

УДК 637.5

СТРЕЛЬЧЕНКО Л.В., аспірант  
ДУБКОВЕЦЬКИЙ І.В., канд. техн. наук  
МАЛЕЖИК І.Ф., ПАСІЧНИЙ В.М., доктори техн. наук  
СТРАШИНСЬКИЙ І.М., канд. техн. наук  
КОЛОМІЄЦЬ Р.А., магістрант  
Національний університет харчових технологій  
lanovenko2013@list.ru

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНО-ІНФРАЧЕРВОНОГО  
СУШІННЯ БІЛКОВИХ КОМПОЗИЦІЙ**

З метою здешевлення м'ясних та м'ясомістких продуктів було запропоновано застосовувати наповнювачі у вигляді білкових композицій рослинного і тваринного походження. Нами проведено конвективно-інфрачервоне сушіння білкових композицій рослинного та тваринного походження з метою їх застосування як наповнювачів. Додавання харчової добавки у вигляді комбінації білків різного походження запропоновано з метою збалансування хімічного складу в харчових продуктах, що дозволить знизити собівартість готового продукту. Особливо доречним буде застосування такої добавки в м'ясомістких продуктах.

**Ключові слова:** інфрачервоне сушіння, конвективне сушіння, комбінація білкових препаратів, комбінований метод, опромінення, енерговитрати.

**Постановка проблеми.** Екологічна ситуація в нашій країні вимагає забезпечення населення високоякісними харчовими продуктами із збалансованим складом поживних та біологічно активних речовин. Саме тому реалізація державної програми здорового харчування як ніколи є актуальною. Ця програма передбачає створення харчових продуктів з нормованим складом і властивостями. Тим не менш і про економію забувати не слід. Під час виробництва сушеної продукції використання електроенергії є значним показником, який в кінцевому результаті впливає на собівартість і, відповідно, на ціну готового продукту. Завданням нашої роботи був аналіз літературних джерел та розробка оптимального способу сушіння, який забезпечить високі якісні показники готового продукту за мінімальних енергозатрат.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для досягнення поставленого завдання запропоновано сушіння конвективно-інфрачервоне. Обидва способи є досить простими у застосуванні, як в обладнанні, так і в технології. Інфрачервоний спосіб сушіння порівняно з конвективним є менш енерговитратним, проте під час такого сушіння потрібно витримувати продукт у сушильній камері для врівноваження вологи. В даному випадку цей факт відіграє негативну роль для продукту, в якому відбуваються фізико-хімічні процеси, в тому числі і окислювальні, які є незворотними. За комбінації цих двох способів виключається витримання продукту, тому що волога відводиться конвекцією повітря.

**Метою роботи** було створення оптимального способу сушіння для білкових композицій рослинного та тваринного походження, які в подальшому будуть використані як білкововмісні наповнювачі для м'ясних і м'ясомістких продуктів.

Головним **завданням роботи** була розробка оптимальної рецептури білкових препаратів для подальшого застосування в м'ясомістких продуктах.

**Матеріалом для сушіння** були комбінації рослинних і тваринних білків в різних співвідношеннях. На основі вивчення ринку було обрано такі види білків: рослинні – Соя I (ізолят) та Соя II (концентрат); тваринний білок Белкотон С95.

Белкотон С95 – білковий препарат закордонного виробництва, має надзвичайно високу вологов'язувальну здатність, чудово тримає форму, покращує зовнішній вигляд продукту, вигляд на розрізі та консистенцію, має характерний кремовий колір. Виробник препарату надає рекомендації щодо його використання для всіх груп м'ясних продуктів.

Соєві білки I і II являють собою соєвий концентрат і ізолят, відповідно, з вмістом білка 70 і 92 %.

**Методика роботи** полягала в наступному. Підготовлені відповідним чином комбінації білкових препаратів розташовували на спеціальному сітчастому піддоні з товщиною шару в 10 мм та піддавали сушінню за оптимальним режимом. Основним критерієм оцінювання була якість отриманих зразків після сушіння.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Сушіння проводили комбінованим (конвективним та інфрачервоним) методом з температурою повітря 80 °С, температура в товщі шару продукту складала близько 100 °С. З метою економії електроенергії та зменшення часу сушіння в сушарці була проведена рециркуляція повітря 50/50 з швидкістю руху повітря в камері 5,5 м/с.

З метою отримання зразка з найвищими якісними показниками було зроблено 6 зразків в різних співвідношеннях (табл. 1).

Перед сушінням для білків була проведена гідратація (табл. 1) та після охолодження до температури 20 °С надано форму гранул.

