

УДК 664.854

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНВЕКТИВНО-ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ НА ЗМІНУ ХАРАКТЕРИСТИК БІЛКОВИХ ПРЕПАРАТІВ ТВАРИННОГО І РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Дубковецький Ігор Володимирович к.т.н., доцент*  
*Страшинський Ігор Михайлович к.т.н., доцент*  
*Стрельченко Людмила Василівна аспірантка*  
*Коломієць Роман Анатолійович магістрант*  
*Національний університет харчових технологій*

*Dubkovetskyu I.*

*Strashinsky I.*

*Strelchenko L.*

*Kolomiez R.*

*National University of Food Technologies*

**Анотація:** найбільш ефективним методом консервування харчових продуктів на сьогодні є сушіння. В той же час цей метод є і найдорощим. Тому головним завданням процесу сушіння є добитися найвищої якості при мінімальних затратах електроенергії. Для зневоднення білкових препаратів 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 рослинних та тваринних білків, які в подальшому передбачено використовувати в складі комбінованих функціонально-технологічних сумішей (ФТС) на основі білоквісних наповнювачів для м'ясних і м'ясомістких продуктів.

**Ключові слова:** інфрачервоне сушіння, білоквісні наповнювачі для м'ясних і м'ясомістких продуктів, комбінований метод, опромінення, енергозатрати.

Наразі гостро стоїть проблема економії електроенергії в будь-яких її аспектах, зокрема під час сушіння харчових продуктів в промисловості, де виробництво готової продукції передбачає значні витрати електроенергії. Для вирішення цієї проблеми було застосоване комбінування конвективного та інфрачервоного. Сушіння інфрачервоними променями, як відомо, має певний недолік – підгорання поверхневого шару сировини та за рахунок проникнення променів в середину матеріалу відбувається дефундування вологи у внутрішні шари сировини, що погіршує як органолептичні, так і фізико-хімічні властивості готового продукту. Проте при ІЧ сушінні електроенергії витрачається значно менше в порівнянні з конвективним сушінням.

Метою даної роботи було розроблення оптимального способу сушіння рослинних та тваринних білків, які в подальшому передбачено використовувати в складі комбінованих функціонально-технологічних сумішей (ФТС) на основі білоквісних наповнювачів для м'ясних і м'ясомістких продуктів.

Проблематика на вирішення якої направлені данні дослідження пов'язана з тим, що тваринні і рослинні білкові препарати відрізняються своїми теплофізичними, функціонально-технологічними характеристиками (ФТХ) і способом підготовки для використання у складі м'ясопродуктів з різним типом теплового оброблення.

Тваринна і рослинна білоквісна сировина має різну термостійкість. Так для тваринних препаратів на основі сполучнотканинних білків використовується гаряча гідратація при температурах 60...90°C.

Для рослинних – холодна гідратація при температурах 4...12°C.

Це ускладнює технологію їх сумісного використання в складі ФТС.

Для моделювання комбінованих ФТС з визначеними показниками відсутня достатня кількість інформаційних ресурсів для оптимізаційного моделювання комбінованих ФТС, для більшості яких, власне технологією передбачена повторна теплова гідратація.

Відсутній комплекс достовірних даних щодо зміни ФТХ комбінованих ФТС при повторному нагріванні, гідратації, сушінні, тощо.

В цьому зв'язку доцільним є визначити вплив умов гідратації білкових препаратів, різних за походженням і комплексом ФТХ, способів доведення ФТС до нормованих значень вологовмісту та визначити вплив способів стандартизації вологовмісту на зміну ФХК білоквмісних сумішей при повторному гідротепловому нагріванні.

Нами було проведено комбіноване (конвективне та інфрачервоне) сушіння білків різної природи (рослинної та тваринної) при температурі теплоносія 80°C, температурі в шарі продукту близько 96 °С, з рециркуляцією повітря в сушарці 50/50, швидкості руху повітря в камері 5,5 м/с. Для дослідів було обрано 4 види білку, два з яких рослинні: соя 1 (з сухими речовинами після гідратації 33,78 % в 1 г продукту), соя 2 (33,85%), а два тваринного походження – Белкотон С95 (28,4 %) та СканПро Т-95 (30,66%).

