

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ КОНВЕКТИВНО - ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ ГЛОДУ

¹Дубковецький І.В., канд. техн. наук, доцент,

¹Малежик І.Ф., д-р техн. наук, професор,

¹Стрельченко Л.В., ¹Бурлака Т.В., аспірант,

²Євчук Я.В., канд. техн. наук

¹Національний університет харчових технологій, м. Київ

²Уманський національний університет садівництва, м. Умань

Найбільш ефективним методом консервування харчових продуктів на сьогодні є сушіння. В той же час цей метод є і найдорожчим. Тому головним завданням процесу сушіння є добитися найвищої якості при мінімальних витратах електроенергії. Для зневоднення глоду з енергетичної точки зору найбільш доцільним є сушіння інфрачервоним випромінюванням, але даний метод не набув значного поширення через явище термодифузії. В статті наведені дослідження кінетики сушіння глоду Алмаатинського терморадіаційним, конвективним і комбінованим способами.

The most effective method of food preservation today is drying. At the same time, this method is also the most expensive. Therefore, the main task of the drying process to achieve high quality at the lowest cost of electricity. Dewatering hawthorn in terms of energy most appropriate infrared radiation drying, but this method is not widely used because of the phenomenon of thermal diffusion. The paper presents the study of the kinetics of drying hawthorn Almaatinskogo infrared, convection and combination methods..

Ключові слова: сушіння, глід, комбінований метод, опромінення, енерговитрати, терморадіаційне сушіння.

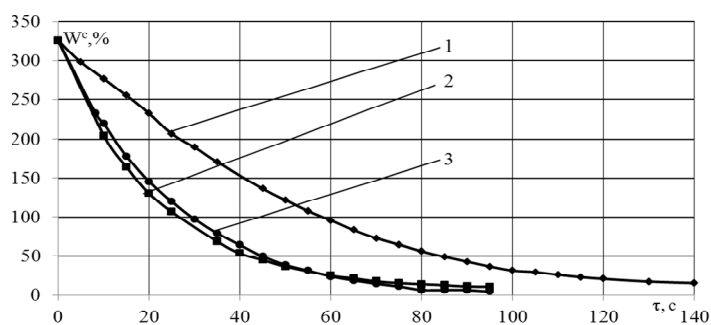
Як відомо, при конвективному висушуванні носієм теплоти є повітря. Нами запропоновано комбінувати два способи підведення теплоти при сушінні – терморадіаційний і конвективний, що дозволить зменшити відносну вологість повітря і збільшити рушійну силу процесу в порівнянні з сушінням інфрачервоними променями.

Враховуючи сезонність виробництва плодо-ягідної сировини, для харчової промисловості велике значення має зберігання. Тому, одним із завдань нашої роботи є обґрунтування оптимальних і допустимих строків зберігання плодів глоду, зневоднених конвективно-терморадіаційним енергопідведенням. При вивченні плодів глоду, як малопоширеної лікарської сировини, важливим є не використання їх у свіжому вигляді, а отримання із них напівфабрикатів у вигляді сушених плодів, настоянок, екстрактів і т.п. У зв'язку з цим необхідно знати закономірності накопичення поживних речовин у плодах в процесі технологічної переробки.

Для вирішення даних завдань була спроектована і виготовлена в експлуатацію сушильна установка, яка дозволяє сушити терморадіаційним і конвективним способами як окремо, так і їх поєднанням. Досліджено процес сушіння глоду Алмаатинського для порівняння ефективності сушіння комбінованим, конвективним та терморадіаційним методами при температурах 60, 80 і 100 °С. Опромінення здійснювалось зверху і знизу продукту ламповими ІЧ-генераторами з довжиною хвиль 1,3...3,0 мкм. Величина опроміненості інфрачервоними тенами становила $E=8 \text{ кВт/м}^2$. Відстань від інфрачервоних тенів до продукту становила 15 см. Одночасно з опроміненням здійснювали конвективний підвід теплоти від зовнішнього ТЕНу потужністю 1 кВт з швидкістю руху теплоносія 6 м/с. Плоди глоду без кісточок розміщували в один шар на спеціальній решітці товщиною 8 мм та піддавали конвективно-терморадіаційному сушінню при різних режимах.

Побудовані криві сушіння при температурі 80 °С (рис.1) характеризують зміну інтегрального вологовмісту залежно від часу.

