

Sardarov Aziz, Graduate student, Department of Processes, apparatus and automation of food productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Л.В. Кінтелюю.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 664.002.5:640.432

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРИ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ ПІД ЧАС ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРЕННЯ В УМОВАХ СТИСНЕННЯ

О.І. Черевко, В.О. Скрипник, А.Г. Фарісеєв

Досліджено теплопередачу в поверхневому шарі під час другої стадії двостороннього жарення м'яса з великим вмістом сполучної тканини в умовах стиснення. Розраховані коефіцієнт теплопередачі від поверхонь жарення до напівфабрикату, співвідношення між діаметром капіляра і тривалістю циклу випарування, раціональна питома поверхнева потужність поверхонь жарення і тривалість другої стадії процесу.

Ключові слова: жарення, теплопередача, парові прошарки, м'ясо.

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ДВОСТОРОННЕМ ЖАРЕНИИ В УСЛОВИЯХ СЖАТИЯ

А.И. Черевко, В.А. Скрыпник, А.Г. Фарисеев

Исследована теплопередача в поверхностном слое во время второй стадии двустороннего жарения мяса с высоким содержанием соединительной ткани в условиях сжатия. Рассчитаны коэффициент теплопередачи от жарочных поверхностей к полуфабрикату, соотношение между диаметром капилляра и продолжительностью одного цикла испарения, рациональная удельная поверхностная мощность жарочных поверхностей и продолжительность второй стадии процесса.

Ключевые слова: жарение, теплопередача, паровые прослойки, мясо.

HEAT TRANSFER IN THE SURFACE LAYER OF THE MEAT PRODUCTS AT BILATERAL FRYING UNDER CONDITIONS OF COMPRESSION

A. Cherevko, V. Skrypnik, A. Fariseev

We ascertained the mechanism of heat transfer in the surface layers of beef with a high content of connective tissue in the second stage of the process of

bilateral frying under compression conditions. We offered the method of calculation of heat transfer coefficient through steam layers. Using the sound experiment we determined duration of the cycles of evaporation in the menisci of capillaries of different diameters, which amounts from $50 \cdot 10^{-6}$ to $333,3 \cdot 10^{-6}$ s. We detected the distribution of capillaries due to diameters in the surface layer of meat, which amount from $24 \cdot 10^{-6}$ to $160 \cdot 10^{-6}$ m. Actual heat transfer coefficient from one or two frying surfaces to the processed product has been calculated. We ascertained the dependence of heat transfer coefficient from the specific surface power of frying surfaces. We theoretically calculated duration of the process, which fully coincides with the real duration of the frying process.

Keywords: *frying, heat transfer, steam layers, meat.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Двостороннє жарення м'яса є нестационарним тепловим процесом, кінцевою метою якого є отримання готового продукту з певними органолептичними властивостями і який супроводжується складним перенесенням теплоти в поверхневому шарі через наявність випарування води, яка міститься в м'ясі.

Процеси кипіння і випаровування є досить розповсюдженими і мають достатню теоретичну основу, але передача теплоти через парові прошарки потребує додаткового вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Двостороннє жарення яловичини з високим вмістом сполучної тканини (ВВСТ) в умовах стиснення, на відміну від традиційного, має певні особливості через постійне виведення рідини в поверхневі шари, що позитивно впливає на якість і безпечність готових виробів. Через таку організацію процесу жарення і його незначну тривалість відсутні умови утворення гетероциклічних амінів [1] у скоринках просмажування.

