

УДК 637.5(075.8)

INVESTIGATION PROBLEM OF HEAT-MASS TRANSFER IN INSTALLED RIPENING AND DRYING PROCESSES RAW-SMOKED SAUSAGES

I. Oshchypok*Lviv University of Trade and Economics***Key words:**

sausage,
raw smoked,
task,
thermal-masoperenos,
drying

Article history:

Received 04.03.2021

Received in revised form
10.05.2021

Accepted 02.06.2021

Corresponding author:

him1960@ukr.net

ABSTRACT

The problem of possibility of regulation of technological process by purposeful use of a complex of functional ingredients in combination with processes of heat and mass transfer is investigated in the article. The perspective direction of production of high-quality, safe for consumption of food products on the basis of introduction of biotechnological methods in the meat industry connected with creation of new technological decisions, production of raw smoked sausages which are based on effective use of bacterial starting cultures, producing enzymes and other additives is found out. which allows you to lower the pH, accelerates the process of color formation and has a stabilizing effect on the consistency of the finished product, depending on the drying process of sausages. Different types of dried sausages, in production, require the availability of appropriate raw materials, spices, a certain diameter and type of shells, the degree of grinding of raw meat, which are the limit conditions when considering the problem of heat and mass transfer. The classification of methods of intensification of sausage maturation is given. The issues of ensuring, during almost the entire drying period of sausages, complex physicochemical and biochemical changes caused by tissue enzymes and microorganisms (sausage ripening) with the duration of drying to ensure uniform drying of the entire volume of sausages. To ensure the appropriate thermo-moisture parameters of drying with the possibility of controlling this process, we considered the solution of the problem of analytical drying theory, a process which is a typical non-stationary process of heat and mass transfer and is reduced to solving a system of differential equations. As in production conditions to maintain necessary temperatures and relative humidity of air, on all volume of the drying chamber it is extremely difficult as air movement in dryers is considerable only near air ducts and speed of drying of sausages in the middle of the chamber (stagnant zones) is many times behind. from the speed of drying of sausages located near the windows of air ducts, and the supply and unloading of the product is uneven, the thermal parameters of the batches of sausages loaded into the drying chamber differ from the same parameters of sausages that are already in it. To take into account such conditions, a solution of the problem without initial conditions is proposed, which is based on an integral image and a theorem on the unity of the solution of a mixed problem.

DOI: 10.24263/2225-2916-2021-29-6

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В УСТАЛЕНИХ ПРОЦЕСАХ ДОЗРІВАННЯ І СУШІННЯ СИРОКОПЧЕНИХ КОВБАС

І. М. Ощипок, д-р техн. наук

Львівський торговельно-економічний університет

У статті досліджена задача можливості регулювання технологічного процесу шляхом цілеспрямованого використання комплексу функціональних інгредієнтів у поєднанні з процесами тепломасоперееносу. Висвітлено перспективний напрямок виробництва високоякісних, безпечних для вживання харчових продуктів на основі впровадження біотехнологічних методів у м'ясній промисловості, пов'язаних зі створенням нових технологічних рішень виготовлення сирокоччених ковбас, які ґрунтуються на ефективному використанні бактеріальних стартових культур, продукуючих ферментів та інших добавок. Це дає змогу знизити рН, прискорює процес кольороутворення і має стабілізуючу дію на консистенцію готового продукту залежно від ходу сушіння ковбас. Вивчені питання забезпечення протягом майже всього періоду сушіння ковбасних виробів складних фізико-хімічних і біохімічних змін, що викликаються тканинними ферментами і мікроорганізмами (дозрівання ковбас) з тривалістю сушіння для забезпечення рівномірного просушування всього об'єму ковбас.

Ключові слова: ковбаса, сирокоччена, задача, термо- і масопереенос, сушіння.

