

**УДК 664.854**

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

*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

lanovenko2013@list.ru

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

*З метою здешевлення м'ясних або м'ясомістких продуктів було запропоновано застосовувати наповнювачі у вигляді білкових композицій рослинного і тваринного походження. Нами було проведено конвективно-інфрачервоне сушіння білкових композицій рослинного та тваринного походження.*

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

**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 затвердженої 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. При виробництві сушеної продукції використання електроенергії є значним показником, який в кінцевому результаті впливає на собівартість, і відповідно на ціну готового продукту. Завданням нашої роботи було аналіз літературних джерел та розробка оптимального способу сушіння, який буде

відрізнятися від інших більш вищими якісними показниками готового продукту та матиме можливість економії електроенергії.

**Аналіз останніх досліджень.** Для досягнення поставленої задачі було прийнято рішення комбінації двох класичних методів сушіння, таких як конвективний та інфрачервоний. Обидва способи є досить простими у застосуванні, як в обладнанні, так і в технології. Інфрачервоний спосіб сушіння в порівнянні з конвективним є менш енергозатратним, проте під час такого сушіння потрібно робити витримування продукту в сушильній камері для врівноваження вологи. І в даному випадку цей факт відіграє негативну роль для продукту, в якому в цей час відбуваються фізико-хімічні процеси, в тому числі і окислювальні, які є необоротними. Таким чином при комбінації цих двох способів ми усуваємо такий значний недолік як витримування продукту, тому що при конвективному способі повітря слугує вологовідведенням.

**Метою даної роботи** було створення оптимального способу сушіння для білкових композицій рослинного та тваринного походження, які в подальшому будуть впроваджені як основа білковмісних наповнювачів для м'ясних і м'ясомісних продуктів.

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

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

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

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

Методом досліджень було обрано поєднання двох класичних методів сушіння - конвективного та інфрачервоного.

**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.** Сушіння проводили комбінованим (конвективним та інфрачервоним) методом з температурою теплоносія 80° С, температура в товщі шару продукту складала близько 100 °С, також з метою економії електроенергії та зменшення часу сушіння в сушарку була введена 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 поєднань 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

<i>№1</i>	<i>№ 2</i>	<i>№ 3</i>	<i>№4</i>	<i>№ 5</i>	<i>№ 6</i>
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
<b><i>Ступінь гідратації</i></b>					
1:5	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5

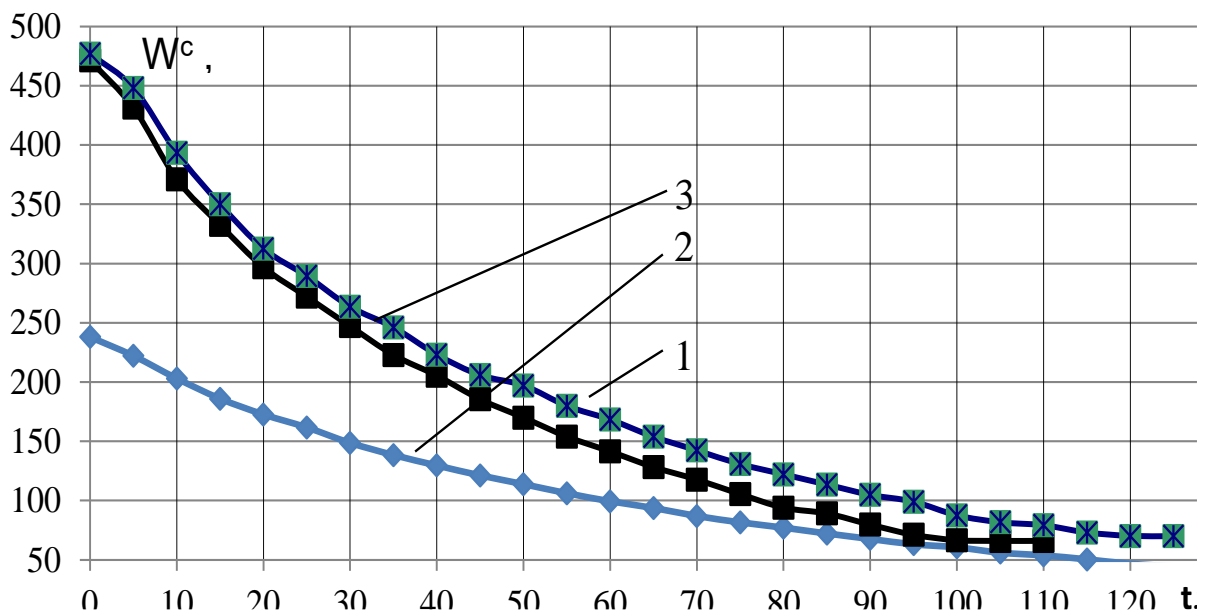
Криві сушіння (*рис. 1*) характеризують зміну інтегрального вологовмісту  $W^c$  залежно від часу. Звідси видно, що видалення вологи для білкових композицій з