У дослідженні [2] автори запропонували поділ процесу двостороннього жарення м'яса з ВВСТ в умовах стиснення на три основних стадії. Перша – стадія прогрівання незначної частини поверхневих шарів напівфабрикату до температури випарування води – є нетривалою в часі й відбувається майже миттєво. Під час першої стадії відбувається різке зменшення температури поверхонь жарення над і під напівфабрикатом. Друга стадія є основною в процесі жарення з точки зору необхідних енергетичних витрат, під час якої передача теплоти в поверхневих шарах виробу здійснюється через парові прошарки і завершується при температурі в центрі напівфабрикату близько $65 \dots 70^{\circ}\text{C}$, коли м'ясо починаючи з в'язко-пластичних набуває властивостей, притаманних твердому тілу, через закінчення теплових перетворень білків, що входять до його складу. Тривалістю третьої стадії можна регулювати органолептичні властивості готового виробу:

збільшуючи її, можна досягати більшого ступеня просмажуваності поверхневих шарів. Вихід готового продукту більшою мірою залежить від тривалості третьої стадії, оскільки кулінарна готовність, за даними автора [3], настає при 82...84°C у центрі виробів із яловичини. Перевищення температури в центрі понад зазначені норми призводить до значного зменшення виходу готового продукту [4].

Мета статті – визначення величини коефіцієнта теплопередачі до напівфабрикату з м'яса з ВВСТ у процесі двостороннього жарення в умовах стиснення під час другої стадії жарення.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженні [5] автори довели, що в м'ясі під час жарення внаслідок стиснення з певним зусиллям припиняється виникнення потоку речовини, а всі капіляри і пори заповнюються рідиною. Існування такого граничного тиску для м'яса підтверджується автором [6]. Збільшення тиску p від атмосферного до граничного p_{2p} впливає на коефіцієнт теплопровідності самого м'яса λ_m , наближуючи його значення до коефіцієнта теплопровідності рідини (м'ясного соку) λ_p Вт/(м²·оС) [7]:

$$\lambda_m = \lambda_{m0} + (\lambda_p - \lambda_{m0}) \cdot p/p_{2p}, \quad (1)$$

де λ_{m0} – теплопровідність м'яса за атмосферного тиску.

Пояснити суть процесів, які відбуваються в меніску кожного з капілярів м'яса з ВВСТ під час двостороннього жарення в умовах стиснення в ході другої стадії, досить зручно можна за допомогою T - S -діаграми для водяної пари, схему якої наведено на рис. 1.

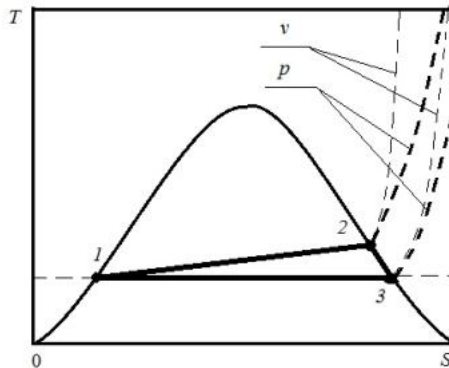


Рис. 1. Схема термодинамічного циклу водяної пари в меніску капіляра в поверхневому шарі виробу під час жарення в T - S -діаграмі

Під час другої стадії в усіх капілярах і порах у верхньому й нижньому поверхневих шарах відбувається випаровування рідини з поверхні менісків з утворенням надлишкового тиску p (на T - S -діаграмі – це процес 1–2). Збільшення тиску в усіх капілярах здійснюється до певної межі, що забезпечується стисненням в умовах нежорсткої фіксації верхньої поверхні жарення відносно нижньої. У разі перевищення цієї межі пара, починаючи з периферійних капілярів, розташованих за периметром напівфабрикату, долає механічний опір каркасу м'яса і проривається в навколишнє середовище (на T - S -діаграмі – це процес 2–3). Скидання пари в навколишнє середовище з периферійних капілярів супроводжується різким зменшенням її тиску, що викликає майже миттєву конденсацію її залишків на поверхнях менісків (на T - S -діаграмі – це процес 3–1): фактично відбувається схлопування менісків капілярів.

Розглянемо процеси, що відбуваються в одному периферійному капілярі на початку 2-ї стадії.