В таблиці наведено ступінь гідратації білків.

Таблиця 1

Ступінь гідратації білків

№	Назва білка	Ступінь гідратації
1	Сканпро Т95	1:5
2	Белкотон С95	1:5
3	Соевий білок I	1:3
4	Соевий білок II	1:3

Белкотон С95 – комбінована ФТС закордонного виробництва (виступав в якості контрольного зразка). Даний препарат має надзвичайно високу вологозв'язувальну здатність, чудово тримає форму покращує зовнішній вигляд, вид на розрізі та консистенцію. Має характерний креманий колір. Виробником рекомендоване використання для всіх груп м'ясних продуктів.

СканПро Т-95 – тваринний колагеновий білок виробництва Данії, отриманий з свинячої шкіри. Цей білок має велику ступінь гідратації, більшу ніж рослинні білки; володіє драгле утворюючими властивостями, надає еластичність і пружність м'ясним і м'ясомістким продуктам, покращує товарний вигляд; може використовуватися одночасно з рослинними білками, в складі білково-жирових емульсій.

Застосування даних тваринних білків дозволяє знизити собівартість продукції і збільшити її вихід.

Соеві білки I і II представляли собою соєвий концентрат і ізолят відповідно з вмістом білка 70 і 92%.



Рис. 1. Зовнішній вигляд конвективно-інфрачервоної сушарки

Після гідратації білка надавали форму гранул і викладали на пергамент товщиною шару 8-10 мм, потім вкладали на сітчастий піддон і в сушарку (рис. 1). Опромінення здійснювалось зверху світлими ІЧ-генераторами з довжиною хвиль 1,3...3 мкм в імпульсному режимі нагрів-охолодження з одночасним конвективним енергопідведенням. Опромінення «Сої 1» складало 62 секунди, охолодження – 1 хвилину 15 секунд; «Сої 2»: опромінення – 59 секунд, охолодження – 1 хвилина 16 секунд; «Белкотон С95»: опромінення - 1 хвилину 27 секунд, охолодження – 57 секунд; «СканПро Т-95»: опромінення - 2 хвилини 13 секунд, охолодження – 58 секунд.

Криві сушіння 1-4 (рис. 2) характеризують зміну інтегрального вологовмісту  $W^c$  залежно від часу. Звідси видно, що видалення вологи для тваринних білків «Белкотон С95» і «СканПро Т-95» відбувається з меншою інтенсивністю ніж білків рослинного походження «Сої 1» і «Сої 2». Це викликано різним ступенем гідратації і поглинальною здатністю інфрачервоних променів для білків рослинного і тваринного походження, що призводить до різного внутрішнього тепло- і вологоперенесення і механізму впливу і молекулярну структуру тіла при імпульсному нагрів-охолодженні.

З рисунку видно, що період прогріву відсутній. Період сталої швидкості сушіння спостерігається до першої критичної точки, тривалість якого для всіх зразків становить 10 хв.

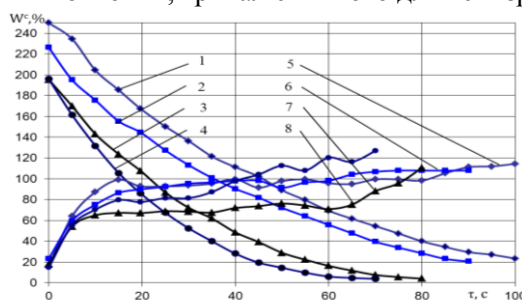


Рис. 2. Криві комбінованого сушіння тваринного і рослинного походження 1-4 і термограми 5-8 при температурі 80 °С: 1,5 – Белкотон С95; 2,6 – СканПро Т-95; 3,7 – соя 2; 4,8 – соя 1

Апроксимуючи дані першого періоду комбінованого сушіння, вивели рівняння вологовмісту, що підпорядковуються лінійному закону.