Таблиця 1 – Співвідношення комбінації білків та ступінь їх гідратації

№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Белкотон: соя (ізолят) 50:50	Белкотон: соя (ізолят) 70:30	Белкотон: соя (ізолят) 30:70	Белкотон: соя (концентр.) 50:50	Белкотон: соя (концентр.) 70:30	Белкотон: соя (концентр.) 30:70
<i>Ступінь гідратації</i>					
1:5	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5

Криві сушіння (рис. 1) характеризують зміну інтегрального вологовмісту  $W^c$  залежно від часу. Звідси видно, що видалення вологи для білкових композицій з різними співвідношеннями відбувається з більшою інтенсивністю для композицій з більшим вмістом рослинних білків (соя ізолят, соя концентрат). Це зумовлено різним ступенем гідратації і поглинальною здатністю інфрачервоних променів для білкових композицій, що призводить до різного внутрішнього тепло- і вологоперенесення та механізму впливу на молекулярну структуру тіла за імпульсного нагрів-охолодження.

З рисунків 1 та 3 видно, що період прогріву незначний, близько 5 хв. Період сталої швидкості сушіння спостерігається до першої критичної точки.

Для аналізу криві сушіння були розділені на криві сушіння Белкотон: соя ізолят (рис. 1) та криві сушіння Белкотон: соя концентрат (рис. 3).

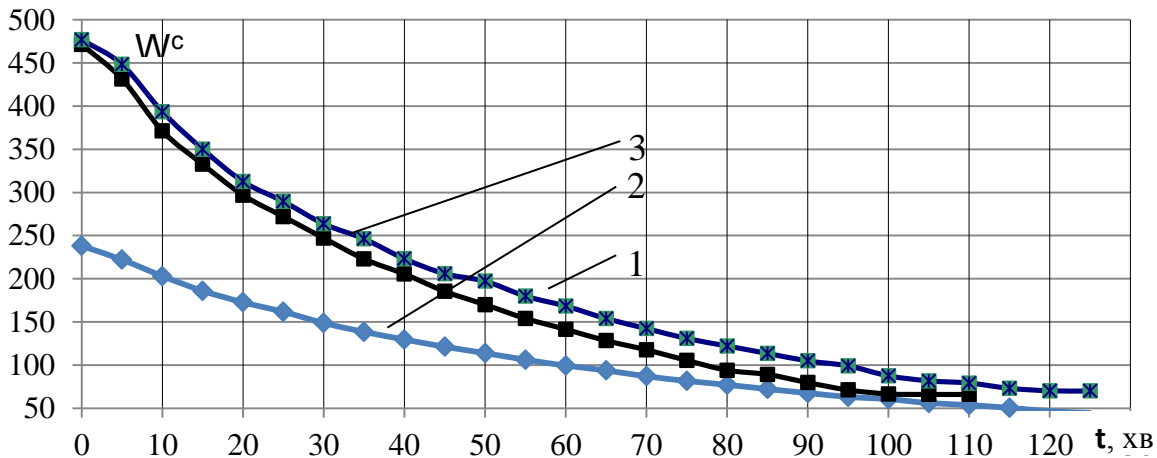


Рис. 1. Криві сушіння зразків Белкотон: соя ізолят: 1 – Белкотон: соя (ізолят) 50:50; 2 – Белкотон: соя (ізолят) 70:30; 3 – Белкотон: соя (ізолят) 30:70.

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

Для білкових композицій Белкотон: соя ізолят:

Зразок № 1 –  $W^c = -8,367\tau + 481,36$  за  $R^2 = 0,97$ ;

Зразок № 2 –  $W^c = -3,4971\tau + 238,54$  за  $R^2 = 0,99$ ;

Зразок № 3 –  $W^c = -8\tau + 471,43$  за  $R^2 = 1$ .

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

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

Зразок № 1 –  $W^c = 422,54 \tau^{-0,015}$  за  $R^2 = 0,99$ ;

Зразок № 2 –  $W^c = 221,18 \tau^{-0,013}$  за  $R^2 = 0,99$ ;

Зразок № 3 –  $W^c = 445,95 \tau^{-0,019}$  за  $R^2 = 0,99$ .

В результаті обробки кривих комбінованого сушіння отримані залежності швидкості сушіння комбінацій білків Белкотон: соя ізолят від вологовмісту (рис. 2), що дають змогу проаналізувати динаміку сушіння дослідних зразків. 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 по кожній комбінації білків.