Пара під час фазового перетворення (процес 1–2) у меніску капіляра отримує таку кількість теплоти, Дж:

$$Q_{1-2} = \frac{(i_2 - i_1) \cdot \bar{V}_n}{(v_2 - v_1)},$$

де v_2, v_1 – питомий об'єм пари в точках 2 і 1 циклу, м³/кг;

\bar{V}_n – середній об'єм меніска капіляра в процесі випаровування, м³

$$\bar{V}_n = \pi \cdot d_k^3 / 24,$$

де d_k – діаметр капіляра, м.

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні жарення до рідини на поверхні меніска під час випаровування α_1 дорівнюватиме, Вт/(м²·°C):

$$\alpha_1 = \frac{Q_{1-2}}{F^c \cdot (T_n^c - T_p^c) \cdot \tau_6},$$

де F^c – середньоінтегральна площа поверхні меніска під час випаровування, м²;

$$F^c = \frac{F_{max} - F_{min}}{\ln \frac{F_{max}}{F_{min}}} = 1,1331 \cdot d_k^2;$$

де F_{min} – мінімальна поверхня меніска капіляра, м²;
через виведення рідини в поверхневий шар унаслідок стиснення

$$F_{min} = \pi \cdot d_k^2 / 4;$$

F_{max} – максимальна поверхня меніска капіляра, м²

$$F_{max} = \pi \cdot d_k^2 / 2,$$

де T_n^c – середньоінтегральна температура поверхні жарення протягом процесу 1–2, °С;

T_k^c – середньоінтегральна температура рідини на поверхні меніска протягом процесу 1–2, °С;

τ_g – тривалість випаровування (процесу 1–2).

Рідина поверхні меніска під час конденсації (схлопування) (процес 3–1) в капілярі отримує таку кількість теплоти, Дж:

$$Q_{3-1} = \frac{(i_3 - i_1) \cdot \bar{V}_n}{(v_3 - v_1)},$$

де v_3, v_1 – питомий об'єм пари в точках 3 і 1 циклу, м³/кг,

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до рідини поверхні меніска α_2 дорівнюватиме, Вт/(м²·°С):

$$\alpha_2 = \frac{Q_{3-1}}{F^c \cdot (T_k - T_p) \cdot \tau_k},$$

де T_k – температура пари в меніску протягом процесу 3–1, °С;

T_p – температура рідини поверхні меніска протягом процесу 3–1, °C;

τ_k – тривалість конденсації процесу 3–1.

Коефіцієнт теплопередачі від поверхні жарення до рідини поверхні меніска протягом одного термодинамічного циклу, Вт/(м²·°C), розраховується таким чином:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{F^c \cdot (T_n^c - T_p^c) \cdot \tau_\theta / Q_{1-2}}{F^c \cdot (T_k - T_p) \cdot \tau_k / Q_{3-1}}} =$$

$$= \frac{1}{F^c \cdot \left(\frac{(T_n^c - T_k) \cdot (v_2 - v_1) \cdot \tau_\theta / (i_2 - i_1)}{(T_k - T_p) \cdot (v_3 - v_1) \cdot \tau_k / (i_3 - i_1)} \right) \cdot \bar{V}_n}$$

Після конденсації пари (схлопування меніска) у периферійний капіляр із сусіднього з периферійним меніска проривається пара внаслідок різниці надлишкового тиску. Периферійний меніск унаслідок цього отримує кількість теплоти Q_{2-3} , яка після досягнення надлишкового тиску p унаслідок подальшого випаровування рідини з поверхні меніска транзитом скидається в навколишнє середовище. Таким чином, уже після першого циклу як у периферійному, так і в усіх інших капілярах $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, а коефіцієнт теплопередачі від поверхні жарення до рідини поверхні меніска дорівнюватиме $k = \alpha/2$ або