Постановка проблеми. Виробництво сирокоччених ковбас відноситься до найбільш складних технологій м'ясних виробництв і вимагає високого професійного вміння та великого досвіду. Як відомо, брак при їх виробництві щорічно приводить до значних фінансових втрат і додаткових затрат на м'ясопереробних підприємствах. При виробництві сирокоччених ковбас особливу увагу звертають на набір м'ясної сировини і прянощів, діаметр і вид оболонки, які використовуватимуть, ступінь подрібнення м'ясної сировини, кількість добавок, які можуть регулювати процес дозрівання: від прискореного до помірного чи повільного. Виготовлення різних видів ковбас залежить від багатьох факторів: наявності та стану обладнання, площ, сировини, спецій і добавок, уподобань споживачів тощо. Оскільки дозрівання сирокочченої ковбаси керується бактеріями, вирішальним моментом на виробництві є гранична гігієна, яка починається вже при відборі м'яса. Проте після осаджування батони сиров'ялених ковбас сушать у сушарках за температури 10—12°C, відносній вологості повітря 80—86% і швидкості його циркуляції 0,06—0,1 м/с протягом 6—7 діб. Потім відносну вологість повітря знижують до 76—78% і сушать ще 26—30 діб за швидкості повітря 0,06 м/с до досягнення стандартної вологості продукту 28—38%.

Сучасний етап розвитку технологій м'ясних виробництв характеризується використанням усе більшої кількості нової сировини, різних функціональних інгредієнтів і технологічних добавок, композитних пакувальних і контактуючих із продукцією матеріалів, технологічних рішень. Удосконалення технологій виробництва сирокоччених ковбас досліджували: О. Н. Аніскевич, В. В. Власенко, С. В. Крижак, А. А. Нестеренко, А. М. Патієва, Н. М. Ільїна, В. В. Прянішніков, А. В. Ільятков та ін. Використання біологічно активних препаратів на основі продуктів життєдіяльності мікроорганізмів є одним із шляхів інтенсифікації виробництва м'ясних продуктів, особливо при створенні нових високоякісних видів, таких як сирокоччені,

сиров'ялені та інші вироби. Успіх цього підходу залежить передусім від штамів, що мають здатність інтенсифікувати терміни виготовлення виробів, поліпшують їх смакоароматичні та інші показники якості, а також забезпечують безпеку продукції для споживача в оптимізованих процесах сушіння.

Необхідні додаткові дослідження залежності фізико-хімічних, структурно-механічних, органолептичних показників готового продукту і інтенсифікації процесу виробництва від кількості різних введених рецептурних добавок у технології сирокоччених ковбас і ведення технологічного процесу дозрівання та сушіння. Розглянуті питання моделювання теплотехнологічних процесів при виробництві ковбас наведені в працях[1—8].

Мета дослідження: вивчення питання можливостей регулювання технологічного процесу шляхом цілеспрямованого використання комплексу функціональних інгредієнтів у поєднанні з процесами тепломасопереносу. Одним із перспективних напрямів виробництва високоякісних безпечних для вживання харчових продуктів є реалізація біотехнологічних методів у м'ясній промисловості, яка пов'язана зі створенням нових технологічних рішень виготовлення продукції, що ґрунтуються на ефективному використанні бактеріальних стартових культур, продукуючих ферментів та інших добавок, які дають змогу знизити рН, прискорюють процес кольорування і стабілізуючу консистенцію готового продукту залежно від ходу сушіння ковбас.

Матеріали і методи. Сушіння здійснюється шляхом зниження вологості і збільшення відносного вмісту кухонної солі і копильних речовин у м'ясопродукті, підвищуючи їх стійкість до дії гнильної мікрофлори. Крім того, збільшується вміст сухих поживних речовин в одиниці маси готового продукту, поліпшуються умови його зберігання й транспортування. Якщо при зневодненні варено-копчених ковбас процес не ускладнюється якимись супутніми явищами, крім деяких втрат копильних речовин у навколишнє середовище, то при всій зовнішній простоті сушіння сирих (сирокоччених, сиров'ялених) ковбасних виробів протягом майже всього періоду сушіння в продукті відбуваються складні фізико-хімічні та біохімічні зміни, що викликаються тканинними ферментами і мікроорганізмами (дозрівання ковбас), а тривалість сушіння із забезпеченням рівномірного просушування всього об'єму ковбас відіграє вирішальну роль. При цьому спостерігається руйнування первинної клітинної структури м'язової тканини й утворення однорідної, монолітної структури, властивої готовому виробу. Розв'язок задачі тепло масопереносу при описаних умовах відіграє важливу роль.

Результати дослідження. Монолітна структура, властива готовому продукту, починає формуватися з моменту наповнення фаршем оболонки і відбувається в період осадження, копчення й сушіння продукту. Умови цього процесу, які змінюються протягом цих технологічних стадій, істотно впливають на специфіку формування структури. При зневодненні на основі конденсаційних зв'язків утворюється просторовий структурний каркас унаслідок агрегування білків, які виходять зі структури волокон у зовнішнє середовище в результаті їх механічного та ферментативного руйнування.