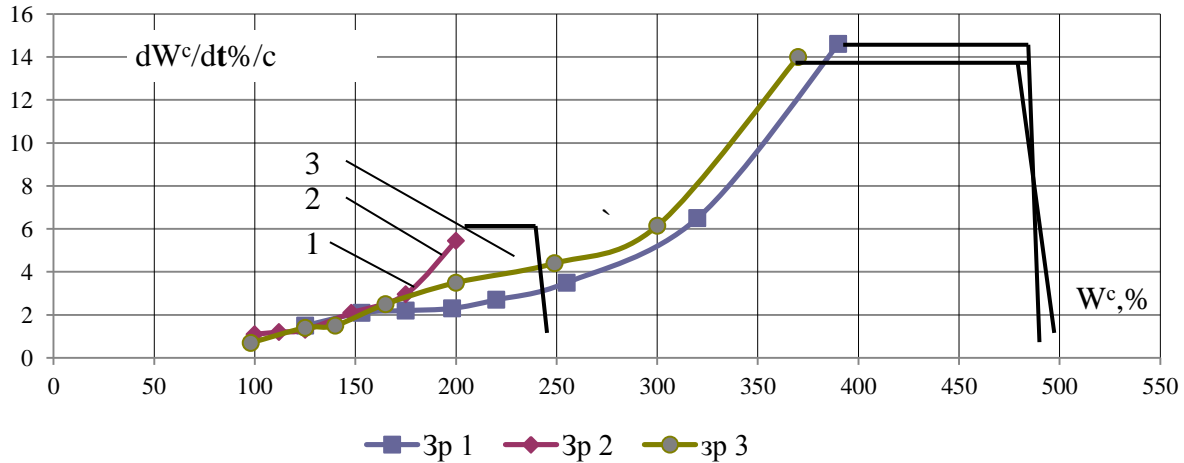


Рис. 2. Криві швидкості сушіння зразків Белкотон: соя ізолят: 1 – Белкотон: соя (ізолят) 50:50; 2 – Белкотон: соя (ізолят) 70:30; 3 – Белкотон: соя (ізолят) 30:70.

Проаналізувавши другий період комбінованого сушіння одержали апроксимаційні рівняння для всіх зразків Белкотон: соя ізолят, що підпорядковуються експоненціальному закону:

Зразок № 1 –  $dW/d\tau = 0,5049W^{0,0082W}$  за  $R^2 = 0,9691$ ;

Зразок № 2 –  $dW/d\tau = 0,1972W^{0,016W}$  за  $R^2 = 0,9747$ ;

Зразок № 3 –  $dW/d\tau = 0,3828W^{0,0098W}$  за  $R^2 = 0,9534$ .

На рисунку 3 представлені криві сушіння білкових композицій Белкотон: соя концентрат.

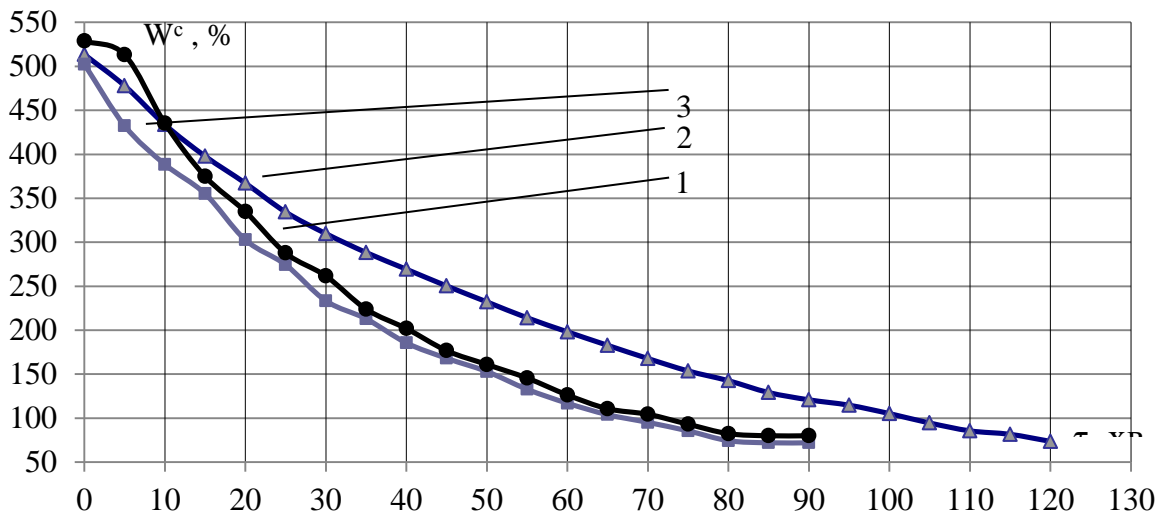


Рис. 3. Криві сушіння зразків Белкотон: соя концентрат: 1 – Белкотон: соя (концентрат) 50:50; 2 – Белкотон: соя (концентрат) 70:30; 3 – Белкотон: соя (концентрат) 30:70.