$$k = \frac{Q_{3-1}}{2 \cdot F^c \cdot (T_n^c - T_p^c) \cdot \tau} = \frac{(i_3 - i_1) \cdot \bar{V}_n}{2 \cdot F^c \cdot (T_n^c - T_p^c) \cdot \tau \cdot (v_3 - v_1)} =$$

$$= \frac{(i_3 - i_1) \cdot \pi \cdot d_k^3}{48 \cdot 1,1331 \cdot d_k^2 \cdot (T_n^c - T_p^c) \cdot (v_3 - v_1) \cdot \tau} = \frac{0,05776 \cdot (i_3 - i_1) \cdot d_k}{(T_n^c - T_p^c) \cdot (v_3 - v_1) \cdot \tau} =$$

$$= \frac{0,05776 \cdot r \cdot d_k}{\Delta \bar{T}^c \cdot \Delta v \cdot \tau}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C);} \quad (2)$$

де r – повна теплота конденсації пари за атмосферного тиску, Дж/кг;

Δv – зміна (зменшення) питомого об'єму пари при повній конденсації за атмосферного тиску, м³/кг;

τ – тривалість термодинамічного циклу, с.

Аналогічні процеси відбуваються в усіх поверхневих менісках капілярів у м'ясі.

М'ясо з ВВСТ за своєю будовою є надзвичайно складною структурою, яка складається з м'язових волокон, об'єднаних у первинні пучки, які у свою чергу об'єднані в більші пучки і т.д., причому проміжки між ними мають у своєму складі істотні прошарки сполучної тканини і заповнені рідиною з огляду на це діаметри різних капілярів повинні змінюватись у широких межах. Так, діаметр м'язового волокна може становити $45 \dots 60 \cdot 10^{-6}$ м [8], що залежить від виду м'язів, віку, статі худоби, умов її харчування, напування, зберігання та ін. Крім того, існують капіляри між волокнами, первинними пучками тощо, діаметри яких також залежать від способу укладання капілярів та вищезазначених чинників.

Із формули (2) випливає, що коефіцієнт теплопередачі прямопропорційно залежить від співвідношення d_k / τ .

Середньоінтегральна різниця температур $\Delta \bar{T}_c$ (середньоінтегральний температурний напір) у процесі жарення залежить від питомої поверхневої потужності поверхні жарення. Очевидно, що зменшення цієї потужності призведе до зменшення $\Delta \bar{T}_c$, а збільшення до зростання $\Delta \bar{T}_c$. Можна стверджувати, що для забезпечення здійснення термодинамічних циклів під час другої стадії при сталій різниці $\Delta \bar{T}_c$ необхідна питома поверхнева потужність (Вт/м²) складе

$$P_{\text{пит}} = k \cdot \Delta \bar{T}_c = \frac{0,05776 \cdot r \cdot d_k}{\Delta v \cdot \tau}. \quad (3)$$

Якщо відомі питома поверхнева потужність $P_{\text{пит}}$, середньоінтегральна різниця температур $\Delta \bar{T}_c$ і тривалості термодинамічного циклу τ з формули (3), то діаметр капіляра складе, м:

$$d_k = \frac{P_{\text{пит}} \cdot \Delta v \cdot \tau}{0,05776 \cdot r} = \frac{17,3125 \cdot P_{\text{пит}} \cdot \Delta v \cdot \tau}{r}, \quad (4)$$

Безпосередньо визначити тривалість термодинамічного циклу τ в кожному окремому капілярі практично неможливо. Побічно її можна визначити із спектрограми частот звуку під час жарення. Нами був записаний звук під час двостороннього жарення м'яса з ВВСТ під надлишковим тиском $35 \cdot 10^3$ Па при питомій поверхневій потужності кожної поверхні жарення 38000 Вт/м², на цифровий диктофон. Отриманий файл у форматі wav був проаналізований за допомогою програм Fabfilter Pro-Q² і Spectrum Player.