Отримання температурного градієнта при осцилюючому процесі сушіння, однаково спрямованого з вологим, можливе при неізотермічному веденні процесу, коли температура повітря в камері циклічно змінюється з більшої на меншу. Можливе також отримання температурного градієнта, однаково спрямованого з вологим, при

постійній температурі повітря в сушильній камері та внаслідок вибіркового циклічного нагріву продукту енергією надвисоких частот.

Класифікацію методів інтенсифікації дозрівання ковбас наведено на рис. 1.



Рис. 1. Класифікація методів інтенсифікації дозрівання ковбас

Для полегшення проникнення вологи через ковбасну оболонку, що має обмежену паропроникність і прилеглий до неї ущільнений шар продукту, доцільно використовувати сушіння у вакуумі, що дає змогу створити перепад парціального тиску водяної пари по обидва боки ущільненого зовнішнього шару і ковбасної оболонки.

У сушильних камерах великої місткості ковбасу розміщують на багаторушних вішалах. Необхідний режим сушіння забезпечують кондиціонерами. Для контролю режиму сушіння в камері встановлюють термометри і психрометри або термографи та гігрографи. Для цих сушарок характерна нерівномірність волого-температурного режиму по їх об'єму і необхідність перевішування продукції в період сушіння, що пов'язане з непродуктивними затратами праці. Сушать ковбасу без попереднього копчення. Між батонами залишають проміжки, достатні для вільної циркуляції повітря. Відстань між ярусами 0,6 м, від підлоги до нижнього ярусу — 1,2 м, від верхнього ярусу до стелі — 0,2—0,4 м. Вимірювання, показали, що температура в сушильній камері коливається в межах +10 .. + 19°C, а відносна вологість повітря від 44 до 90%. Різниця вологості по висоті досягає 10% і більше.

Забезпечення відповідних термовологісних параметрів сушіння з можливістю контролю цього процесу розглянемо на основі розв'язку задачі аналітичної теорії сушіння. Типовий нестационарний процес тепло- і масопереносу в математичному формулюванні зводиться до розв'язку системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial \theta_{\ell}}{\partial \tau} = \sum_{k=1}^2 K_{\ell k} \Delta^2 \theta_k, (\ell = 1, 2) \quad (1)$$

при таких початкових і граничних умовах:

$$\theta_{\ell}(x, y, \tau_0) = f_{\ell}(x, y) \quad (0 < x < L; -\infty < y < \infty); \quad (2)$$

$$\left[\frac{\partial \theta_\ell}{\partial x} + \sum_{k=1}^2 (\gamma_{\ell k})_0 \theta_k \right]_{x=0} = \phi_\ell (y_0 \tau); \quad (3)$$

$$\left[\frac{\partial \theta_\ell}{\partial x} + \sum_{k=1}^2 (\gamma_{\ell k})_L \theta_k \right]_{x=L} = \psi_\ell (y, \tau); \quad (4)$$

де $(\gamma_{\ell k})_0, (\gamma_{\ell k})_L, \phi_\ell, \psi_\ell, f_\ell, (\ell=1, 2)$ — обмежені, неперервні функції (перші дві є коефіцієнтами тепло- і масообміну м'ясних виробів з навколишнім середовищем);

$\Delta^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ — оператор Лапласа; $K_{\ell k} = \text{const}$ задовольняють нерівності:

$K_{11} > 0; K_{22} > 0; K_{11}K_{22} - K_{12}K_{21} > 0$; τ, θ_1, θ_2 — відповідно час, температура і потенціал масопереносу.

