антикорозійними властивостями. Аддукти отримували при різних масових співвідношеннях АЖК і ОФК. Результати випробування антикорозійної дії АЖК-ОФК за концентрації в модельному середовищі 0,025% наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Залежність антикорозійної дії ФЖК-ОФК від його складу

Склад АЖК-ОФК	Швидкість корозії, г/(м ² год)	Ступінь захисту, %
1:1	1,41	79
1:1	1,04	84
1:2,5	0,25	96
1:2,5	1,2	82
1:5	1,4	79
1:5	1,51	77

З наведених даних випливає, що досліджені аддукти можна розглядати як перспективні інгібітори корозії із ступенем антикорозійного захисту 82-96%.

В умовах НВФ «СВК» розпочато комплексні дослідження, спрямовані

на вивчення закономірностей взаємодії олеоамідів з неорганічними кислотами, та оптимізацію умов застосування отриманих продуктів в бурових розчинах та інших агресивних середовищах, а також у складі органорозчинних лакофарбових матеріалів і високонаповнених паливних композицій.

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСТКОВОГО ОНОВЛЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

Воїнов О. П., д.т.н., професор, **Самохвалов В. С.**, к.т.н., доцент,
Кобалава Г. О., к.т.н., доцент

*Херсонський навчально-науковий інститут національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, Україна*

Людство у своїй історії створило світове виробництво, яке з одного боку забезпечує його надійне існування та успішний розвиток, а з іншого - надає на навколишнє природне середовище багатофакторний шкідливий вплив, інтенсивність якого в міру розвитку виробництва зростає з прискоренням. Це зумовлює прискорене погіршення стану природного середовища, оскільки властивий йому процес самовідновлення істотно відстає від процесу шкідливого впливу на неї, що безперервно посилюється.

Прискорений розвиток світового виробництва та сила його впливу на природне середовище, особливо в останні століття, настільки погіршили стан природи, що на світовому рівні піднялась проблема порятунку природного середовища від подальшої деградації під шкідливим впливом світового виробництва.

Напружена екологічна обстановка, що склалася в світі, зумовила необхідність всебічно її проаналізувати, оцінити майбутні, ймовірні її наслідки і за результатами здійснити на світовому рівні необхідні зміни у сфері впливу людства на розвиток виробництва та на стан природного середовища.

У рамках розглянутої проблеми, за результатами виконаних у світі широких науково-технічних досліджень було проведено два важливі міжнародні заходи історичного значення: Кіотський протокол (1986) та Паризьку нараду з клімату (2016). Після їх проведення у світі фактично відкрився новий період взаємодії світового виробництва та природного середовища, живої та неживої природи.

Серед галузей виробництва особливе місце посідає енергетика. По-перше, вона своєю продукцією, теплотою і електрикою, забезпечує функціонування інших галузей, по-друге, шкідливо впливає на природне середовище, причому сила цього впливу є більшою за сумарний шкідливий вплив інших галузей.

Енергетика представлена безліччю технічних об'єктів, що використовуються на підприємствах різних галузей виробництва, у тому числі на транспорті, зокрема, на морському, який працює в більшості країн світу.

Робочими елементами флоту є плавзасоби, на яких здійснюється складний енергетичний процес, утворений безліччю складових різного характеру та різної одиничної потужності. Кожна з них має певні технологічні властивості, екологічні, економічні і загальнотехнічні. Тому кожна складова процесу впливає на технологічні властивості плавзасобу.

У процесі роботи елементи устаткування витрачають свій ресурс працездатності, зношуються. Рівень їхньої технологічної ефективності, у тому числі екологічної, знижується. Це повністю відноситься до вітчизняного флоту, плавзасоби якого є сильно зношеними [1]. Їхні зношені елементи підлягають заміні новими – здійсненню процесу оновлення.

Оновлення може бути частковим, повним чи надлишковим.

Вітчизняний флот має здійснити процес оновлення в повному, широкому сенсі цього поняття.

Доцільним у нинішніх умовах є застосування часткового оновлення, що сприяє підвищенню рівня екологічної ефективності роботи обладнання.

Часткове оновлення являє собою комплекс (програму) організаційно-технічних заходів, що здійснюються на технічному об'єкті в процесі його функціонування, з метою підвищення рівня його технологічної ефективності, насамперед екологічної [2].

Часткове оновлення на флоті - це комплекс дій оперативного персоналу, що обслуговує енергоустаткування плавзасобів, в тому числі їх котельні установки.

Експлуатаційне обслуговування котельних установок на флоті - це відповідальний і складний набір впливів чергового вахтового персоналу на органи управління, в тому числі енергетичної установки плавзасобу, згідно з чинною інструкцією з експлуатації обладнання.

Цей набір досвідченим оператором доповнюється безліччю дрібних керуючих впливів, що покращує хід технологічного процесу, підвищує рівень надійності, а також технологічної ефективності функціонування обладнання плавзасобу, тобто частково оновлює його, підвищує якість його роботи.

Головним, цільовим призначенням часткового оновлення енергетичного обладнання плавзасобів є зменшення ступеня їх шкідливого впливу на навколишнє природне середовище [3].

Важливою властивістю енергетики сучасного морського плавзасобу є можливість належного виконання своїх завдань у штормових умовах плавання, ускладнених інтенсивною хитавицею плавзасобу. У цих умовах робота вахтового персоналу ускладнюється, але залишається за змістом характерною для режиму часткового оновлення.