Програма Fabfilter Pro-Q² дозволяє проаналізувати частоту і гучність звуку зі звукових доріжок у цифровому форматі. Програма Spectrum Player дозволяє розкласти звук на частоти не лише в даний момент часу, але і на певному його відрізку. Скріншот спектрограми частот звуку тривалість 10 с процесу двостороннього жарення м'яса з ВВСТ під надлишковим тиском $35 \cdot 10^3$ Па в програмі Fabfilter Pro-Q² наведено на рис. 2.



Рис. 2. Спектрограма звуку під час двостороннього жарення м'яса при граничному тиску на 10 с

Як видно з даних рис. 2, діапазон частот звуку за умов двостороннього жарення м'яса з ВВСТ становить $3 \dots 20$ кГц (жовтою лінією позначено природний фон). Відповідно до цього, тривалість термодинамічних циклів у поверхневих шарах м'яса становить $50 \cdot 10^{-6} \dots 333,3 \cdot 10^{-6}$ с. Згідно з (4) діаметри капілярів у м'ясі з ВВСТ під час двостороннього жарення в умовах стиснення перебувають в межах $24 \cdot 10^{-6} \dots 160 \cdot 10^{-6}$ м. Співвідношення $\frac{d_k}{\tau}$ становило $0,482$ м/с.

Скріншоти розподілу звуку за частотами в процесі двостороннього жарення м'яса з ВВСТ під надлишковим тиском $35 \cdot 10^3$ Па в програмі Spectrum Player наведено на рис. 3.

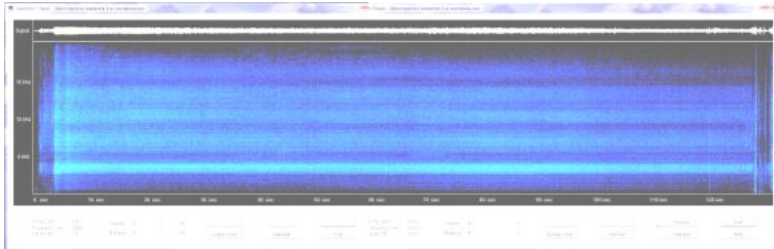


Рис. 3. Скріншоти розподілу звуку за спектром частот у процесі двостороннього жарення м'яса при граничному тиску в програмі Spectrum Player

Як видно з даних рис. 3, звук за спектром частот під час двостороннього жарення розподіляється на п'ять основних піддіапазонів, кГц: 3...4, 6...8, 9...12, 13...14, 16...19, що, очевидно, відповідає п'яти групам за діаметром капілярів, м: $120 \cdot 10^{-6} \dots 160 \cdot 10^{-6}$, $60 \cdot 10^{-6} \dots 80 \cdot 10^{-6}$, $40 \cdot 10^{-6} \dots 54 \cdot 10^{-6}$, $34 \cdot 10^{-6} \dots 37 \cdot 10^{-6}$, $24 \cdot 10^{-6} \dots 30 \cdot 10^{-6}$. Найбільш яскраво вираженим, або масовим, є діапазон 3...4 кГц із діаметром капілярів $120 \cdot 10^{-6} \dots 160 \cdot 10^{-6}$ м, який, очевидно, належить периферійним капілярам міжволоконного простору, заповненим вільною вологою. Найбільш цікавим є 5-й піддіапазон, який зникає після 90–100 с жарення. Це може свідчити про припинення явища схлопування менісків капілярів, тобто завершення другої стадії жарення.

Коефіцієнт теплопередачі за наведених вище умов при середньоінтегральній різниці температур (температурному напорі) $\Delta \bar{T}_c = 8^\circ\text{C}$, співвідношенні $d_k / \tau = 0,482$ м/с, $\Delta v = 1,653$ м³/кг дорівнював $k = 4750$ Вт/(м²·°C). Коефіцієнт тепловіддачі від пари до рідини менісків у кожному з двох поверхневих шарів становив $\alpha_2 = 2 \cdot k = 9600$ Вт/(м²·°C). Відповідно до цього, загальний коефіцієнт тепловіддачі від пари до рідини менісків дорівнював $\alpha_2 = 19200$ Вт/(м²·°C).