Якщо процес дозрівання і сушіння вивчаємо в момент достатньо віддалений від початкового впливу, первинні умови практично не впливають на його стан, тому ними можна знехтувати. Розглянемо задачу про знаходження розв'язків системи (1), які будуть задовольняти умови (3), (4), задані для всіх $\tau \rightarrow \infty$. Тому для усталеного процесу дозрівання і сушіння, певна річ, виникає задача без початкових умов

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta_\ell}{\partial \tau} &= \sum_{k=1}^2 K_{\ell k} \Delta^2 \theta_k, \quad (\ell=1, 2) \\ \left[\frac{\partial \theta_\ell}{\partial x} + \sum_{k=1}^2 (\gamma_{\ell k})_0 \theta_k \right]_{x=0} &= \phi_\ell (y, \tau) \\ \left[\frac{\partial \theta_\ell}{\partial x} + \sum_{k=1}^2 (\gamma_{\ell k})_L \theta_k \right]_{x=L} &= \psi_\ell (y, \tau). \end{aligned} \quad (5)$$

Для розв'язку задачі без початкових умов застосовуємо метод А. М. Тихонова, в основі якого лежить інтегральне зображення і теорема про єдиність розв'язку змішаної задачі. Використаємо інтегральне зображення розв'язку задачі (5), отримане [А. М. Тихонов та В. Я. Арсенін, 1986]:

$$\begin{aligned} \theta_\ell (x, y, \tau) &= \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{\ell m}^k \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} f_k (\alpha, \beta) G_m (x - \alpha, y - \beta; \tau - \tau_0) d\beta + \\ &+ 2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=2}^2 A_{\ell m}^k \mu_m^2 \int_{\tau_0}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} \omega_k^{(1)} (\beta, \tau^*) \times \\ &\times G_m (x - \alpha, y - \beta; \tau - \tau^*) d\beta + \\ &+ 2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{\ell m}^k \mu_m^2 \int_{\tau_0}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} \omega_k^{(2)} (\beta, \tau^*) G_m (L - x, (y - \beta); (\tau - \tau^*)) d\beta, \end{aligned} \quad (6)$$

де G_m — зміна тепломасопереносу залежна від зовнішніх факторів

$$G_m (x - \alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) = \frac{1}{4\pi\mu_m^2 (\tau - \tau_0)} \exp \left[-\frac{(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2}{4\mu_m^2 (\tau - \tau_0)} \right];$$

τ^* — температура усталеного тепло- і масопереносу;

$\alpha_k (\alpha, \beta)$ — функція усталених зовнішніх факторів тепло-і масопереносу, а функція $\omega_k^{(i)} (i=1, 2)$ є розв'язком системи інтегральних рівнянь:

$$\omega_{\ell}^{(1)}(y, \tau) = \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 \int_{\tau_0}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} R_{\ell m}^{(k)}(y, \tau^0, \beta, \tau^*) d\beta + F_{\ell}^{(1)}(y, \tau, \tau_0);$$

$$\omega_{\ell}^{(2)}(y, \tau) = \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 \int_{\tau_0}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} H_{\ell m}^k(y, \tau; \beta, \tau^*) \omega_m^{(k)}(\beta, \tau^*) d\beta + F_{\ell}^{(2)}(y, \tau, \tau_0). \quad (7)$$

Тут $R_{\ell m}^{(k)}(y, \tau; \beta, \tau^*)$, $H_{\ell m}^{(k)}(y, \tau; \beta, \tau^*)$ є функціями впливу і визначаються формулами:

$$R_{\ell m}^{(1)} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (\gamma_{\ell k})_0 A_{ki}^m G_m(0, y - \beta, \tau - \tau^*);$$

$$R_{\ell m}^{(2)} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 (\gamma_{\ell k})_0 A_{ki}^m G_m(L, y - \beta, \tau - \tau^*) + \sum_{i=1}^2 A_{li}^m \frac{L}{\tau - \tau^*} G_m(L, y - \beta, \tau - \tau^*);$$

$$H_{\ell m}^{(1)} = -\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 A_{ki}^m (\gamma_{\ell k})_L G_m(L, y - \beta, \tau - \tau^*) + \sum_{i=1}^2 A_{li}^m \frac{L}{\tau - \tau^*} G_m(L, y - \beta, \tau - \tau^*);$$

$$H_{\ell m}^{(2)} = -\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 A_{ki}^m (\gamma_{\ell k})_L G_m(L, y - \beta, \tau - \tau^*);$$