Для білків тваринного походження:

$$\text{Белкотон} - W^c = -4,5599\tau + 252,44 \text{ при } R^2 = 0,9669;$$

$$\text{СканПро} - W^c = -5,0718\tau + 224,39 \text{ при } R^2 = 0,9829.$$

Для білків рослинного походження:

$$\text{Соя 2} - W^c = -5,229\tau + 195,67 \text{ при } R^2 = 0,9997;$$

$$\text{Соя 1} - W^c = -6,4239\tau + 195,23 \text{ при } R^2 = 0,9981,$$

де  $W^c$  – вологовміст, %;  $\tau$  – час, хв;  $R^2$  – коефіцієнт кореляції.

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

Для білків тваринного походження:

$$\text{Белкотон} - W^c = 282,25 \tau^{-0,024} \text{ при } R^2 = 0,994;$$

$$\text{СканПро} - W^c = 252,25 \tau^{-0,027} \text{ при } R^2 = 0,9887.$$

Для білків рослинного походження:

$$\text{Соя 2} - W^c = 314,3 \tau^{-0,051} \text{ при } R^2 = 0,9784;$$

$$\text{Соя 1} - W^c = 294,81 \tau^{-0,0617} \text{ при } R^2 = 0,991.$$

В процесі обробки термограм 5-8 отримано рівняння температур, для першого періоду сушіння що підпорядковуються лінійному закону.

Для білків тваринного походження:

$$\text{Белкотон} - W^c = 7,17\tau + 19,85 \text{ при } R^2 = 0,9614;$$

СканПро –  $W^c = 5,2\tau + 26,667$  при  $R^2 = 0,9494$ .

Для білків рослинного походження:

Соє 2 –  $W^c = 5,56\tau + 19,1$  при  $R^2 = 0,933$ ;

Соє 1 –  $W^c = 4,7\tau + 22,23$  при  $R^2 = 0,9113$ .

Для термограм 5-8 отримано рівняння температур, другого періоду сушіння що підпорядковуються також лінійному закону.

Для білків тваринного походження:

Белкотон –  $W^c = 0,224 \tau + 86,418$  при  $R^2 = 0,714$ ;

СканПро –  $W^c = 0,3257 \tau + 81,481$  при  $R^2 = 0,8253$ .

Для білків рослинного походження:

Соє 1 –  $W^c = 0,9362 + 59,883$  при  $R^2 = 0,9527$ ;

Соє 2 –  $W^c = 0,4614 \tau + 55,373$  при  $R^2 = 0,6651$ .

В результаті обробки кривих комбінованого сушіння отримані залежності швидкості сушіння білків рослинного і тваринного походження від вологовмісту (рис. 3), що дають змогу проаналізувати динаміку зміни сушіння білків. При виведенні рівняння кінетики сушіння з експериментальних залежностей  $dW^c/d\tau$  встановили, що на першій стадії швидкість сушіння можна приблизно вважати постійною. А починаючи з II періоду сушіння спостерігається спадаюча залежність з різною характерністю для тваринних і рослинних білків.

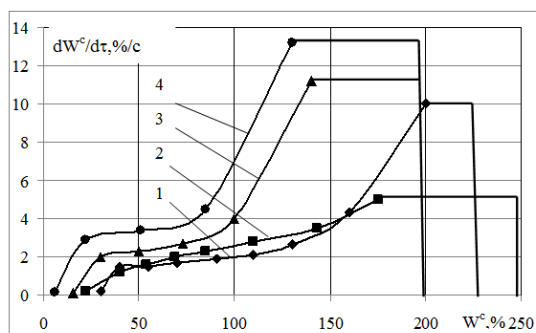


Рис. 3. Криві швидкості комбінованого сушіння білків рослинного і тваринного походження 1- Белкотон; 2- Сканпро; 3- Соє I; 4- Соє II

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

Белкотон –  $dW/d\tau = 0,9629 W^{0,0093}$  при  $R^2 = 0,9509$ ;