Таким чином, часткове оновлення енергетичного обладнання плавзасобів морського флоту підвищує економічну, екологічну та загальнотехнічну ефективність їх функціонування.

Список літератури

1. Урум Н. С., Трофименко І. В., Рященко О. І. Іваненко В. В. Класифікація основних причин негативного впливу водного транспорту на екологію і стан навколишнього середовища / Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2021. -

Том 32(71) - № 6. - С. 257 – 261.

2. Воїнов О. П., Воїнова С. О. Про підвищення енергоефективності зноше-них технічних об'єктів їх частковим оновленням / Зб. тез допов. IX Міжнар. наук.-практ. конф. «Інноваційні енерготехнології», Одеса, 11-15 вересня 2023р. - Одеса: ОНТУ.- С. 60 - 62.
3. Воїнов О. П., Личко Б. М., Самохвалов В. С., Шостак В. П. Про можли-вість скоро-чення рейсових витрат палива транспортними суднами шляхом ча-сткового оновлен-ня їх енергоустановок / Зб. наук. праць НУК ім. адмірала Макарова. Рубрика: Енерге-тичне машинобудування. – 2024. - №1(494). - С. 35 - 41.

КОМПЛЕКСНА БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ АМАРАНТУ З УТВОРЕННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ

Левицький А.П.¹, д.б.н., професор, **Бурдо О.Г.¹**, д.т.н., професор,
Лапінська А.П.¹, к.т.н., доцент, **Шумівода Ю.А.²**

¹*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

²*Міжнародний гуманітарний університет, м. Одеса*

Амарант (щириця) є однією з давніх, так званих псевдозлакових куль-тур, перші згадки про нього датуються понад 8000 років тому [1]. На сьогод-нішній день амарант увійшов до категорії цінних зернових культур, викорис-товується в багатьох країнах, є сировиною для приготування борошна, яким збагачують харчові продукти функціонального і дієтичного призначення, ви-робництва круп, пластівців, амарантової олії [2, 3].

Незважаючи на існуючі на сьогодні технології переробки як в Україні так і у світі, природний потенціал цієї сировини використовується неефекти-вно.

Амарант має високий вміст компонентів з високою біологічною актив-ністю, тому використання тільки як поживного нутрієнту не тільки економі-чно недоцільне, але і часто призводить до негативних наслідків подальшого споживання продукції через неврахування усіх особливостей впливу сумісної дії компонентів.

Вартість однієї тони амаранту 65-150 тис. грн., що на порядок перева-жає традиційні зернові культури. Тому виникає необхідність його повної утилізації і не обмежуватись лише отриманням амарантової олії, кількість якої не перевищує 10 %. В той же час насіння амаранту містить значну кіль-кість функціонально-активних речовин, представлених білками, вуглевода-ми, вітамінами і мікроелементами [2, 3].

Враховуючи вищевказане, актуальною є розробка технологій перероб-ки амаранту для максимально ефективного використання його поживного і біологічного потенціалу та створення харчових і кормових продуктів із пози-тивною фізіологічно-функціональною дією на організм людей, тварин.

Ми поставили собі за мету розробити комплексну технологію перероб-ки насіння амаранту з отриманням, як мінімум трьох функціонально важли-

вих продуктів. Перший з них – дієтична добавка «Сквален-оливка», другий – зубний еліксир, третій – мука амарантова ферментована (МАФ).

Дієтична добавка «Сквален-Оливка» за рахунок сквалена, олеїнової кислоти володіє антиоксидантними, антигіпоксантичними і регуляторними властивостями. Споживання цього препарату знижує рівень холестерину, здійснює гепатопротекторну і кардіопротекторну дію, попереджає розвиток ускладнень при лікуванні онкозахворювань.

До складу зубного еліксиру «Мятний+екстракт амаранту» входять біологічно активні речовини амаранту, а саме вітаміни, амінокислоти, олігопептиди, водорозчинні пребіотики.

Харчовий продукт мука амарантова ферментована (МАФ) містить повноцінні білки, олігопептиди, які володіють антигіпертензивними, імуномодуючими, антиоксидантними властивостями а також водонерозчинні пребіотики. Важливо підкреслити, що в насінні амаранту відсутні глютені білки, які викликають розвиток целіакії. Високий вміст триптофану в білках амаранту забезпечує збільшення рівня серотоніну, що попереджає розвиток депресії.

Запропонована нами комплексна безвідходна технологія переробки насіння амаранту включає три важливих етапи.

1. Отримання дієтичної добавки «Сквален-оливка» (ТУ.У. 10.8-37420386-008:2023). Отримання амарантової олії включає етапи підготовки насіння (очистка від домішок, подрібнення), екстракція жиророзчинником та пресування. Для більш повної екстракції і пресування здійснюють процес двічі. Таким шляхом забезпечується вихід амарантової олії понад 90 %. Після відгонки жиророзчинника визначають вміст сквалену в олії і доводять його до рівня 30 мг/мл.

2. Отримання зубного еліксиру «Мятний+екстракт амаранту» (ТУ.У – 569А-М3903778-001:92). Амарантовий шрот, який залишився після видавлення олії, обробляється 35% розчином етанолу. Для цього до 1 кг знежиреного амарантового борошна додають 2 л 35% етанолу, ретельно перемішують і віджимають спиртовий розчин за допомогою пресу. До віджатої маси додають 1 л 35% етанолу ретельно перемішують і знову пресують. Спиртові екстракти об'єднують (близько 2,5 л), додають 7,5 г цетавлону (детергент), 5 г аскорбінової кислоти, і 1 г Світлі-350. Доводять до 5 л і фільтрують.