Крім цього,

$$F_L^{(1)}(y, \tau, \tau_0) = \phi_{\ell}(y, \tau) + \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^2 \sum_{m=1}^2 (\gamma_{\ell i})_0 A_{im}^k \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} f_k(\alpha, \beta) \times$$

$$\times G_m(\alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta + \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{lm}^k + \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f_k(\alpha, \beta) \alpha}{2\mu_m^2(\tau - \tau_0)} G_m(\alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta;$$

$$F_{\ell}^{(2)}(y, \tau, \tau_0) = \psi_{\ell}(y, \tau) - \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 (\gamma_{\ell i})_L A_{im}^k \int_L^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} f_k(\alpha, \beta) \times$$

$$\times G_m(\alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta +$$

$$+ \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{\ell m}^k \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f_k(\alpha, \beta)(L - \alpha)}{2\mu_m^2(\tau - \tau_0)} \times G_m(\alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta.$$

Константи тепло- і масопереносу $A_{\ell m}^k$, які входять у ці формули, можна виразити через корені μ_m^2 рівняння:

$$(K_{11} - \mu_m^2)(K_{22} - \mu_m^2) - K_{12}K_{21} = 0.$$

Доведемо, що розв'язок $\theta_{\ell}(x, y, \tau)$ задачі без початкових умов (5) має такі інтегральні зображення:

$$\theta_{\ell}(x, y, \tau) =$$

$$= 2 \sum_{\ell=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{\ell m}^k \mu_m^2 \int_{-\infty}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} \left[\omega_k^{(1)}(\beta, \tau^*) G_m(x, y - \beta); (\tau - \tau^*) + \omega_k^{(2)}(\beta, \tau^*) G_m(L - x, y - \beta, \tau - \tau^*) \right] \times (8)$$

$$\times d\beta,$$

де $\omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)}$ — функції, які визначимо із системи інтегральних рівнянь (9). Для цього покажемо, що перший доданок у (6), який позначимо через I , прямує до нуля при $\tau_0 \rightarrow -\infty$.

Оскільки $\left| f_k(x, y) \right| \leq M = \text{const}$, то, оцінюючи I , отримаємо

$$|I| = \left| \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 A_{\ell m}^k \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} f_k(\alpha, \beta) G_m(x - \alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta \right| \leq M \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 \left| A_{\ell m}^k \right| \int_0^L d\alpha \int_{-\infty}^{\infty} G_m(x - \alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) d\beta.$$

Оскільки

$$G_m(x - \alpha, y - \beta, \tau - \tau_0) = \frac{1}{4\pi\mu_m^2(\tau - \tau_0)} \exp \left[-\frac{(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2}{4\mu_m^2(\tau - \tau_0)} \right] \xrightarrow{\tau_0 \rightarrow -\infty} 0,$$

то $\lim I = 0$, в результаті цього з (6) випливає рівняння (8). Система інтегральних рівнянь для функцій $\omega_l^{(1)}, \omega_l^{(2)}$ у (8) отримуємо із системи (7) за допомогою граничного переходу при $\tau_0 \rightarrow -\infty$, яка має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \omega_{\ell}^{(1)}(y, \tau) &= \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 \int_{-\infty}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} R_{\ell m}^{(k)}(y, \tau; \beta, \tau^*) \omega_m^{(k)}(\beta, \tau^*) d\beta + \\ &+ \Phi_{\ell}(y; \tau) \\ \omega_{\ell}^{(2)}(y, \tau) &= \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 \int_{-\infty}^{\tau} d\tau^* \int_{-\infty}^{\infty} H_{\ell m}^{(k)}(y, \tau; \beta, \tau^*) \omega_m^{(k)}(\beta, \tau^*) d\beta + \\ &+ \Psi_{\ell}(y, \tau) \end{aligned} \quad (9)$$

Розв'язок цієї системи встановлюється методом послідовних наближень.

Оскільки математична модель тепло- і масопереносу відображає зміну потенціалів зовнішнього середовища у своїх граничних умовах, то розглянута задача має практичне значення при вивченні технологічних процесів сушіння сировокопчених ковбасних виробів.

Враховуючи особливості сушіння сировокопчених ковбас на рамі для розрахунку тривалості процесу, на кожний ступінь режиму сушіння запропонуємо таку формулу:

$$\tau_{1...n} = c_{\tau} \frac{78 \cdot S_1^{1,85}}{a' \cdot 10^6} \cdot \bar{C} \cdot A_p \cdot \lg \left(\frac{W_n - W_p}{W_k - W_p} \right), \text{ год} \quad (10)$$

де c_{τ} — коефіцієнт, який враховує вплив розміру ковбасних виробів (для ковбасних виробів не значних товщин $c_{\tau} = 1$); a' — коефіцієнт вологопровідності сировокопчених ковбас, $\text{см}^2/\text{с}$; $\bar{C}$ — середній коефіцієнт сповільнення процесу сушіння на рамі; A_p — коефіцієнт, який враховує реверсивність циркуляції агента сушіння на рамі, для реверсивного $A_p = 1$, для нереверсивного — $A_p = 1,1$; W_n, W_k, W_p — відповідно, початкова, кінцева і рівноважна вологість сировокопчених ковбас на кожній із ступенів режиму сушіння; S_1 — товщина або діаметр ковбасного виробу, мм.