різними співвідношеннями відбувається з більшою інтенсивністю для композицій з більшим вмістом рослинних білків (соя ізолят, соя концентрат).

Це викликано різним ступенем гідратації і поглинальною здатністю інфрачервоних променів для білкових композицій, що призводить до різного внутрішнього тепло- і вологоперенесення і механізму впливу і молекулярну структуру тіла при імпульсному нагрів-охолодженні.

З *рисунків 1 та 3* видно, що період прогріву є проте він не значний близько 5 хв. Період сталої швидкості сушіння спостерігається до першої критичної точки.

Для практичності 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;  
Белкотон : Соя (ізолят) 30:70

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

Для білкових композицій Белкотон: соя ізолят:

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

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

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

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 –  $W^c = 422,54 \tau^{-0,015}$  при  $R^2 = 0,99$ ;

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

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

В результаті обробки кривих комбінованого сушіння отримані залежності швидкості сушіння комбінацій білків «Белкотон:соя ізолят» від вологовмісту (рис. 2), що дають змогу проаналізувати динаміку зміни 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.

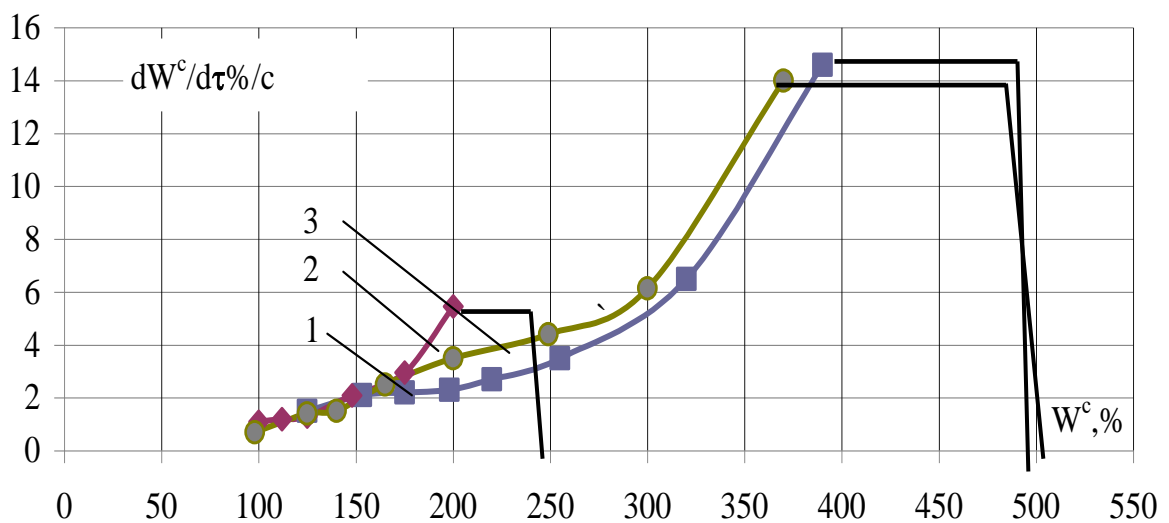


Рис. 2. Криві швидкості сушіння зразків «Белкотон:соя ізолят»:  
1- Белкотон : Соя (ізолят) 50:50; 2- Белкотон: Соя (ізолят) 70:30;  
Белкотон : Соя (ізолят) 30:70