З рис.1 видно, що найбільша тривалість сушіння (140 хв) при конвективному підведенні теплоти. При терморадіаційному і комбінованому енергопідведенні спостерігається однакова тривалість (95 хв). При комбінованому енергопідведенні в першому періоді спостерігається помякшений режим сушіння (крива 3), а в другому періоді більш повне видалення вологи в порівнянні з ІЧ випромінюванням (крива 2).



1 – конвективний метод; 2 – терморадіаційний метод; 3 – комбінований метод

Рис. 1 – Криві сушіння глоду Алмаатинського при температурі теплоносія 80 °С

Зовнішній вигляд висушеного глоду Алмаатинського комбінованим, конвективним та терморадіаційним зображено на рис. 2.

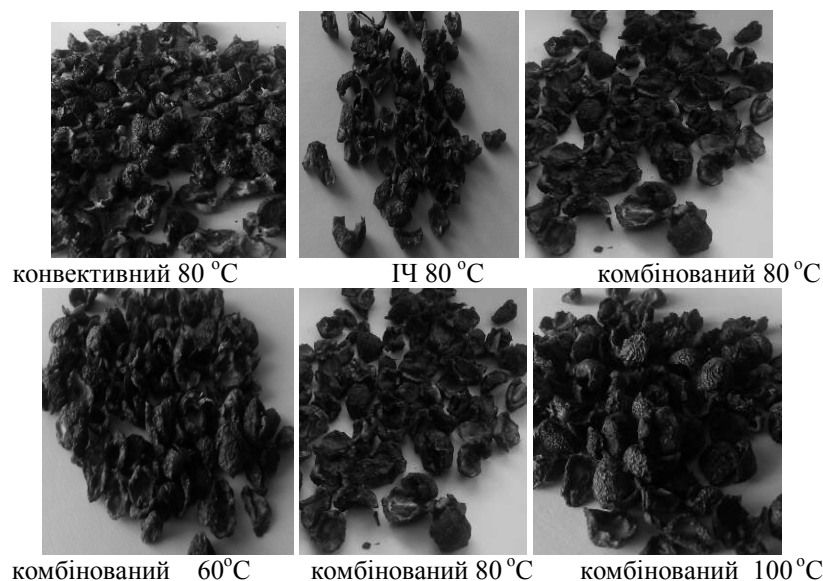
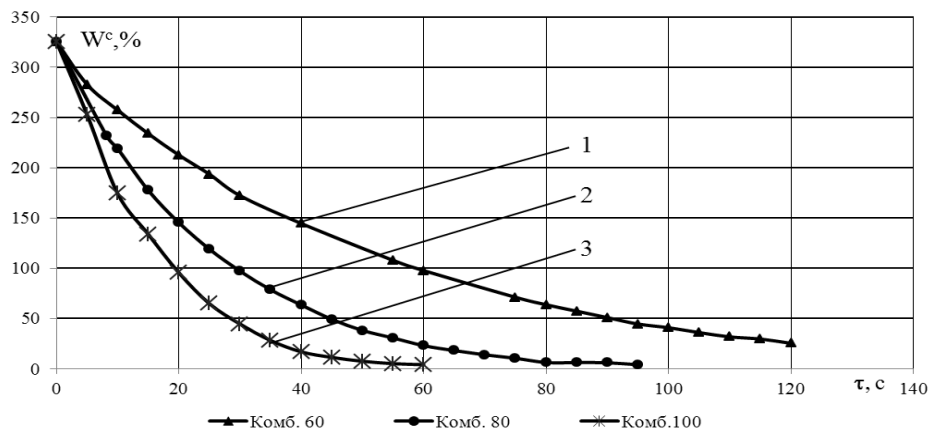


Рис. 2 – Зовнішній вигляд глоду Алмаатинського висушеного різними способами

При комбінованому енергопідведенні необхідно було визначити вплив температури теплоносія на якісні характеристики готового продукту. Криві сушіння для комбінованого енергопідведення наведені на рис. 3.



1- при температурі 60 °С; 2- при температурі 80 °С; 3- при температурі 100 °С

Рис. 3 – Криві комбінованого сушіння глоду

Тривалість сушіння із зростанням температури теплоносія з 40 до 70 °С зменшується з 150 до 78 хвилин (конвективний метод), з 128 до 78 хвилин (терморадіаційний метод) і відповідно з 160 до 85 хвилин (комбінований метод). Період сталої швидкості сушіння спостерігається до першої критичної точки.

