

ВІДГУК

офіційного опонента 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.

На сьогоднішній день ягідна галузь України швидко розвивається. З кожним роком валове виробництво та урожайність ягідних культур зростає. Наразі ягоди лохини відносяться до продуктів масового споживання, що є справжньою скарбницею вітамінів, мікроелементів і біологічно активних речовин, які відповідають за правильне функціонування людського організму, а також ягоду можна назвати рекордсменкою за вмістом заліза, що практично на 100 % засвоюється організмом. Однак, основною проблемою є короткий термін зберігання лохини. Існуючі методи переробки шляхом сушіння є достатньо енергоємними. Тому розробка нової енергоефективної теплотехнології сушіння ягід лохини, особливо в промислових масштабах - є актуальною та необхідною.

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.

Дисертація містить обґрунтовані результати та ступінь їх обґрунтованості підтверджується достатньою кількістю проведених досліджень. Про достовірність отриманих результатів свідчить розроблена теплотехнологія сушіння лохини комбінованим способом, яка захищена патентом на винахід.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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 - теплоенергетика.

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.

Робота є завершеною науковою працею та містить актуальне рішення: складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 157 сторінок.

У вступі розглянуті актуальність роботи, мета та задачі дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ присвячений аналізу літературних джерел, а саме існуючим технологіям по сушінню ягід лохини.

Зауваження до розділу:

- значна частина четвертого розділу дисертації присвячена дослідженням активності води у висушених ягодах лохини, а в літературному аналізі не приділено уваги дослідженням світових вчених по визначенню показника «активність води».

Другий розділ присвячений експериментальним установам та методам, які використані у дослідженнях процесу тепломасообміну при сушінні лохини.

Другий розділ без зауважень.

Третій розділ присвячений дослідженню попередньої підготовки лохини до сушіння та запропоновано найбільш оптимальні з них. Проведені мікроскопічні дослідження впливу попередньої підготовки лохини на клітинну оболонку паренхімної частини ягід. Дослідження кінетики сушіння дало можливість визначити ефективні режими та вплив комбінованого сушіння ягід лохини на енергетичні витрати. В результаті чисельного моделювання колоїдних капілярно-поритих матеріалів показано, що розрахункова модель в цілому задовільно описує характер процесу конвективного сушіння.

Зауваження до розділу:

1. В розділі 3.1 ст. 77..78 описуються дослідження різних вчених з їх посиланнями на способи обробки шкірки лохини і не містить досліджень здобувача, на думку опонента доцільно перенести в розділ 1.

2. В розділі по тексту і під малюнковими написами постійно плутаються тлумачення вологості W і вологовмісту W^c лохини . ст. 86 «**абсолютної вологості ($W^c, \%$)** ягід відбувається повільно і графіки на рис.3.6...», та ст. 81 « $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 3 \text{ м/с}$, $d = 10 \text{ г/кг с. п. до залишкового вологовмісту } W_s^c = 12,65\%.$ »

Згідно ст. 211 «Процеси і апарати харчових виробництв»: (Розділ 11) / За ред. проф. І.Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2021. — 419 с. Вологістю матеріалу W називають відношення маси вологи в матеріалі до маси всього вологого матеріалу. У теорії сушіння часто користуються не вологістю матеріалу, а вологовмістом $W^c, \%$, що є відношенням маси вологи в матеріалі до маси абсолютно сухої речовини в ньому.

На рис. 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11 по осі ординат вологовміст ($W^c, \%$), а значення графіку зміни кінетики вологості, на одному малюнку є вологість і вологовміст $W_n = 83\%$. $W_s^c = 9,3\%$.

3. В пункті 3.2 ст.89 сказано «Ягоди, як і вся рослинна сировина, – термолабільний колоїдний капілярно-пористий матеріал». Відповідно до класифікації П.А. Ребіндера, широко прийнятої в сушильній техніці спочатку при сушінні відбувається видалення вільної вологи в колоїдних капілярно-пористих матеріалах це волога змочування і волога макрокапілярів (1період сушіння), далі за рахунок збільшення опору капілярів по яких дифундується волога швидкість сушіння зменшується. Дивлячись на графіки кінетики здобувача рис. 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11, 3.12, 3.28а, 3.29а, 3.32 інтенсивність видалення в першій половині тривалості зневоднення є меншою ніж в другій половині, що протирічить теорії Ребіндера.

4. В пункті 3.2 ст.89 сказано «Характер перебігу сушіння найбільш повно описується кривими кінетики сушіння $W^c = f(\tau)$, кривими швидкості сушіння $dW^c/dt = f(W^c)$...». Де криві швидкості сушіння при видаленні вільної і зв'язаної вологи отримують графічним диференціюванням кривих сушіння. Дивлячись на графіки кривих швидкості сушіння здобувача рис. 3.13 не корилується з 3.12 (криві кінетики 2 і 3 від 0 до 500 хв співпадають і $dW^c/dt = (84-75)/500=0,018$ %/хв, а на рис 3.13 крива 3 в діапазоні вологовмістів 84...75 швидкість 0,05...0,075 %/хв.). Аналогічне не королування швидкостей сушіння з кривими кінетики спостерігається і на рис. 3.28, 3.29.

