

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу  
Гракова Олексія Павловича  
на тему «**Інтенсифікація процесу тепломасообміну  
при сушінні лохини**»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14–Електрична інженерія  
за спеціальністю 144–Теплоенергетика

### **Актуальність теми дисертації.**

В даній дисертаційній роботі представлено наукові дослідження в галузі тепломасопереносу колоїдних капілярно-пористих матеріалів, а саме – ягоди лохини, що є актуальним завданням, оскільки натуральне харчування є пріоритетом для здоров'я українців у нинішніх складних умовах. Лохина має протизапальну, жарознижувальну, сечогінну та загальнозміцнюючу дію; нормалізує обмін речовин, лікує подагру, артрит; пектинові речовини зв'язують токсини, радіоактивні і важкі елементи і виводять їх з організму. Останнім часом площі комерційних насаджень лохини зросли майже у 20 разів. Проте ягідна сировина має короткий термін зберігання. На сьогоднішній день, науковцями (з метою переробки на суху продукцію) здебільшого застосовуються більш енергоємні методи сушіння – вакуумне, сублимаційне та їх комбінування між собою, або класичне конвективне зневоднення. Основною проблемою є відсутність застосування цих методів у промисловому виробництві. Тому розробка енергоефективної теплотехнології отримання сушеної продукції із ягід лохини із зниженням енерговитрат на процес зневоднення в промислових масштабах є важливою та актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше розроблені енергоефективні способи підготовки лохини до сушіння, які дозволили зменшити природній восковий наліт;
- вперше досліджено кількість воскового нальоту на ягодах лохини після попередньої обробки, яка показала ефективність вибраного способу;
- вперше визначено вплив комбінованого сушіння ягід лохини на енергетичні витрати та якість;

- вперше встановлено оптимальну температуру зневоднення ягід лохини від її стану (заморожена і свіжа);

- досліджено залежність числа Ребіндера (як критерію оптимізації сушіння) від вологовмісту матеріалу, що обґрунтовує ефективність розроблених режимів сушіння;

- проведено теоретичний аналіз процесу зневоднення ягід лохини, який показав, що похибка розрахункових оцінок від дослідних результатів не перевищує 5%;

- проведено чисельне моделювання процесу сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів. З результатів порівняння випливає, що розглянута розрахункова модель на основі запропонованої системи рівнянь достатньо задовільно описує процес масопереносу в колоїдних капілярно – пористих матеріалах;

- вперше досліджено коефіцієнт набухання та здатність до відновлювання висушених ягід лохини. Найкращі значення показників відповідають висушеним ягодам комбінованим режимом  $100\text{Вт}+60^\circ\text{C}(\tau = 10 \text{ хв}) / 60^\circ\text{C}$ ;

- вперше визначено показник активності води для сушених ягід лохини за різних технологічних параметрів сушіння, який відносить лохину до харчових продуктів із низькою вологістю;

- вперше визначено залежність питомої теплоти випаровування води з оброблених інфрачервоним випромінюванням ягід лохини від її відносної вологості під час сушіння при різних температурах, яка показала, що підвищення теплоємності пов'язане з фазовим переходом захисної воскової плівки.

Достовірність отриманих результатів під час проведення комплексу експериментальних досліджень підтверджується отриманою розробленою теплотехнологією сушіння лохини комбінованим способом, яка захищена патентом на винахід.

Наукові дослідження були виконані здобувачем у відділі тепломасопереносу в теплотехнологіях ІТТФ НАН України в рамках НДР 1.7.1.879 «Наукові засади підвищення енергоефективності теплотехнологій при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів» (ДР 0112U002650), 1.7.1.897 «Інтенсифікація тепломасопереносу при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів та розроблення енергоефективного сушильного обладнання».

Отже, поставлене завдання в дисертаційній роботі по дослідженню інтенсифікації процесу тепломасообміну при сушінні лохини та розробці ефективної підготовки та енергоефективної теплотехнології сушіння ягід лохини в промислових масштабах виконано повністю.

## **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Гракова О.П. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144–Теплоенергетика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми ІТТФ НАН України зі спеціальності 144 Теплоенергетика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям збереження природних ресурсів та навколишнього середовища.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Гракова Олексія Павловича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

## **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріали дисертації розміщено в логічній послідовності з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації 157 сторінок.

У вступі описано актуальність обраної теми дисертаційних досліджень, сформульовано мету та завдання дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Надано данні про особистий внесок доповідача та перелік публікацій, а також апробацію роботи.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан розвитку технологій переробки ягідної сировини в Україні та світі та виявлено необхідність розробки ефективної підготовки та енергоефективної теплотехнології сушіння ягід лохини в промислових масштабах.

У другому розділі представлено опис методик, приладів та установки, які підібрані для проведення експериментальних мікроскопічних, фізико-хімічних та теплофізичних досліджень ягід лохини.

У третьому розділі представлені дослідження по підготовці сировини до сушіння, мікроскопічні дослідження впливу попередньої підготовки лохини на клітинну оболонку паренхімної частини ягід; дослідження тепломасообмінних

процесів при сушінні ягід лохини з метою визначення ефективних режимів та вплив обраного комбінованого сушіння ягід лохини на енергетичні витрати; проведений теоретичний аналіз та чисельне моделювання, що задовільно описує процес сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів.

У четвертому розділі представлено розроблену теплотехнологію для комплексної переробки ягід лохини та результати досліджень якісних характеристик висушеного продукту.

В додатку наведені публікації здобувача.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 17 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття представлена у виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази даних *SCOPUS (Q3)*; 3 статті у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 1 стаття в колективній монографії закордонного видання, 1 стаття у наукових виданнях України, 1 заявку патенту України на винахід.

Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Усі публікації розкривають наукові здобутки отримані під час роботи над дисертацією та мають вагомий особистий внесок. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Деякі рисунки в першому розділі мають невдале масштабування (рис. 1.1 –1.4), це ускладнює їхнє читання. Також у підрозділі 2.1 (стор. 60) відсутній підпис до рисунку.

2. Було б бажано в додатках навести розрахунок похибок вимірних величин.

3. Підрозділ 3.3 перенавантажений рисунками з фотографіями ягід лохини (рис. 3.15, 3.17, 3.19, 3.21, 3.23, 3.25). Їх би доречно було подати у додатках.

4. Чи були виконані чисельний алгоритм та чисельні дослідження процесу конвекційного сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів адаптовані до об'єкту даного дослідження (ягід лохини) та запропонованих комбінованих режимів сушіння?

Вважаю, що зазначені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота добувача ступеня доктора філософії Гракова Олексія Павловича на тему «Інтенсифікація процесу тепломасообміну при сушінні лохини» виконана на високому науковому рівні, є закінченим науковим дослідженням та не порушує принципів академічної доброчесності, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для теплоенергетичної та харчової галузей. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Граков Олексій Павлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14–Електрична інженерія за спеціальністю 144–Теплоенергетика.

### **Рецензент:**

к.т.н., ст.наук.співр.  
ІТТФ НАН України

Тетяна КОРІНЧЕВСЬКА