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

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

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

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

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

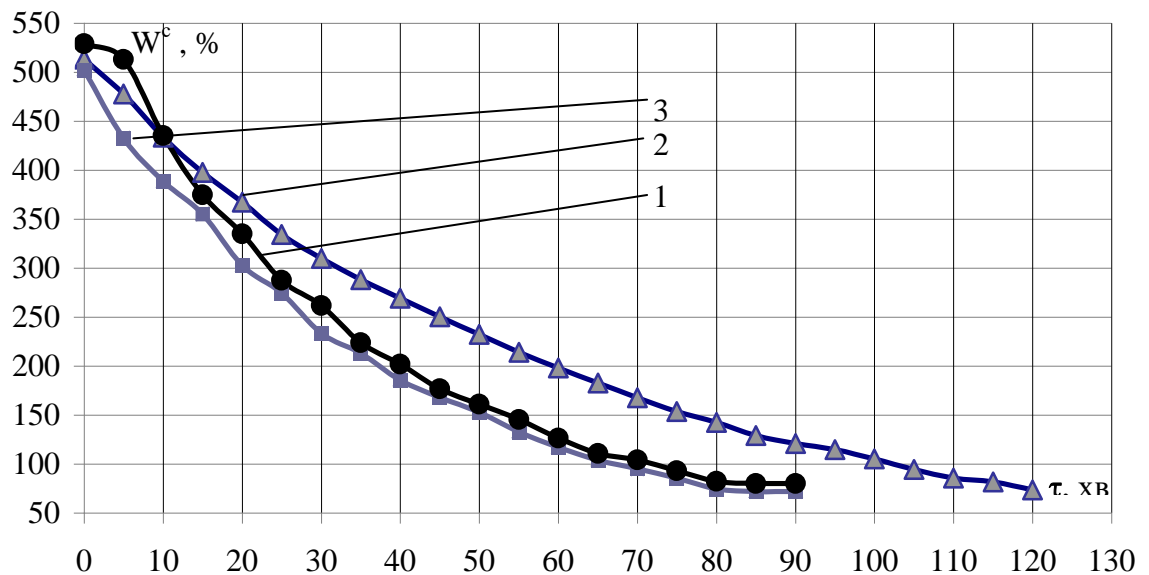


Рис. 3. Криві сушіння зразків «Белкотон:соя концентрат»:  
1- Белкотон : Соя (концентрат)50:50; 2- Белкотон: Соя (концентрат)  
70:30; 3- Белкотон : Соя (концентрат) 30:70

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

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

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

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

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 –  $W^c = 503,34^{-0,022W}$  при  $R^2 = 0,99$ ;

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

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

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

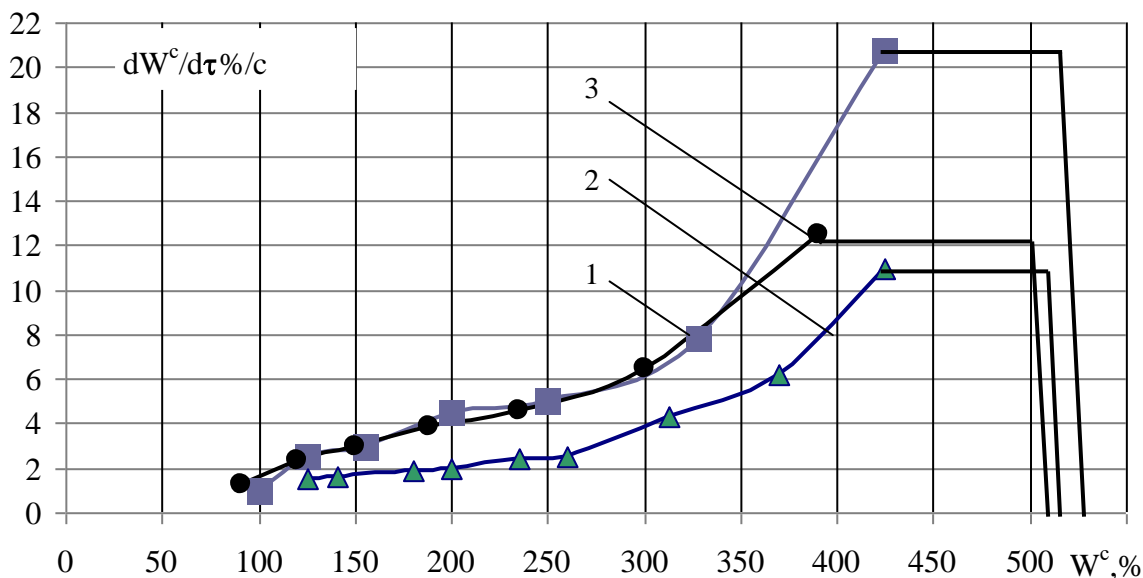


Рис. 4. Криві швидкості сушіння зразків «Белкотон:соя концентрат»: 1- Белкотон : Соя (концентрат)50:50; 2- Белкотон: Соя (концентрат) 70:30; 3- Белкотон : Соя (концентрат) 30:70