3. Отримання дієтичної добавки (МАФ) Мука амарантова ферментована (ТУ.У.- 10.8-37420386-009:2024). Шрот амаранта після спиртової екстракції змішують з 1 л ацетатного буфера 0,05 М, РН3,5, в якому розчинено 2 г мікробного пепсину (зимозин). Ретельно перемішують і витримують в термостаті при +30°C на протязі 20 годин. Після ферментації додають 5 г харчової соди (NaHCO_3) ретельно перемішують і суміш висушують в сушильній шафі при +70°C, подрібнюють, просіюють через сито з отворами діаметром 0,1 мм. МАФ можна використовувати для збагачення харчових і кормових продуктів; як дієтичну добавку до перших страв, каш, або з молоком чи томатним соком (добова доза 2-3 столових ложки). Рекомендовано для людей,

хворих на целиацію, гіпертонічну хворобу, для реабілітації хворих і поранених.

Висновок. Розроблена комплексна безвідходна технологія переробки насіння амаранту дозволяє розширити спектр отриманих цільових продуктів та більш ефективно використати природний потенціал сировини.

Список літератури

1. Грюнвальд Н. Вирощування амаранту в Україні: історія, стан і перспективи // *Věda a perspektivy*. – 2022. – № 5 (12). – С. 162-179.
2. Заремба Є. Х. Патогенетичне обґрунтування застосування олії амаранту в клінічній практиці / Заремба Є. Х., Заремба В. С., Заремба-Федчишин О. В., Заремба О. В., Федчишин Н. Р. // *Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології*. – 2010. – №. 4. – С. 19-32.
3. Sattar M. An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth / Sattar M. Saeed, F., Afzaal, M., Rasheed, A., et. el. // *International Journal of Food Properties*. – 2024. – №27(1). – P. 263-272.

УДК 536.6 : 664.8.047

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ ДИНІ ТА ТЕПЛОМАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ ПРИ ЙОГО СУШІННІ

Дмитренко Н.В., к.т.н., Іванов С.О., к.т.н., Дабіжа Н.О., к.т.н.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Агропромисловий сектор, основою якого є сільське господарство, забезпечує промисловість сировиною, а населення – високоякісними та безпечними харчовими продуктами. Одним з таких продуктів є плоди дині, які традиційно вирощують у східно-південних районах України. Крім вишуканого смаку, ніжного аромату та соковитої м'якоті, диня має лікувальні й профілактичні властивості та є цінним дієтичним продуктом. Для одержання високих урожаїв дині важливим завданням є підготовка і збереження посівного матеріалу.

Однією з головних проблем насіння дині є те, що воно швидко псується під час зберігання через мікробне псування, що призводить до зниження поживної цінності та схожості насіння. Сушіння є основним технологічним етапом підготовки посівного матеріалу до тривалого зберігання. Під час сушіння відбувається видалення надлишкової вологи з насіння до рівня, при якому припиняється мікробне псування та мінімізується ферментативна активність. Для збереження схожості та сили проростання посівне насіння зазвичай зневоднюють в конвективних сушарках при таких параметрах сушильного агента, при яких не відбувається перевищення гранично допустимої температури нагріву матеріалу.

Мета дослідження – всебічне вивчення властивостей насіння дині сорту «Ананас» як об'єкта сушіння з метою розроблення енергоефективних режимів його зневоднення, які забезпечують максимальне збереження схожості та якості насіння. Для досягнення мети було поставлено завдання дослідити

змінювання в процесі сушіння теплоти випаровування вологи з насіння дині сорту «Ананас» (не гібрид), експериментально визначити його питому теплоємність та розрахувати за цими даними критерій Ребіндера і теплові потоки під час конвективного сушіння насіння за різних температурних режимів.

З застосуванням диференціального мікрокалориметра ДМКИ-01 проведено експериментальні та розрахункові дослідження теплоємності насіння дині та витрат теплоти на випаровування з нього вологи. Дослідження тепломасообмінних процесів при зневодненні насіння дині в елементарному шарі проводились на конвективному сушильному стенді, що оснащений персональним комп'ютером з відповідним програмним забезпеченням для запису та обробки експериментальних даних.

На підставі експериментальних досліджень одержана формула для розрахунку, з похибкою не більше 2 %, теплоємності насіння дині сорту «Ананас» в залежності від двох факторів: відносної вологості насіння в діапазоні $W = 10,4 \dots 37,5$ % та температури в діапазоні $t = 32,5 \dots 92,5$ °C.

Експериментальне дослідження витрат теплоти на зневоднення насіння дині показало, що їхня відмінність від табличних значень теплоти випаровування чистої води складає в середньому 6 %, а розтріскування оболонок насіння через висушування супроводжується викидом теплоти (екзотермічним тепловим ефектом).

Дослідження кінетики процесу сушіння насіння дині проводили на конвективному сушильному стенді при температурах теплоносія 40, 50, 60 °C, швидкості руху повітря 1,5 м/с та його вологовмісті 7 г/кг сухого повітря.

За експериментально одержаними даними щодо теплофізичних характеристик та кінетики зневоднення вираховано змінювання критерію Ребіндера Rb в процесі сушіння насіння дині сорту «Ананас» та густини теплових потоків для різних температурних режимів, які можна використовувати при розрахунках сушильних установок задля їхньої оптимізації.