Апроксимуючи дані першого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються лінійному закону, які наведені нижче.

Конвективний спосіб (80 °С): $W^c = -4,6565\tau + 323,81$ при $R^2 = 0,9984$;

Терморадіаційний спосіб (80 °С): $W^c = -9,9088\tau + 317,33$ при $R^2 = 0,9817$;

Комбінований спосіб (60 °С): $W^c = -4,8784\tau + 312,99$ при $R^2 = 0,9815$;

Комбінований спосіб (80 °С): $W^c = -9,9609\tau + 321,24$ при $R^2 = 0,99$;

Комбінований спосіб (100 °С): $W^c = -15,106\tau + 326,6$ при $R^2 = 0,9994$.

Апроксимуючи дані другого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються експоненціальному закону.

Конвективний спосіб (80 °С): $W^c = 399,72\tau^{-0,025}$ при $R^2 = 0,9957$;

Терморадіаційний спосіб (80 °С): $W^c = 252,34\tau^{-0,035}$ при $R^2 = 0,9845$;

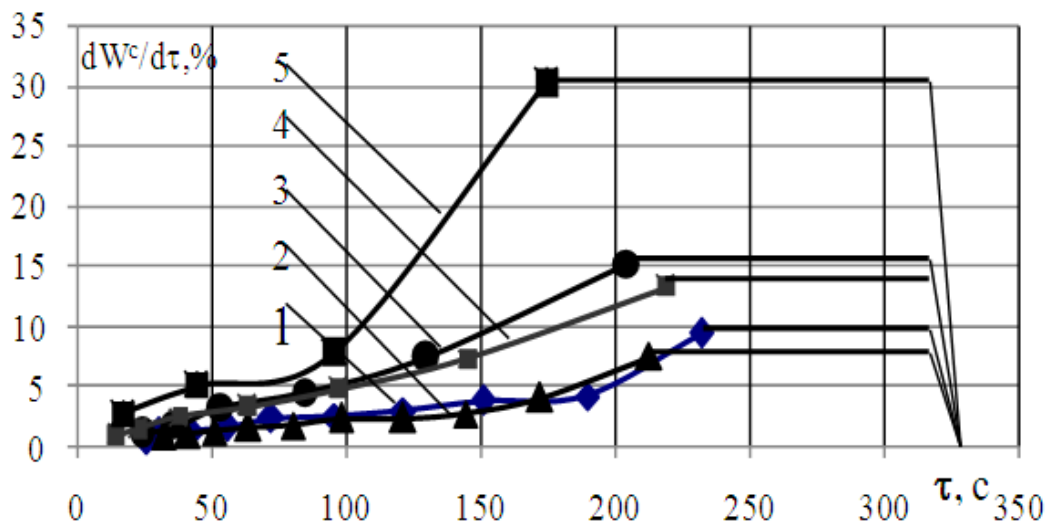
Комбінований спосіб (60 °С): $W^c = 344,19\tau^{-0,021}$ при $R^2 = 0,9982$;

Комбінований спосіб (80 °С): $W^c = 404,43\tau^{-0,048}$ при $R^2 = 0,9936$;

Комбінований спосіб (100 °С): $W^c = 434,02\tau^{-0,079}$ при $R^2 = 0,9958$,

де w^c – вологовміст, %; τ – час, хв; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

На рисунку 4 наведені криві швидкості конвективного, терморадіаційного і комбінованого способів сушіння.



1 – Конвективний метод (80°С); 2 – Терморадіаційний метод (80°С);
3 – Комбінований метод (60°С); 4 – Комбінований метод (80°С);
5 – Комбінований метод (100°С).