Апроксимуючи дані першого періоду комбінованого сушіння для зразків Белкотон: соя концентрат, вивели рівняння вологовмісту, що підпорядковуються лінійному закону.

Зразок № 1 –  $W^c = -9,3711\tau + 539,31$  за  $R^2 = 0,87$ ;

Зразок № 2 –  $W^c = -7,9755\tau + 514,93$  за  $R^2 = 0,996$ ;

Зразок № 3 –  $W^c = -11,386\tau + 498,09$  за  $R^2 = 0,98$ .

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

Апроксимуючи дані другого періоду комбінованого сушіння для зразків Белкотон: соя концентрат, вивели рівняння вологовмісту, що підпорядковуються експоненціальному закону.

Зразок № 1 –  $W^c = 503,34^{-0,022W}$  за  $R^2 = 0,99$ ;

Зразок № 2 –  $W^c = 507,81^{-0,016W}$  за  $R^2 = 0,99$ ;

Зразок № 3 –  $W^c = 471,8^{-0,022W}$  за  $R^2 = 0,98$ .

В результаті обробки кривих комбінованого сушіння отримані залежності швидкості сушіння комбінацій білків Белкотон: соя концентрат від вологовмісту (рис. 4).

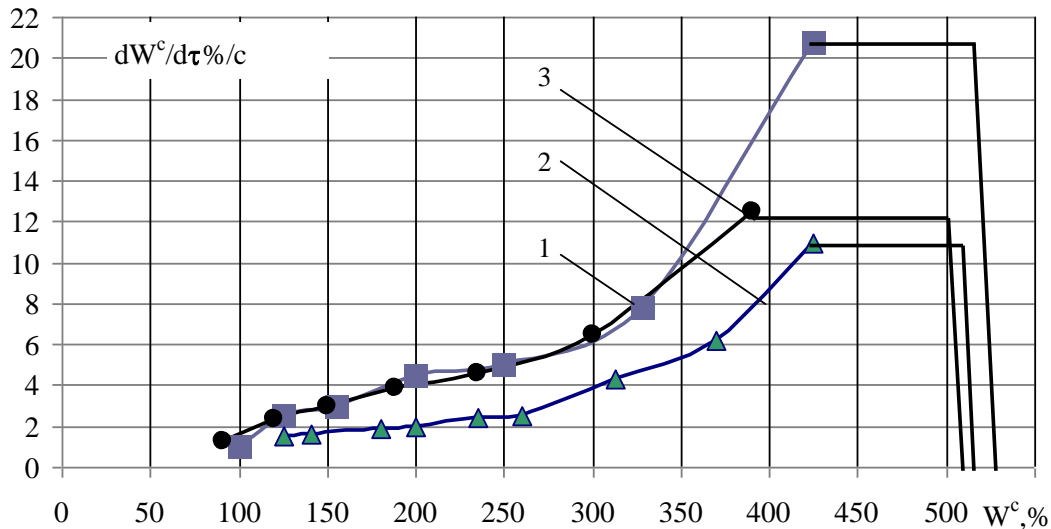


Рис. 4. Криві швидкості сушіння зразків Белкотон: соя концентрат:  
1 – Белкотон: соя (концентрат) 50:50; 2 – Белкотон: соя (концентрат) 70:30;  
3 – Белкотон: соя (концентрат) 30:70.

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

Зразок № 1 –  $d W^c / d \tau = 0,7422^{0,0078W}$  за  $R^2 = 0,9208$ ;

Зразок № 2 –  $d W^c / d \tau = 0,579W^{0,0065 W}$  за  $R^2 = 0,9646$ ;

Зразок № 3 –  $d W^c / d \tau = 0,9489W^{0,0067 W}$  за  $R^2 = 0,9526$ .

В процесі дослідження комбінованого способу сушіння були визначені витрати електроенергії по кожному із дослідних зразків. З рисунка 5 видно, що найвищі витрати енергії були для композиції Белкотон: соя ізолят із співвідношенням 50:50 (зразок №1), а найнижчі для зразка Белкотон: соя концентрат із співвідношенням 30:70 (зразок № 6).