Густину теплових потоків визначали за експериментально одержаними теплофізичними характеристиками (теплоємністю та теплотою випаровування), що дозволило врахувати реальні витрати теплоти в процесі сушіння, а саме, крім теплоти пароутворення, теплоту руйнування зав'язків молекул води з іншими речовинами рослинної тканини і теплоту адсорбції пари води матеріалом.

Висновок. Сумісний аналіз одержаних експериментальних та розрахункових даних показав, що задля більш раціонального використання енергії та більш позитивного впливу на якість і схожість насіння доцільно проводити конвективне сушіння насіння дині сорту «Ананас» до вологості 15% відн. за температури теплоносія 40 °C. Після досягнення насінням вологості 25 % відн. можливо зменшення підводу енергії всередину сушильної камери задля більш раціонального її використання, бо теплові потоки на поверхні матеріалу з цього моменту процесу сушіння стабілізуються на дуже низькому рівні.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ШНЕКОВИХ ПРЕСІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОЛІЇ

Осадчук П.І., д.т.н., Хоменко А. Д., асп.

Одеський національний технологічний університет, Одеса, Україна

Виробництво олії є важливою галуззю з високим попитом на різні види харчових олій для харчової промисловості, кулінарії та інших сфер. Зниження витрат у цій сфері приносить значні економічні переваги, підвищуючи прибутковість виробників та, можливо, знижуючи ціни для споживачів. Цього можна досягти шляхом підвищення ефективності електромеханічного обладнання, зокрема шнекових пресів, завдяки вдосконаленню автоматичного управління.

Механічне обладнання для отримання олії широко застосовується в галузі харчової промисловості, а загальне обладнання є важливою ланкою в ланцюжку переробки продукції в олію в шнековому прессу. Шнековий прес є різновидом обладнання для отримання олії, здатного до безперервних виробничих операцій. У порівнянні зі іншими, його переваги включають меншу площу, низький рівень шуму і високу ефективність. Шнековий прес використовується в різних ситуаціях для отримання олії та заложкових продуктів пресування, таких як переробка харчових відходів і отримання макухи. На продуктивність шнекового преса впливають різні конструкції шнеків, характеристики матеріалу, швидкість обертання осі шнека, протитиск та інші робочі параметри. У практичному виробництві метою є пошук оптимальної комбінації параметрів для досягнення кращого балансу між швидкістю видалення олії і продуктивністю шнекового преса.

Багато вчених вивчали процес сепарації в шнековому пресі та вважали, що процес розділення в гвинтовому просторі починається, коли матеріал протікає через фільтруючу сітку, а безперервна подача і зменшення об'єму в шнековому просторі утворюють стабільну зону стиснення всередині простору. Розподіл поля тиску в міжшнековому просторі сприяє просочуванню рідкої фази через фільтрувальну сітку, забезпечуючи розділення твердої та рідкої фаз(олії та макухи).

Є декілька ключових факторів, що впливають на ефективність роботи: швидкість обертання осі шнека, протитиск на виході шлаку і початковий вміст води. Для того, щоб досягти оптимальної продуктивності при видаленні обладнанням речовини, необхідно провести глибокі дослідження спільного впливу кожного фактора.

У дослідженні застосовано методи оптимізації енергоефективного обладнання та систем управління в процесі виробництва соняшникової олії, які охоплюють різні підходи для досягнення максимальної енергоефективності та оптимізації виробничих процесів. До таких методів належать: використання високоефективних електродвигунів, зокрема тих з високим коефіцієнтом корисної дії, застосування системи Ethernet та Profibus для підключення

елементів технологічної лінії до ПК-серверу, встановлення додаткових датчиків з вимірювання тиску в зоні шнекової роботи.

Список літератури

1. Попов М. О. Оцінка і напрямки підвищення ефективності використанні енергоресурсів на підприємствах олійно-жирової галузі / М. О. Попов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2013. – № 67 (1040). – С. 148-152.
2. Indartono, Y.S.; Heriawan, H.; Kartika, I.A. Innovative and flexible single screw press for the oil extraction of Calophyllum seeds. Res. Agric. Eng. 2019, 65, 90–97.
3. Міністерство освіти і науки України Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного http://www.tsatu.edu.ua/nauka/wp-content/uploads/sites/49/didur-v.v._compressed.pdf
4. Firdaus, M.; Salleh, S.; Nawli, I.; Ngali, Z.; Siswanto, W.; Yusup, E. Preliminary design on screw press model of palm oil extraction machine. In Proceedings of the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Johor, Malaysia, 18–19 December 2016; p. 012029.
5. Rombaut, N.; Savoie, R.; Thomasset, B.; Castello, J.; Van Hecke, E.; Lanoisellé, J.L. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. Ind. Crops Prod. 2015, 63, 26–33.
6. Bahadar, A.; Khan, M.B.; Mehran, T. Design and development of an efficient screw press expeller for oil expression from Jatropha curcas Seeds: A computational flow dynamics study of expeller for performance analysis. Ind. Eng. Chem. Res. 2013, 52, 2123–2129.
7. Qingwen, Q.; Xiaoqing, H.; Chunmei, L. Study on modular design and key technology of screw pressing for sludge treatment system. J. Eng. Manuf. Technol. 2018, 6, 1–7.
8. Офіційний сайт компанії Прес для олії шнековий KXY-OP10 <https://triniti.net.ua/p/1305996708-press-dlya-masla-shnekovyy-kxy-op10-2000-vt-promyshlennyy-maslopress-s-termostatom-dlya-holodnogo-otzhima/>

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФРАКЦІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ВИПАРЮВАННІ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ

Євтушенко І.М., аспірант, Мординський В.П., к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет

Агропромисловий комплекс є одним із високоенергозатратних сфер виробництва. Значну частку енергоресурсів споживають підприємства, діяльність яких пов'язана з процесами сушіння, випарювання та екстрагування харчової сировини. Разом із цим ефективність використання енергії в цих процесах досить часто є сумнівною. Процеси випарювання харчових розчинів більш позитивну картину щодо енергоефективності, однак в плані якості готового продукту з'являється певний ряд недоліків. Суттєве зростання в'язкості розчину при концентруванні унеможливорює отримання високого відсотку сухих речовин без завдання шкоди поживним і органолептичним властивостям продукту. Окремою проблемою є втрата ароматичних та інших цінних легколетких сполук, що виносяться разом із вторинною парою. Таким чином постає проблема, пов'язана із обмеженням кінцевої концентрації продукту та відсутністю можливості виділення цінних легколетких компонентів із вторинної пари.

У світі активно займаються вирішенням питання щодо можливості отримання високої концентрації без завдання шкоди продукту. Існують технології, що не супроводжуються термічним навантаженням на сировину і, відповідно, кінцева якість готового продукту зберігається набагато краще. До них можна віднести мембранне розділення та кріоконцентрування. Однак використання таких методів не набуло серйозних масштабів, оскільки виготовлення мембран є досить складним процесом, а вартість кріоконцентраторів у порівнянні з класичними випарними апаратами є надмірною.

Останнім часом популярність набирають процеси випарювання в умовах МХ поля. Результати наукових досліджень свідчать про великі перспективи такої технології. Об'ємне підведення енергії забезпечує можливість отримання високих концентрацій, а в умовах вакууму ще і при незначному і короткотривалому нагріві. Що стосується можливості розділення вторинної пари, то результатів вирішення цього питання у науковій літературі не виявлено.

На кафедрі процесів, обладнання та енергетичного менеджменту Одеського національного технологічного університету було запропоновано гіпотезу: «розділення багатокомпонентної вторинної пари, що утворюється при випарюванні розчинів, можливе за рахунок використання різних температур конденсації компонентів». Відповідно до гіпотези був запропонований метод фракційного розділення вторинної пари при випарюванні розчинів у МХ полі в умовах вакууму. Принцип методу полягає у використанні послідовно з'єднаних конденсаторів з різними температурами конденсації. На основі цього методу розроблений експериментальний стенд, що дозволяє досліджувати ці процеси. В результаті були проведені пробні дослідження, що підтверджують працездатність стенду та доцільність подальших досліджень.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ

¹Кравченко О.Ю., аспірант, ¹Терзієв С.Г., д.т.н., доцент

¹Одеський національний технологічний університет

Харчова промисловість досить часто зіштовхується з різноманітними проблемами, пов'язаними з обробкою харчової сировини. Загалом вони зумовлені особливостями організації процесів сушіння, випарювання, екстрагування тощо. В зв'язку з високою енергоємністю, незадовільною ресурсоефективністю та помірною якістю готового продукту цих процесів виникає гостра необхідність у пошуку альтернативних методів обробки, які б в певній мірі задовольняли сучасні потреби галузі. Окреме питання постає при раціональному використанні вторинної сировини, що утворюється при виробництві соків та нектарів. Отриманий фруктовий, ягідний та овочевий жмих, маючи високу поживну цінність, досить часто утилізується [1]. Це призводить не лише до серйозних економічних втрат, а й до забруднення навколишнього довкілля. Існують поодинокі випадки використання таких відходів при виро-

бництві різних видів напоїв, у вигляді збагачуючих добавок в різноманітні продукти харчування. Однак це повноцінно не вирішує проблематику вторинної сировини.

Аналіз наукової літератури свідчить про високий інтерес до раціональної утилізації відходів харчових виробництв. Зокрема вони присвячені додатковому вилученню поживних речовин шляхом екстрагування, що в свою чергу лише частково скорочує втрати цінних компонентів, а отриманий при цьому залишок жмиху ще більше втрачає свою цінність і суттєво скорочує сферу його можливого використання.

В зв'язку із цим пропонується висушувати вторинну сировину сокового виробництва з метою отримання свого роду снеків, що збагачені рослинною клітковиною, вітамінами та біоактивними компонентами. Завдяки цим інгредієнтам продукт такого типу володітиме протизапальними, протимікробними та антиоксидантними властивостями [1]. Проте це можливо лише за сприятливих умов процесу сушіння, створити які відносно жмиху, що являє собою реологічну структуру, досить складно. Класичні методи зневоднення, на кшталт конвективного, не є прийнятними для обробки такої сировини. В даному випадку доцільно використовувати інноваційні методи енергопідведення, серед яких великий потенціал має інфрачервоне (ІЧ) випромінювання. Електромагнітне поле ІЧ діапазону спроможне проникати вглиб продукту до 2-3 мм, що достатньо для виготовлення тонкошарової продукції зі жмиху (снеки, слайси, чіпси тощо).

В лабораторії «Харчові нанотехнології» активно проводяться дослідження в цьому напрямку. Розроблені стенди для організації процесу сушіння в умовах дії ІЧ поля в періодичному та безперервному режимах роботи. Отримані результати свідчать про ефективність та перспективу такого напрямку у вирішенні проблем ресурсо- та енергоефективності харчових виробництв.