Рис. 4 – Криві швидкості сушіння глоду Алмаатинського

Проаналізувавши другий період всіх способів сушіння, вивели апроксимаційні рівняння для всіх зразків глоду, що підпорядковуються експоненціальному закону:

Конвективний спосіб (80 °С): $-dW/d\tau = 0,7862 \cdot 0,0105^W$ при $R^2 = 0,8836$;

Терморадіаційний спосіб (80 °С): $-dW/d\tau = 1,1771 \cdot 0,0134^W$ при $R^2 = 0,9382$;

Комбінований спосіб (60 °С): $-dW/d\tau = 0,715 \cdot 0,0105^W$ при $R^2 = 0,9662$;

Комбінований спосіб (80 °С): $-dW/d\tau = 1,2495 \cdot 0,0117^W$ при $R^2 = 0,9108$;

Комбінований спосіб (100 °С): $-dW/d\tau = 2,2786 \cdot 0,0145^W$ при $R^2 = 0,9828$.

Після сушіння було досліджено органолептичні (рис. 2) та фізико-хімічні показники якісних зразків. Біологічна цінність плодів глоду Алмаатинського в значній мірі обумовлюється наявністю в них вітамінів, зокрема, аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук та β -каротину, вміст яких в сушеному глоді наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад плодів глоду залежно від способів сушіння

Спосіб сушіння	Тривалість сушіння, хв.	На сухий залишок				
		%		мг/100 г		
		пектинові речовини	титровані кислоти	аскорбінова кислота	поліфенольні сполуки	β-каротин
Глід Алмаатинський						
Комбінований (60 °С)	120	10,8	3,5	22,7	1165	17,3
Комбінований (80 °С)	80	10,3	3,4	27,3	1558	16,8
Комбінований (100 °С)	60	7,9	2,0	30,2	1780	15,6
Терморадіаційний (80 °С)	90	9,6	3,2	26,6	1680	16,5
Конвективний (80 °С)	140	7,9	3,3	17,9	1050	16,0

При обробці даних з витрати енергії конвективним, терморадіаційним і комбінованим способами сушіння при різних температурах теплоносія побудовано залежність витрат енергії від температури теплоносія (рис.5). З рисунка видно, що найвищі витрати енергії були при конвективному висушуванні, а найменші при комбінованому методі при температурі 60 °С.

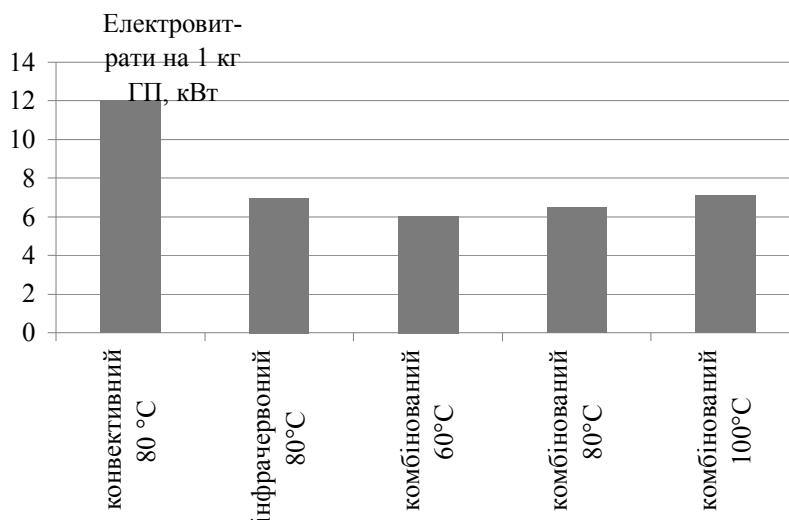


Рис. 5 – Залежність витрат енергії на сушіння глоду від температури теплоносія при різних методах

Висновки. Висушений комбінованим конвективно-терморадіаційним способом глід має найкращі органолептичні (зовнішній вигляд) і фізико-хімічні (вміст аскорбінової кислоти та β-каротину найвищі, а вміст фенольних сполук найнижчий) показники та найнижчі енерговитрати. Тому цей спосіб сушіння доцільно рекомендувати для застосування.

Література

1. Патент на корисну модель 97303 Україна / Радіаційно-конвективна сушильна установка / Дубковецький І.В., Малезик І.Ф., Бурлака Т.В., Стрельченко Л.В.
2. Дубковецький І.В., Малезик І. Ф., Євчук Я. В., Дослідження процесу конвективного сушіння глоду // Науковий журнал «Харчова промисловість» – 2012. – №12. – ст. 42- 47
3. Дубковецький І.В., Малезик І. Ф., Євчук Я. В., Дослідження біологічно активних речовин при конвективному, кондуктивному і мікрохвильовому зневодненні сортів глоду // Наукові праці ОНАХТ – 2012. – вип. 41. – ст. 87-92

4. Рязанова О.А. Биохимический состав ягод боярышника, произрастающего в Кемеровской области / О.А. Рязанова, Ю.В. Третьякова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №6. – С. 56–57.
5. Гудковский В.А. Антиокислительные (целобные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения / В.А. Гудковский // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №4. – С.13–19.