СканПро –  $dW/d\tau = 0,7368 W^{0,0115}$  при  $R^2 = 0,9259$ ;

Соє 1 –  $dW/d\tau = 1,0253 W^{0,0157}$  при  $R^2 = 0,9448$ ;

Соє 2 –  $dW/d\tau = 1,8026 W^{0,0139}$  при  $R^2 = 0,9004$ ;

На основі обробки графіків кривих сушіння і швидкості сушіння визначили залежності коефіцієнтів швидкості сушіння для білків рослинного і тваринного походження (рис. 4).

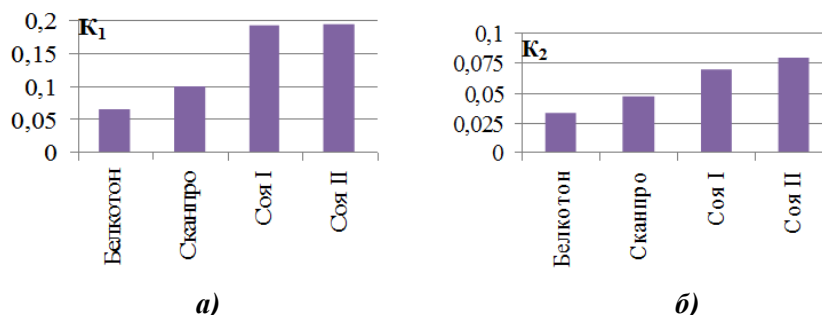


Рис. 4. Коефіцієнти швидкості сушіння для білків різної природи а – перший період сушіння; б – другий період сушіння



На рисунку 5 представлені фото досліджуваних білків до та після сушіння



СканПро (а)



(б)



Соя 1 (а)



(б)



Соя 2 (а)



(б)



Белкотон (а)



(б)

Як видно з рисунку 5 зразки білків «Соя 1», «Соя 2» та «Белкотон» висушилися, а зразок «СканПро» під час сушіння підгорів, що свідчить про нерівномірний шар завантаженого білку для сушіння.

При обробці даних процесу сушіння комбінованим способом на рис. 6 наведено витрат енергії для білків різної природи. З рисунка видно, що найвищі витрати енергії, були в тваринних білках Белкотон, а найнижчі в рослинних білках – Соя I.

Дані результати чітко корелюються з властивостями і хімічним складом білоквмісних препаратів.

Препарат Белкотон має в своєму складі комплекс гідроколоїдів і тваринних гелюутворюючих білків, які завдяки плівко утворенню сповільнюють процес сушіння комбінованої ФТС, Сканпро представляє собою білковий препарат на основі колагенового білка- гелюутворювача, Соя 2 – соєвий ізолят, який має меншу здатність до гелюутворення, а Соя I – це соєвий концентрат, який має меншу здатність до гелюутворення і виконує функцію текстуро формуючого і емульгуючого наповнювача в складі м'ясних і м'ясомісних продуктів.

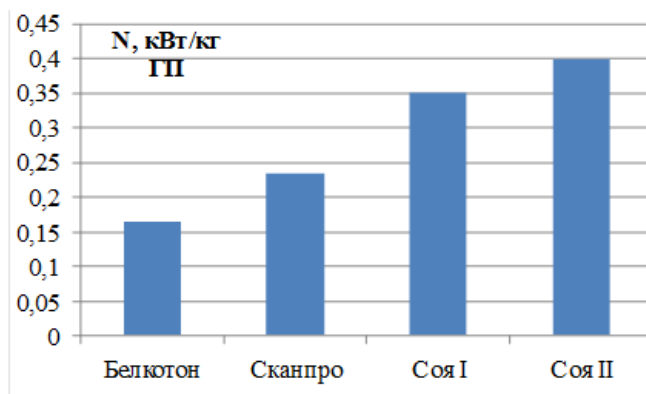


Рис. 6. Розподіл витрат електроенергії на 1 кг готового продукту для білків різної природи

### Висновки

В результаті конвективно-інфрачервоного сушіння отримали сухі продукти різної якості. Тваринний препарат Белкотон на поверхні сушіння спостерігався пригорілим, а в середині розтікався гелюотворюючий білок. Сканпро висушувався інтенсивніше, менше пригорав і розтікався в порівнянні з Белкотоном. Рослинні білкові препарати Соя I і Соя 2 висушувались з високими якісними показниками. Дані результати потребують продовження дослідження шляхом комбінування препаратів тваринного і рослинного походження перед сушінням.