Висновки. Вивчене питання регулювання технологічного процесу сушіння сировокопчених ковбас з використанням комплексу функціональних інгредієнтів у поєднанні з процесами тепломасопереносу, шляхом розв'язку задачі без початкових умов і аналітичної теорії сушіння, процес якого є типовим нестационарним процесом тепло- і масопереносу. Математичне формулювання цієї задачі зводиться до розв'язку системи розглянутих диференціальних рівнянь.

Однією з умов перспективного виробництва високоякісних безпечних для вживання харчових продуктів є реалізація біотехнологічних методів у м'ясній промисловості, які пов'язані зі створенням нових технологічних рішень виготовлення сировокопчених ковбас і ґрунтуються на ефективному використанні бактеріальних стартових культур, що продукують ферменти та інші добавки, які дають змогу знизити рН, прискорити процес кольороутворення і стабілізації консистенції залежно від умов забезпечення процесу сушіння ковбас.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bakalis S. Modelling thermal processes: heating / Bakalis S., Cox P. W., Fryer P. J. // Food Process Modelling. — 2001. — P. 340—364.
2. Heavy leathers: preparation and drying methods / Jones Colin// World Leather. — 1999. — 12, № 2. S. 75—76, 79—80.
3. Tornberg E. Effects of heat on meat proteins — Implications on structure and quality of meat products / Tornberg E. // Meat Science. — 2005. — Volume 70, Issue 3. — P. 493—508.
4. Ощипок І. М. Модель процесу тепломасопереносу при конвективному сушінні м'ясних виробів. / І. М. Ощипок // Наукові праці ОНАХТ. Т.83. Вип. 1. Одеса 2019. — С. 147—151.
5. Ощипок І. М. Математичне моделювання дії теплового випромінювання на термічну обробку ковбасних батонів/ І. М. Ощипок//Наукові праці ОНАХТ .Т. 84, випуск 1. Одеса 2020. — С. 42—47.
6. Павелко В. І. Дослідження впливу деяких технологічних факторів на тривалість процесу термічної обробки ковбасних виробів / В. І. Павелко, О. Ю. Соколенко, А. І. Заславський // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2012. — № 45. — С. 31—37.
7. Сажин Б. С. Научные основы техники сушки / Б. С. Сажин, В. Б. Сажин. — М.: Наука, 1997. — 447 с.
8. Солецька А. Д. Оптимізація режимів термічного оброблення варених ковбас / Солецька А. Д.// Харчова наука і технологія. — 2014. — № 3. — С. 73—76.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В УСТАНОВЛЕННЫХ ПРОЦЕССАХ СОЗРЕВАНИЯ И СУШКИ СЫРОКОПЧЕНЫХ КОЛБАС

И. М. Ощипок

Львовский торгово-экономический университет

В статье исследована задача возможности регулирования технологического процесса путем целенаправленного использования комплекса функциональных ингредиентов в сочетании с процессами тепломассопереноса. Предложено перспективное направление производства высококачественных, безопасных для употребления пищевых продуктов на основе внедрения биотехнологических методов в мясной промышленности, связанных с созданием новых технологических решений изготовления сырокопченых колбас, которые основываются на эффективном использовании бактериальных стартовых культур, производящих ферменты и другие добавки, что позволяет снизить рН, ускоряет процесс цветообразования и имеет стабилизирующее действие на консистенцию готового продукта в зависимости от хода сушки колбас. Изучены вопросы обеспечения в течение почти всего периода сушки колбасных изделий сложных физико-химических и биохимических изменений, вызываемых тканевыми ферментами и микроорганизмами (созревание колбас) с продолжительностью сушки для обеспечения равномерного просушивания всего объема колбас.

Ключевые слова: колбаса, сырокопченая, задача, термо- и массоперенос, сушка.