УДК 664.854

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ БІЛКІВ СОЄВОГО КОНЦЕНТРАТУ «Pro-Vo КМ», «БЕЛКОТОН С 95» ТА ЇХ КОМБІНАЦІЇ КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНИМ СПОСОБОМ

Стрельченко Л. В., аспірант, Дубковецький І. В., канд. техн. наук., доцент, Страшинський І. М.,
канд. техн. наук., доцент, Малежик І. Ф., д-р техн. наук, професор,
Пасічний В. М., д-р техн. наук, професор, Коломієць Р. А., магістрант
Національний університет харчових технологій, Київ

Метою даної статті є дослідження способу сушіння гідратованих концентрату соєвого білка «Pro-Vo КМ» і білка тваринного походження «Белкотон С 95» та їх комбінації, які в подальшому передбачається використовувати для виготовлення м'ясних та м'ясомістких продуктів. Як спосіб сушіння нами було запропоновано комбінацію конвективного та терморадіаційного.

The purpose of this article is to study the drying process of protein preparations of vegetable "Soy concentrate" and animal "Belkoton 95" origin, and combinations thereof, which are further to be used as a filler for meat and meat raw materials products. As the drying method we proposed a combination of convection and thermoradiation.

Ключові слова: інфрачервоне сушіння, білковмісні наповнювачі для м'ясних і м'ясомістких продуктів, комбінації білкових препаратів, комбінований метод, опромінення, енергозатрати.

Використання білків тваринного та рослинного походження дає змогу максимально раціонально використовувати вторинну сировину м'ясних та інших харчових підприємств. Однією з найважливіших груп харчових продуктів є м'ясні та м'ясомісткі вироби, в яких міститься велика кількість білка. Проте, слід зазначити, що дана група товару має досить суттєвий недолік – це ціна. Тому завданням нашої роботи було створення білкового наповнювача, який зможе знизити собівартість м'ясних виробів не знижуючи харчової цінності готового продукту. На основі попередніх досліджень «Дослідження впливу конвективно-інфрачервоного сушіння на зміну характеристик білкових препаратів тваринного і рослинного походження», які представлені у Вінницькому національному аграрному університеті («Технічні науки», випуск 1 том 2, 2015р., с. 55) було обрано такі види білкових препаратів: концентрат соєвого білка «Pro-Vo КМ» з вмістом білку в ньому 70 % та тваринний – «Белкотон С 95». «Белкотон С 95» – білковий препарат закордонного виробництва (виробник Данія). Даний препарат має характерний кремовий колір, надзвичайно високу вологозв'язувальну здатність, чудово тримає форму готових виробів, покращує зовнішній вигляд продукту, вид на розрізі та консистенцію. Виробник рекомендує його використання для всіх груп м'ясних продуктів.

Також було проведено комбінації цих двох препаратів в шести варіаціях при різних співвідношеннях. Після сушіння попередньо гідратованих білкових препаратів на основі дослідження хіміко-технологічних показників після висушування був обраний найкращий зразок у співвідношенні «Белкотон С 95» : «Pro-Vo КМ» 50:50.

Методом сушіння нами було запропоновано комбінацію конвективного та терморадіаційного. Обидва способи є досить простими у застосуванні, як в обладнанні, так і в технології. Терморадіаційний спосіб сушіння в порівнянні з конвективним є менш енерговитратним, проте під час такого сушіння потрібно робити витримування продукту для врівноваження в ньому вологи. В даному випадку цей факт відіграє негативну роль для продукту, в якому відбуваються фізико-хімічні процеси, в тому числі і окислювальні, які є необоротними. При комбінації цих двох способів виключається витримування продукту, тому що волога відводиться конвекцією повітря.

Сушіння білкових препаратів здійснювалось в конвективно-терморадіаційній сушильній установці (рис. 1). Температура теплоносія складала 80° С, температура в товщі шару продукту близько 100 °С. З