Коефіцієнт теплопровідності лопаткового м'язу яловичини (III гатунок невеликої вживаності) при 20°C за атмосферного тиску

становить $\lambda_{m0} = 0,5$ Вт/(м⁰С) [9]; м'ясного соку за тих самих умов – не більше $\lambda_p = 0,54$ Вт/(м⁰С) [10]. В умовах стиснення до надлишкових

$p_{zp} = 35 \cdot 10^3$ Па коефіцієнт теплопровідності м'яса наближається до $\lambda_m = 0,54$ Вт/(м⁰С). В умовах стиснення $\rho = 1100$ кг/м³; $c = 3620$ Дж/(кг⁰С) [9]. Коефіцієнт температуропровідності м'яса в процесі нагрівання до 70⁰С є таким: $a = \frac{0,54}{3620 \cdot 1100} = 13,56 \cdot 10^{-8}$ м²/с.

Критерій Біо становить для першої стадії процесу жарення $Bi = \frac{19200 \cdot 0,00008}{0,54} = 2,84$ де 0,00008 м – радіус найбільшого капіляра в поверхневому шарі м'яса; для подальшого жарення під час другої стадії $Bi = \frac{19200 \cdot 0,0035}{0,54} = 124,44$, де 0,0035 м – напівтовщина м'яса під час жарення.

Тривалість першої стадії жарення від початкової температури м'яса 20⁰С до температури поверхневого шару 101⁰С за товщиною, що дорівнює найбільшому радіусу найбільшого капіляра при $\rho=0$, визначається з такого рівняння [11]:

$$Fo(0) = \frac{1}{12} + \frac{1}{3 \cdot 2,84} - \frac{2}{3 \cdot 2,84^2} \cdot \ln \left[1 + \frac{1}{2} \cdot 2,84 \right] = 0,128.$$

Тоді

$$FoI = \frac{2,84 + 3}{3 \cdot 2,84} \ln \left(\frac{2 \cdot (150 - 20)}{(2,84 + 2) \cdot (109 - 101)} \right) + 0,128 = 1,43.$$

Звідки тривалість першої стадії жарення

$$\tau_I = \frac{1,43 \cdot 0,00008^2}{13,56 \cdot 10^{-8}} = 0,067 \text{ с.}$$

Критерій Фурье для другої стадії [11]

$$Fo(0) = \frac{1}{12} + \frac{1}{3 \cdot 124,44} - \frac{2}{3 \cdot 124,44^2} \cdot \ln \left[1 + \frac{1}{2} \cdot 124,44 \right] = 0,11.$$

$$Fo_{II} = \frac{1}{3} \ln \left(\frac{124,44 \cdot (109 - 101)}{2 \cdot (101 - 70)} \right) + 0,11 = 1,035.$$

Звідки тривалість другої стадії жарення

$$\tau_{II} = \frac{1,035 \cdot 0,0035^2}{13,56 \cdot 10^{-8}} = 93,5 \text{ с.}$$

Отже, теоретична тривалість першої та другої стадій двостороннього жарення м'яса яловичини з ВВСТ до температури в центрі 70°C становить

$$\tau_0 = 0,09 + 93,5 = 93,59 \text{ с.}$$

Розраховані дані цілком збігаються з даними процесу, наведеними на рис. 3.