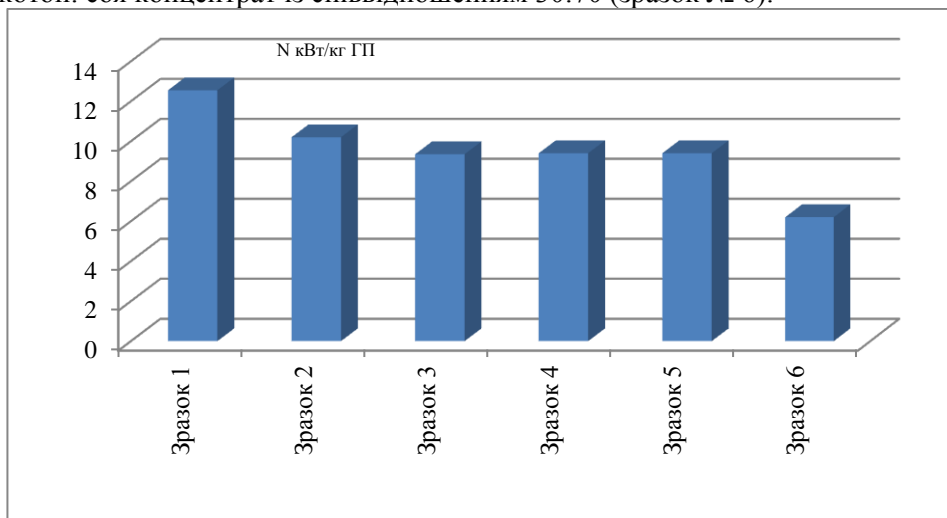


Рис. 5. Розподіл витрат електроенергії на 1 кг готового продукту для білкових композицій: зразки 1-3 – Белкотон: соя ізолят; 4-6 – Белкотон: соя концентрат.

Дані результати чітко корелюються з властивостями і хімічним складом.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** З метою збалансування хімічного складу в харчових продуктах запропоновано додавання харчової добавки у вигляді комбінації білків різного походження. Ця добавка є замінником основної сировини в невеликих кількостях та, як результат, дозволить знизити собівартість готового продукту. Особливо доречним буде застосування такої добавки в м'ясомістких продуктах.

Перспективним напрямом дослідження є вивчення амінокислотного складу білкових композицій, одержаних за конвективно-інфрачервоного сушіння.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 23 с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1978. – 479 с.
3. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая пром-сть, 1966. – 407 с.
4. Промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания / Ф.Ф. Адамень, В.И. Сичкар, В.Н. Письменов, В.В. Шерстобитов. – К.: Нора-принт, 1999. – 332 с.
5. Студенцова Н.А. 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. Teorija sushki / A.V. Lykov. – M.: Jenergija, 1968. – 23 s.
2. Lykov A.V. Teplomassoobmen / A.V. Lykov. – M.: Jenergija, 1978. – 479 s.
3. Ginzburg A.S. Infrakrasnaja tehnika v pishhevoj promyshlennosti / A.S. Ginzburg. – M.: Pishhevaja prom-st', 1966. – 407 s.
4. Promyshlennaja pererabotka, kormovye dobavki, produkty pitaniya / F.F. Adamen', V.I. Sichkar', V.N. Pis'menov, V.V. Sherstobitov. – K.: Nora-print, 1999. – 332 s.
5. Studencova N.A. Biologicheskie i tehnologicheskie aspekty ispol'zovanija soi pri poluchenii pishhevyh produktov / N.A. Studencova, S.N. Gerasimenko, G.I. Kas'janov // Izv. vuzov. Pishhevaja tehnologija. – 1999. – № 4. – S. 6–9.

#### Совершенствование процесса конвективно-инфракрасной сушки белковых композиций

**Л.В. Стрельченко, И.В. Дубковецкий, И.Ф. Маложик, В.М. Пасечный, И.М. Страшинский, Р.А. Коломиец**

С целью удешевления мясных или мясосодержащих продуктов было предложено применять наполнители в виде белковых композиций растительного и животного происхождения. Нами была проведена конвективно-инфракрасная сушка белковых композиций растительного и животного происхождения. Добавление пищевой добавки в виде комбинации белков различного происхождения предложено с целью сбалансирования химического состава в пищевых продуктах, что позволит снизить себестоимость готового продукта. Особенно уместно применение такой добавки в мясосодержащих продуктах.

**Ключевые слова:** инфракрасная сушка, конвективная сушка, комбинация белковых препаратов, комбинированный метод, облучение, энергозатраты.

*Надійшла 30.04.2015*