Список літератури

1. Pedro A.C., Maciel G.M., Lima N.P., Lima N.F., Ribeiro I.S., Pinheiro D.F., Haminiuk C.W.I. Valorization of bioactive compounds from juice industry waste: Applications, challenges, and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 2024, Vol. 152, 104693. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104693>

РОЗРОБКА МІКРОХВИЛЬОВОГО ДЕГІДРАТОРА ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ

¹Петровський В.В., аспірант, ¹Безбах І.В., д.т.н., доцент,

¹Сиротюк І.В., PhD, доцент

¹Одеський національний технологічний університет

Процеси зневоднення харчової сировини є одними з найбільш енерговитратних в промисловості. Разом із цим якість та поживність готового продукту в традиційних технологіях сушіння та випарювання досить низькі,

оскільки довготривала термічна обробка сировини за високих температур є руйнівною для термолабільних компонентів. Окремою проблемою є обмеження щодо кінцевої концентрації продукту при випарюванні, оскільки вакуум-випарні апарати, що активно експлуатуються на харчоконцентратних виробництвах, працюють за принципом теплопередачі, яка зумовлює утворення приграничного шару продукту на стінках апарату. Із підвищенням концентрації суттєво зростають густина та в'язкість продукту і збільшується товщина приграничного шару, що створює термічний опір. Це призводить до погіршення смакових та поживних властивостей концентрату, тому отримання високих значень вмісту сухих речовин неможливо. Незважаючи на це, завдяки зростаючій популярності здорового способу життя попит на концентровані соки невідомо зростає [1], що в свою чергу підкреслює актуальність досліджень у напрямку покращення технологій зневоднення харчових розчинів.

Науковий інтерес до інноваційних підходів щодо організації процесів випарювання виражається у широкому спектрі опублікованих в авторитетних наукових виданнях результатів досліджень. Загалом вони присвячені пошуку інших джерел енергії, що могли б скласти серйозну конкуренцію класичним технологіям. Найбільшу увагу приділено мікрохвильовим технологіям. Безліч досліджень свідчать про перспективність даного напрямку. Однак наявні результати повноцінно не задовольняють потреби виробництва, що спонукає до пошуку нових граней залучення мікрохвильового випромінювання в завданнях процесу випарювання.

Лабораторія «Харчові нанотехнології» Одеського національного технологічного університету проводить глибокі дослідження можливостей електромагнітних джерел енергії у вирішенні проблем тепломасоперенесення. Не винятком є і процеси випарювання. В рамках державного замовлення на виготовлення науково-технічної продукції в лабораторії виконується розробка інноваційного електродинамічного дегідратора. Відмінними рисами даного апарату є можливість організації процесу випарювання при глибокому вакуумі (до 5-10 кПа) та в режимі безперервної роботи. Це дасть змогу отримувати високоякісні концентрати з максимально можливим вмістом поживних речовин. Така конструкція передбачає можливість її використання у виробничих масштабах переробки харчової сировини, що буде досить актуальним під час відбудови підприємств у повоєнний час.

Список літератури

1. Світовий ринок фруктових концентратів – тенденції галузі та прогноз до 2030 року. Електронний ресурс: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-fruit-concentrate-market>

МЕХАНОДИФУЗІЯ. МЕХАНІЗМ. ЕКСПЕРИМЕНТ. ТЕОРІЯ.**Молчанов М. Ю.**, аспірант*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

Механодифузія - це процес утворення парових бульбашок з рідини що знаходиться в глибині капілярів сировини під дією мікрохвильового поля, і відповідно підвищення тиску в них. Але утворення парової фази з рідини можливе лише якщо рідина має полярні молекули які під дією мікрохвильового (МХ) поля починають «тремтіти» з частотою 2450 МГц, внаслідок чого виробляти тепло. Найбільш розповсюдженими полярними молекулами оточуючими нас є молекули води.

Під дією тиску парова бульбашка «виринається» з капіляру сировини і частково виштовхує до поверхні поділу фаз розчинні, слабorozчинні і нерозчинні компоненти, що знаходяться у капілярі, тому рушійною силою процесу механодифузії є різниця тисків. Для ініціювання процесу механодифузії механічний потік повинен подолати сили в'язкості та місцевих опорів, сили гідростатики та сили поверхневого натягу.

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot w^2}{2} \left[\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi \right] + \rho \cdot g l + \frac{\sigma}{d}$$

Використання в процесах екстрагування, випарювання та сушіння сучасних систем з МХ полем дозволить створити апарати для переробки сировини з отриманням широкого спектру високоякісних біологічно активних препаратів медичного, харчового та кормового призначення за мінімізації енергетичних витрат та екологічної чистоти виробництва [1].

Формулюється гіпотеза що використання технологій МХ підведення енергії в апаратах для екстрагування дозволить реалізувати інноваційний спосіб адресної доставки енергії безпосередньо до полярних молекул сировини для ініціювання ефекту механодифузії. Очікується отримання екстрактів більш високої концентрації, ніж традиційно, без термічного псування, внаслідок невеликих температур та з меншими витратами енергії та часу на процес обробки. Обов'язковим критерієм для обробки сировини даним методом є наявність у сировині вологи, зв'язаної в середині чи приведенної ззовні.

Для проведення досліджень ефекту механодифузії на лабораторному стенді використовували радіопрозорі матеріали що імітують капіляри сировини різного діаметру, куту нахилу щодо напрямку роботи магнетрона, різного об'єму рідини. Стенд для досліджень складався з мікрохвильової камери в середині якої знаходилась пластина з пенопласту на якій розміщували від одного до тридцяти капілярів і яка була підвішена на дроту лабораторних вагів розміщених на мікрохвильовій камері. За допомогою лабораторних вагів фіксувалась вага капілярів у часі. Для візуального відображення даного ефекту використовували Web-камеру підключену до ноутбука.