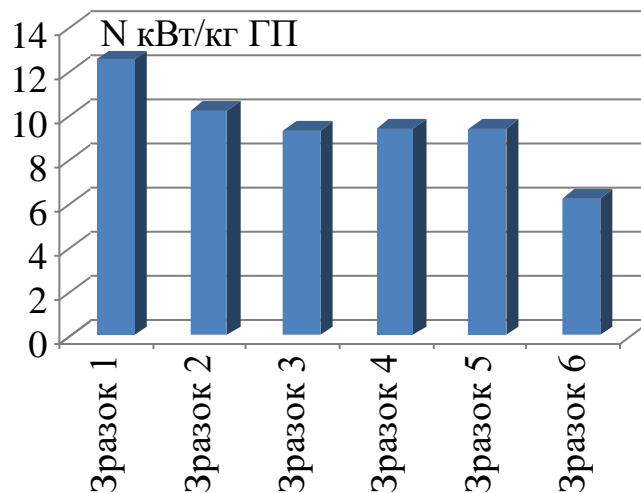
Проаналізувавши другий період комбінованого сушіння вивели апроксимаційні рівняння для всіх зразків «Белкотон:соя концентрат», що підпорядковуються експоненціальному закону:

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

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

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

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:соєа ізолят»; 4-6 – «Белкотон:соєа концентрат»

Дані результати чітко корелюються з властивостями і хімічним складом.

**Висновки.** З метою збалансування хімічного складу в харчових продуктах запропоновано додавання харчової добавки у вигляді комбінації білків різного походження. Ця добавка певним чином може слугувати як замітник основної сировини в невеликих кількостях та як наслідок дозволить знизити собівартість готового продукту. Особливо доречним буде застосування такої добавки в м'ясомістких продуктах.

#### **Список літератури:**

1. Лыков А.В. «Теория сушки». Москва «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». Москва.: Пищевая промышленность, 1966. - 407 с.
4. Адамень Ф.Ф., Сичкаръ В.И., Письменов В.Н., Шерстобитов В.В. «Промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания» / - К.: Изд-во «НОРА-ПРИНТ», 1999.- 332 с. 47
5. Студенцова Н.А., Герасименко С.Н., Касьянов Г.И. «Биологические и технологические аспекты использования сои при получении пищевых продуктов» // Изв. вузов. Пищевая технология. - 1999. - №4. - с. 6-9. 48

**Стрельченко Л.В.** аспирант, **Дубковецкий И.В.** канд. техн. наук, доцент,  
**Малежик И. Ф.** д-р техн. наук, профессор, **Пасечный В. М.** д-р техн. наук,  
**Страшинский И. М.** канд. техн. наук, доцент, **Коломиец Р. А.** магистрант  
*Национальный университет пищевых технологий, г. Киев*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНВЕКТИВНО- ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ БЕЛКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

С целью удешевления мясных или мясомистких продуктов было предложено применять наполнители в виде белковых композиций растительного и животного происхождения. Нами было проведено конвективно-инфракрасная сушка белковых композиций растительного и животного происхождения.

Ключевые слова: инфракрасная сушка, конвективная сушки, комбинация белковых препаратов, комбинированный метод, облучения, энергозатраты.

Strelchenko L.V., Dubkovetskiy I.V., Malezhik I. F., Pasichniy V. M.,  
Strashinsky I. M., Kolomiez R.A.

National University of Food Technologies, Kiev

## **IMPROVEMENT OF CONVECTIVE-INFRARED DRYING THE PROTEIN COMPOSITION**

In order to reduce the cost of meat or meat raw materials products was proposed to use fillers in the form of the protein composition of plant and animal origin. We undertook a convection-infrared drying protein compositions of plant and animal origin.

Convective and infrared methods are fairly simple to use, both in equipment and technology. Infrared drying method in comparison with the convective less energy-intensive, however, during this drying of the product should be done in the exposure chamber for drying moisture equilibration. And in this case, this fact plays a negative role in the product, which at this time there are physical and chemical processes, including oxidation, which is irreversible. Thus a combination of these two methods we eliminate this considerable drawback as seasoning product, since the convective process air moisture removal is.