5. Для правильності обрахування кривих швидкості сушіння і кривих сушіння на рис. 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11, 3.12, 3.28, 3.29 на думку опонента доцільно представляти дослідні точки вимірювання, як в рис 3.31 і 3.32, щоб здійснити математичну обробку і вивести апроксимаційні рівняння для різних періодів кінетики сушіння.

6. Дослідні дані зміни теплоємності ягід лохини від температури для зразків різної вологості рис. 3.31 доцільно здійснити математичну обробку і вивести апроксимаційні рівняння з коефіцієнтами кореляції, оскільки з'єднання емпіричних дослідних точок для вологостей 27, 13, 4% зразків потребує пояснень мінімумів при температурах 45, 65 °С, та максимумів 55, 75..80 °С.

7. На рис 3.32 при побудові узагальненої кривої сушіння по осі ординат W це вологість, а в описі вище W^c (це вологовміст).

8. **В 3.7. Розрахунок критерію оптимізації процесу зневоднення ягід лохини позначення одних і тих же визначень вологовмістів в формулі 3.15 W в описі під формулою «На початку зневоднення $W^c = 85...75$ %», а в формулах 3.14...3.17 позначено U .**

9. На ст.. 107 сказано «ягоди лохини оброблені інфрачервоними випромінювачами потужністю 100 Вт ($\tau_{п}=10$ хв)», на думку опонента більш доречно подавати результати перераховані в «величину опромінення Вт/м²» що припадає на площу лохини, адже зміна питомого навантаження лохини в сушарці призведе до зміни кількості променевої енергії що припадає на м² лохини, зміна відстані лохини від генератора призведе до розсіювання і тому не доречно оцінювати якість попередньої обробки в «потужності 100 Вт»

Четвертий розділ присвячений розробці теплотехнології для комплексної переробки ягід лохини.

1. В розділі 4.1.2 ст. 132..133 описуються дослідження різних вчених з їх посиланнями на активність води для різних продуктів і не містить досліджень здобувача, на думку опонента доцільно перенести в розділ 1.

2. На рис. 4.3 замість квадратиків доцільно в технологічній схемі навести прилади застосування обладнання.

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

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською технічною мовою з використанням наукової термінології. Зміст викладено послідовно, логічно та доступно.

Проте більшість зауважень принципово не заперечують основній концепції роботи, мають характер побажань або редакційного плану.

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 заявка патенту України на винахід. Результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Аналіз публікацій здобувача дозволяє зробити висновок, що вони в достатній мірі освітлюють результати дисертаційного дослідження.

Важливо зазначити, що висловлені 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 здобувача ступеня доктора філософії Гракова Олексія Павловича на тему «Інтенсифікація процесу тепломасообміну при сушінні лохини» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для теплоенергетики.

Крім наведених вище до окремих розділів по роботі є зауваження загального плану:

- на думку опонента, згідно обсягу виконаних досліджень більш підходить назва «Інтенсифікація (Удосконалення) технологій сушіння лохини», оскільки окрім тепломасообміну здобувач займався попередньою підготовкою продукту перед сушінням і є дослідження що відповідають за збереженість продукту після сушіння «відновлювальна здатність висушених ягід лохини» та «дослідження активності води у висушених ягодах лохини».

- теоретична цінність роботи була б значно вищою, якби були наведені (хоча б в додатках, чи на рисунках) апроксимаційні рівняння великого масиву даних кінетики сушіння з розділу;

- практична цінність роботи була б значно вищою, якби для назви «Інтенсифікація процесу тепломасообміну» в роботі був окремий розділ по моделюванню та були розраховані коефіцієнти тепловіддачі від елементів до повітря; розраховані коефіцієнти тепловіддачі і масовіддачі для лохини, визначення коефіцієнтів дифузії для парогазової суміші та критеріїв Шмідта та Шервурда.

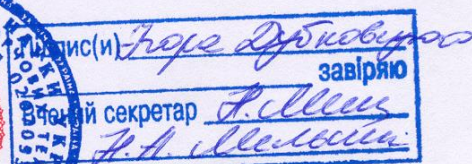
- робота значно виграла, якби був розділ економічної ефективності виробництва лохини, чи принаймні розрахунки собівартості продукту і прибутку від впровадження.

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.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент
кафедри процесів і апаратів харчових виробництв
Національного університету харчових технологій



Ігор ДУБКОВЕЦЬКИЙ

М.П.

« 1 » листопада 2023 року