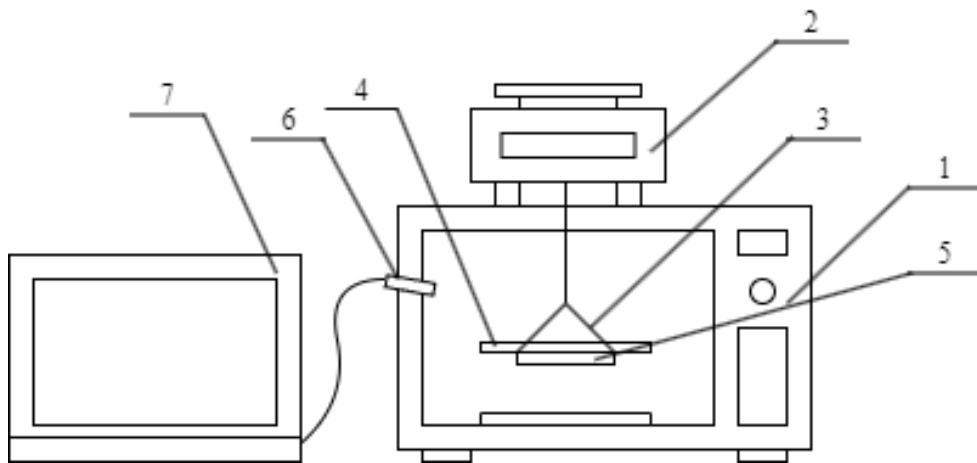


Рис. 1 – Стенд для дослідження ефекту механодифузії

1 – мікрохвильова камера, 2 – лабораторні ваги, 3 – дріт приєднаний до лабораторних вагів, 4 – капіляр, 5 – пластина для капіляра, 6 – web – камера, 7 – ноутбук для відеофіксації.

Експериментально визначено що на потужність ефекту механодифузії діє головним чином потужність МХ поля, іншими параметрами що діють на ефект є діаметр капіляра, кількість капілярів, в'язкість рідини в капілярах, напрямок капілярів відносно напрямку роботи магнетрона, початкова температура рідини в капілярах. Визначено що напрямок капілярів відносно напрямку роботи магнетрона діє на тип процесу видалення рідини, в залежності від кута тип може бути ламінарним та турбулентним.

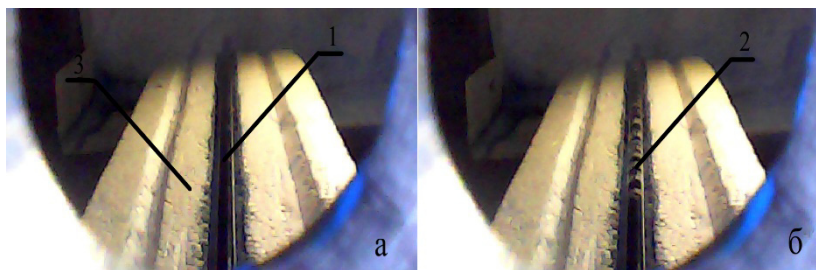


Рис. 2 – Утворення бульбашок у капілярі з кутом напрямку 0°:

а – початок експерименту, б – середина експерименту

(1 – капіляр заповнений рідиною, 2 – парові бульбашки, 3 – радіопрозорий тримач капіляра).

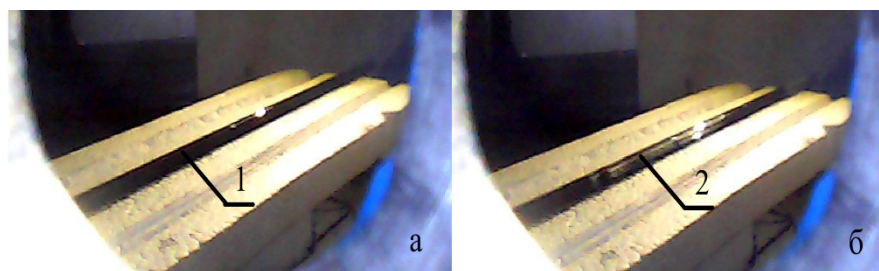


Рис. 3 – Утворення бульбашок у капілярі з кутом напрямку 45°:

а – початок експерименту, б – середина експерименту.

(1 – капіляр заповнений рідиною, 2 – об'єм капіляра з утвореною парою перед викидом).

При проведенні досліджень на пучках капілярів 2,3 – 3 мм та 3 – 4 мм визначались загалом приведена енергія, до пучка, спочатку методом зміни потужності магнетрона, потім методом зміни маси рідини у пучку, зміна маси пучка, маси видаленої рідини, величини одиничних викидів видаленої рідини, витраченої енергії загалом та на видалення рідини. Усі дані ваги отримувались у часі методом установки пучку на підвішену пластину вагів. Для визначення саме параметрів пов'язаних з викидами початкова температура пучка бралась приблизно 40 С°, на графіках питомих енерговитрат виділена лише та частина де процес вже йде, для більш крупного відображення даних.