With regard to the selection of raw materials, the chosen protein preparation of animal origin "Belkoton" and two samples of the plant - "Soy II» and «Soy I". It was further conducted combination of these proteins with each other and obtained 6 prototypes. Samples 1-3 is a combination of "Belkoton soy II» and samples 4-6 "Belkoton: soy I" on with concentrations 50:50; 70:30; 30:70.

Belkoton incorporates complex gidrokoloidiv geloutvoryuyuchih and animal proteins, because film forming process is slow drying of combined functional and technological characteristics, soy isolate, has a lower capacity for gelling, soy concentrate, and has less ability to function and executes geloutvorenniya teksturoformuyuchogo or emulsifying excipient consisting myasomisktih meat

and products. Soy Protein I and II were the soy concentrate and isolate having a protein content under 70 and 92%.

Drying curves were constructed for drying and drying rate curves, the approximation equation is also derived for the drying curves for first and second periods. A drying rate curves for the approximation of the equation for the second period respectively. Judging by the drying curves observed dependence of fast drying sample is dominated by the concentration of plant proteins.

In terms of power consumption per 1 kg of the finished product it can be concluded that the higher energy costs for drying the samples went 1-3 "Belkoton soy isolate", in particular such №1 to 50:50, and among samples 4-6 "Belkoton soy concentrate, "low cost sample № 6 ratio 30:70.

The use of these animal proteins can reduce the cost of production and increase its output. Therefore, the work is aimed particularly for meat products, because the use of such protein compositions of this additive in a certain way can serve as a substitute for the main raw material in small amounts. Another advantage of using such an additive can balance the chemical composition in foods.

Keywords: infrared drying, convective drying, the combination of protein drugs, combined method, radiation energy.

З метою здешевлення м'ясних або м'ясомістких продуктів було запропоновано застосовувати наповнювачі у вигляді білкових композицій рослинного і тваринного походження. Нами було проведено конвективно-інфрачервоне сушіння білкових композицій рослинного та тваринного походження.

Конвективний та інфрачервоний способи є досить простими у застосуванні, як в обладнанні, так і в технології. Інфрачервоний спосіб сушіння в порівнянні з конвективним є менш енергозатратним, проте під час такого сушіння потрібно робити витримування продукту в сушильній камері для врівноваження вологи. І в даному випадку цей факт відіграє негативну роль для продукту, в якому в цей час відбуваються фізико-хімічні процеси, втому числі і окислювальні, які є необоротними. Таким чином при комбінації цих двох способів ми усуваємо такий значний недолік як витримування продукту, тому що при конвективному способі повітря слугує вологовідведенням.

Що стосується вибору сировини, то було обрано білковий препарат тваринного походження «Белкотон» та два зразки рослинного – «Соя II» та «Соя I». Далі було проведено поєднання цих білків між собою і отримано 6 дослідних зразків. Зразки 1-3 це поєднання «Белкотон:соя II» та зразки 4-6 «Белкотон:соя I» відповідно з концентраціями 50:50; 70:30; 30:70.

Белкотон має в своєму складі комплекс гідроколоїдів і тваринних гелюутворюючих білків, які завдяки плівкоутворенню сповільнюють процес сушіння комбінованих функціонально-технологічних характеристик, соя ізолят, має меншу здатність до гелеутворення, соєвий концентрат, також має меншу здатність до гелюутворення та виконує функцію текстуроформуєчого і емульгуючого наповнювача в складі м'ясних і м'ясомістких продуктів.

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

В результаті сушіння були побудовані криві сушіння та криві швидкості сушіння, також виведені апроксимаційні рівняння для кривих сушіння по першому та другому періоду. А для кривих швидкості сушіння апроксимаційні рівняння для другого періоду відповідно. Судячи з кривих сушіння спостерігалась залежність швидшого сушіння для зразків в яких переважала концентрація рослинних білків.

По показникам витрати електроенергії на 1 кг готового продукту можна зробити висновок про те, що вищі затрати енергії пішли на сушіння зразків 1-3 «Белкотон:соя ізолят», зокрема на зразок №1 зі співвідношенням 50:50, а серед зразків 4-6 «Белкотон:соя концентрат», найнижчі затрати для зразка №6 зі співвідношенням 30:70.

Застосування даних тваринних білків дозволяє знизити собівартість продукції і збільшити її вихід. Тому робота націлена зокрема на м'ясні вироби, адже використання таких білкових композицій ця добавка певним чином може слугувати як замітник основної сировини в невеликих кількостях. Ще однією перевагою застосування такої добавки є можливість збалансування хімічного складу в харчових продуктах.

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