Висновки. За результатами дослідження для м'яса яловичини з високим вмістом сполучної тканини в ході другої стадії процесу двостороннього жарення в умовах стиснення досягнуто таких результатів:

- 1) визначено механізм теплопередачі в поверхневих шарах;
- 2) запропоновано методику розрахунку коефіцієнта теплопередачі через парові прошарки;
- 3) за допомогою звукового експерименту визначено тривалість циклів випаровування в менисках каплярів різного діаметра, яка становить від $50 \cdot 10^{-6}$ до $333,3 \cdot 10^{-6}$ с;
- 4) визначено розподіл каплярів за діаметрами в поверхневому шарі м'яса, які перебувають в межах від $24 \cdot 10^{-6}$ до $160 \cdot 10^{-6}$ м;
- 5) розраховано коефіцієнт теплопередачі від однієї та двох поверхонь жарення до виробу;
- 6) встановлено залежність коефіцієнта теплопередачі від питомої поверхневої потужності поверхонь жарення;
- 7) теоретично розраховано тривалість процесу, яка збігається з фактичною.

Список джерел інформації / References

1. Ngadi, M.O., Hwang, D-K, "Modelling heat transfer and heterocyclic amines formation in meat patties during frying. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript BC 04 004. Vol. IX. August, 2007, available at: <http://ecommons.library.cornell.edu/handle/1813/10642>.

2. Скрипник В. А. Аналитическое исследование теплообменных процессов при двустороннем жарении в функционально замкнутых емкостях / В. А. Скрипник, Н. В. Герман, Н. Ю. Молчанова // Universitatea Cooperatist-Comercială din Moldova. Analele Științifice ale Universității Cooperatist-Comerciale din Moldova/MOLDCOOP; col. red: Larisa Șavga (red.-șef), Vasile Botnariuc, Oxana Livițchi [redacții responsabili]. – Chișinău : UCCM, 2013. – Volumul XII. – P. 198–202.

Skrypnyk, V.A., Herman, N.V., Molchanova, N.Yu. (2013), "Analytical study of heat and mass transfer processes in bilateral frying in functionally closed containers" ["Analiticheskoe issledovanie teplomassobmennyyh protsessov pri dvustoronnem zhareni v funktsionalno zamknutyih emkostyah"], *Scientific Annals of Moldova Cooperative-commercial University*, UCCM, Kishinev, Vol. XII, pp. 198-202.

3. Яремаченко М. А. Технологический режим и основные параметры жарения мяса крупным куском / М. А. Яремаченко // Общественное питание. – 1975. – № 11. – С. 102–104.

Yaremachenko, M.A. (1975), "Technological mode and the main parameters of frying meat into large chunks" ["Tehnologicheskii rezhim i osnovnyie parametry zhareniya myasa kurnym kuskom"], *Public catering*, No. 11, pp. 102-104.

4. Железняк К. Д. Исследование пищевой ценности некоторых блюд из жареной говядины : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов питания» / К. Д. Железняк. – М., 1980. – 23 с.

Zheleznyak, K.D. (1980), *Study of the nutritional value of some dishes of roast beef: Author's thesis [Issledovanie pischevoy tsemnosti nekotorykh blyud iz zharenoy govjadiny: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk]*, Moscow, 23 p.

5. Черевко А. И. Результаты исследования массопроводности свиного мяса под воздействием теплового потока и тока электроосмоса / А. И. Черевко, В. А. Скрипник, А. Г. Фарисеев // Вестник ВГУИТ. – Воронеж, 2013. – № 4. – С. 138–144.

Cherevko, O.I., Skrypnyk, V.A., Fariseev, A.G. (2013), "Results of the study of mass conductivity pork under the influence of heat flow and current of electro-osmosis" ["Rezultaty issledovaniya massoprovodnosti svinogo myasa pod vozdeystviem teploвого potoka i toka elektroosmosa"], *Bulletin VGUIT*, No. 4, pp. 138-144.

6. Скрипник В. О. Розробка обладнання для реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осевого стиснення : монографія / В. О. Скрипник. – Полтава : ПУЕТ, 2012. – 173 с.