### Список літератури

1. Лыков А.В. Теория сушки / А. В. Лыков. - М.: Энергия, 1968. -23с
2. Лыков А. В. Тепломассообмен Текст. / А. В. Лыков. - М.: Энергия, 1978.-479 с.
3. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. - М.: Пищевая промышленность, 1966. - 407 с.
4. Адамень Ф.Ф. Промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания / Ф.Ф. Адамень, В.И. Сичкарь, В.Н. Письменов, В.В. Шерстобитов. - К.: Изд-во «НОРА-ПРИНТ», 1999.- 332 с.
5. Студенцова Н.А., Герасименко С.Н., Касьянов Г.И. Биологические и технологические аспекты использования сои при получении пищевых продуктов / Н.А. Студенцова, С.Н. Герасименко, Г.И. Касьянов // Изв. вузов. Пищевая технология. - 1999. - №4. - с. 6-9.

### References

1. Lykov A.V. Teoriya sushki / A. V. Lykov. - M.: Energiya, 1968. -23s.
2. Lykov A. V. Teplomassobmen Tekst. / A. V. Lykov. - M.: Energiya, 1978.-479 s.
3. Ginzburg A.S. Infrakrasnaya tekhnika v pishchevoy promyshlennosti / A.S. Ginzburg. - M.: Pishchevaya promyshlennost', 1966. - 407 s.
4. Adamen' F.F. Promyshlennaya pererabotka, kormovyye dobavki, produkty pitaniya / F.F. Adamen', V.I. Sichkar', V.N. Pis'menov, V.V. Sherstobitov. - M.: Izd-vo «NORA-PRINT», 1999.- 332 s.
5. Studentsova N.A., Gerasimenko S.N., Kas'yanov G.I. Biologicheskiye i tekhnologicheskiye aspekty ispol'zovaniya soi pri poluchenii pishchevykh produktov / N.A. Studentsova, S.N. Gerasimenko, G.I. Kas'yanov // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. - 1999. - №4. - S. 6-9.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНВЕКТИВНОЙ-ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ЖИВОТНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**Аннотация:** наиболее эффективным методом консервирования пищевых продуктов на сегодня является сушка. В то же время этот метод является и самым дорогим. Поэтому главной задачей процесса сушки добиться высокого качества при минимальных затратах электроэнергии. Для обезвоживания белковых препаратов с энергетической точки зрения наиболее целесообразно сушки инфракрасным излучением, но данный метод не получил широкого распространения из-за явление термодиффузии. В статье приведены

*исследования кинетики сушки растительных и животных белков, которые в дальнейшем предполагается использовать в составе комбинированных функционально-технологических смесей (ФТС) на основе бيلоквмисних наполнителей для мясных и мясомистких продуктов.*

**Ключевые слова:** *инфракрасная сушка, белоксодержащие наполнители для мясных и мясовместимых продуктов, комбинированный метод, облучения, энергозатраты.*

#### **STUDY OF CONVECTIVE-INFRARED DRYING CHANGES IN THE CHARACTERISTICS OF PROTEIN PREPARATIONS OF ANIMAL AND VEGETABLE**

**Summari:** *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 protein preparations 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 plant and animal proteins, which are then to be used in combined functional and technological mixtures (FCS) based on bilokvymisnih fillers for meat and myasomistkih products.*

**Keywords:** *infrared drying bilkovmisni fillers for meat and m'yasomistkyh products combined method, radiation, power inputs.*