При проведенні експериментальних досліджень визначено наступне:

- процес механодифузії має початок та затухання, на піках викидів питоми енерговитрати досить малі і складають 1,3 – 1,4 мДж/кг, що свідчить про резонансність припинення обробки щойно пройшов пік викидів;
- Найменші питомі енергетичні витрати помітні на піках викидів при використанні найбільших потужностей;
- Перед початком має сенс довести температуру капілярів до певного рівня аби не витрачати енергію лише на нагрів сировини поки не виникне ефект механодифузії;
- Найбільші за об'ємом викиди спостерігаються на піку ефекту, так само як і їх послідовна кількість, в цей час питомі енерговитрати найнижчі, із затуханням і відповідно зменшенням викидів питомі енерговитрати значно збільшуються.

Результати даних дослідів говорять що процес механодифузії є енергоефективним і перспективним при правильному використанні, через свої можливості викиду рідини може використовуватись не лише для екстрагування де він допоможе витягнути більшу частину компонентів сировини за менший час, а й у процесі дегідратації де від допоможе витягнути рідину з глибини сировини на її поверхню за менший проміжок часу ніж традиційно і вже потім перетворити її на пару або дати можливість іншому модулю зробити це.

Список літератури

1. Burdo, O.G., Syrotyuk, I.V., Alhury, U., Levtrinska, J.O. Microwave energy, as an intensification factor in the heat-mass transfer and the polydisperse extract formation. *Problemele energeticii regionale*. 2018. Vol. 36. Is. 1. pp. 58 – 71. doi: 10.5281/zenodo.1217259

ЗМІСТ

Секція 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА
МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Турчина Т.Я., Декуша Г.В., Козак М.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ НА ДИНАМІЧНУ ВЯЗКІСТЬ ПЮРЕ ІЗ ГАРБУЗА	4
Коник А.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТЕПЛО-АКУМУЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ	6
Радченко Н.Л., Целень Б.Я., Недбайло А.Є., Гоженко Л.П. ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ЕКСТРУЗІЇ НА ЦІЛІСНІСТЬ АМІНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНИХ ЗЕРНОБОБОВИХ, ЯКІ Є СКЛАДОВОЮ КОНЦЕНТРОВАНИХ СУМІШЕЙ.....	7
Атаманюк В. М., Денисюк А. Р. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОЇ МАТЕРИНКИ.....	9
Гусарова О.В., Дабіжа Н.О., Малащук Н.С., Дмитренко Н.В. ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ БАНАНІВ.....	11
Атаманюк В. М., Кузьмінчук Т. А. ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ ТЕПЛОВОГО АГЕНТА НА КІНЕТИКУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СІРНИКОВОЇ ОЛОМКИ.....	13
Кузик О. О., Атаманюк В. М., Гумницький Я. М. МАСООБМІН РОЗЧИНЕННЯ ГРАНУЛЬОВАНОГО ТЕТРАБОРАТУ НАТРІЮ ІНТЕНСИФІКОВАНИЙ МЕХАНІЧНИМ ПЕРЕМІШУВАННЯМ.....	16

Секція 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ.
ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ

Корінчевська Т.В., Михайлик В.А. ПОВЕДІНКА ТКАНИН ЯГІД ТА ФРУКТІВ ПРИ НАГРІВАННІ.....	20
Verbytskyi S. DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF THE HYDRO-MECHANICAL PROCESSING OF RAW BEEF BY MESSAGING / TUMBLING.....	21
Petrova Zh.O., Novikova Y.P. RESEARCH INTO PERSIMMON PROCESSING BY DRYING.....	23
Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Турчина Т.Я., Макаренко А.А., Костянець Л.О. ОСОБЛИВОСТІ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОГО СКЛАДУ ГЕЙНЕРІВ.....	25
Marenchenko O.I., Ihnatieva K.S. DRYING OF OIL CROP.....	27

Секція 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

Піддубний В.А., Заброра А.В., Максименко І.Ф., Білик О.А. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	29
Бурдо О.Г., Славинська В.О., Славинський Р.Л. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ЕФІРНИХ ОЛІЙ.....	31
Ivashchuk O.S., Atamanyuk V.M., Chyzhovych R.A., Manastyrskya V.A., Sobechko I.B. BEET PULP AS A RAW MATERIAL FOR THE ALTERNATIVE SOLID FUEL.....	34
Перепічай Я.Ю., Варлан К.Є., Черваков О.В., Панасенко С.А. ІНГІБІТОРИ КОРОЗІЇ НА ОСНОВІ АМІДІВ ЖИРНИХ КИСЛОТ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ.....	35
Воїнов О. П., Самохвалов В. С., Кобалава Г. О. ОСОБЛИВОСТІ ЧАСТКОВОГО ОНОВЛЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	37
Левицький А.П., Бурдо О.Г., Лапінська А.П., Шумівода Ю.А. КОМПЛЕКСНА БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ АМАРАНТУ З УТВОРЕННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ.....	39
Дмитренко Н.В., Іванов С.О., Дабіжа Н.О. ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ ДИНІ ТА ТЕПЛОМАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ ПРИ ЙОГО СУШІННІ.....	41
Осадчук П.І., Хоменко А. Д.Б., ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ШНЕКОВИХ ПРЕСІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОЛІЇ.....	43
Євтушенко І.М., Мординський В.П. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФРАКЦІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ВИПАРЮВАННІ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ.....	44
Кравченко О.Ю., Терзієв С.Г. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ.....	45
Петровський В.В., Безбах І.В., Сиротюк І.В. РОЗРОБКА МІКРОХВИЛЬОВОГО ДЕГІДРАТОРА ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВИХ РОЗЧИНІВ.....	46
МЕХАНОДИFUЗІЯ. МЕХАНІЗМ. ЕКСПЕРИМЕНТ. ТЕОРІЯ. Молчанов М. Ю.....	48