Skrypnyk, V.A. (2012), *Development of equipment for realization of process of bilateral frying meat under conditions of axial compression [Rozrobka obladnannya dlya realizatsiyi protsesu dvustoronn'oho zharinnya m'yasa v umovakh os'ovoho stysnennya]*, PUET, Poltava, 173 p.

7. Черевко О. І. Використання фізичних та електричних методів в жаренні м'яса / О. І. Черевко, В. О. Скрипник, Н. Ю. Молчанова // Technology audit and production reserves. – X., 2015. – № 2/4 (22). – С. 75–79.

Cherevko, O.I., Skrypnyk, V.A., Molchanova, N.Yu. (2015), "Using physical and electrical methods in frying meat" ["Vykorystannya fizychnykh ta

elektrychnykh metodiv v zharenni m'ysa"] , *Technology audit and production reserves*, No. 2/4 (22), pp.75-79.

8. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, М. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 376 с.

Antipova, L.V., Glotova, I.A., Rogov, M.A. (2001), *Research methods of meat and meat products [Metodyi issledovaniya myasa i myasnykh produktov]*, Kolos, Moscow, 376 p.

9. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и материалов / А. С. Гинзбург, М. А. Громов, Г. И. Красовская, В. С. Уколов. – М. : Пищевая пром-сть, 1975. – 224 с.

Ginzburg, A.S., Gromov, M.A., Krasovskaya, G.I., Ukolov, V.S. (1975), *Thermophysical characteristics of food products and materials [Teplofizicheskie harakteristiki pischevykh produktov i materialov]*, Food industry, Moscow, 224 p.

10. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1972. – 720 с.

Vargafik, N.B. (1972), *Directory of thermophysical properties of gases and liquids. 2nd ed. [Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i zhidkostey 2-e izd.]*, Nauka, Moscow, 720 p.

11. Бражников А. М. Теория термической обработки мясопродуктов / А. М. Бражников. – М. : Агропромиздат, 1987. – 270 с.

Brazhnikov, A.M. (1987), *The theory of thermal processing of meat products [Teoriya termicheskoy obrabotki myasoproduktov]*, Agropromizdat, Moscow, 270 p.

Черевко Олександр Іванович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: hduht@kharkov.com

Черевко Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: hduht@kharkov.com

Cherevko Oleksandr, Doctor of Sciences, Professor, Department of Processes, Apparatuses and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. E-mail: hduht@kharkov.com

Скрипник Вячеслав Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: skrypnyk_v_a@ukr.net.

Скрипник Вячеслав Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: skrypnyk_v_a@ukr.net.

Skrypnyk Vyacheslav, Candidate of Sciences, Associate Professor, Department of Processes, Apparatuses and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. E-mail: skrypnyk_v_a@ukr.net.

Фарісеєв Андрій Геннадійович, канд. техн. наук, асист., кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Полтавський університет економіки і торгівлі. Адреса: вул. Коваля, 3, м. Полтава, Україна, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

Фарісеєв Андрей Геннадьевич, канд. техн. наук, ассист., кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Полтавский университет экономики и торговли. Адрес: ул. Коваля, 3, г. Полтава, Украина, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

Fariseev Andrey, Candidate of Sciences, Department of Technological Equipment of Food Productions and Trade, Poltava University of Economics and Trade. Address: Kovalya str., 3, Poltava, Ukraine, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 542.816

АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ РІДКИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СИСТЕМ

Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко

Висвітлено питання щодо використання мембранних процесів під час обробки рідких харчових високомолекулярних полідисперсних систем різного походження. Подано аналіз досліджень технологічних параметрів процесу ультрафільтрації за дистильованою водою та рослинним екстрактом, а також робочих характеристик ультрафільтраційних мембран. Визначено перспективні шляхи для проведення процесів ультрафільтраційного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини.

Ключові слова: сировина, молоко, процес, мембрана, обробка, ультрафільтрація, концентрування, вода.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ

Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко

Освещен вопрос использования мембранных процессов при обработке жидких пищевых высокомолекулярных систем различного происхождения.