

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

**ЛЯШЕНКО БОГДАН ВІТАЛІЙОВИЧ**

УДК 643.3.001.5:637.5

**РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ТА ПРИСТРОЮ СМАЖЕННЯ СІЧЕНИХ  
КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних  
та фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2002

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській державній академії технології та організації харчування Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент

**Михайлов Валерій Михайлович,**

Харківська державна академія технології та організації харчування, доцент кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

**Сафонов Валентин Васильович,**

Харківська державна академія технології та організації харчування, завідувач кафедри холодильної та торговельної техніки

кандидат технічних наук, професор

**Шеляков Олег Порфирівич,**

Полтавський університет споживчої кооперації України,  
професор кафедри технологічного обладнання харчових  
виробництв

Провідна установа: Національний університет харчових технологій Міністерства  
освіти і науки України, м. Київ,  
кафедра технологічного обладнання харчових виробництв

Захист відбудеться “11” жовтня 2002 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д 64.088.01 Харківської державної академії технології та організації харчування  
за адресою: вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків-51.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії  
технології та організації харчування за адресою: вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків-51.

Автореферат розісланий “10” вересня 2002 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Синєкоп М.С.

### **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Загальна тенденція енергоспоживання, що склалася останнім часом майже у всьому світі, свідчить про істотне підвищення витрат енергії, безперервне зростання вартості її генерування. Враховуючи це, гостро стають проблеми створення і широкомасштабного впровадження сучасних малоенергоємних процесів, які забезпечують скорочення витрат енергії у сполученні зі збереженням матеріальних ресурсів.

Одним з головних завдань подальшого розвитку галузі харчових виробництв є підвищення технічного рівня підприємств завдяки вдосконаленню діючого та впровадженню нового прогресивного обладнання, використання якого дозволяє зменшити витрати енергетичних та матеріальних ресурсів. Впровадження енерго- і ресурсозберігаючих процесів та обладнання не тільки забезпечує економічний добробут підприємствам, але й позитивно впливає на оздоровлення державної економіки в цілому.

Під час виробництва величезної кількості різновидів кулінарної продукції, зокрема м'ясних січених виробів, широко використовують процес смаження, який супроводжується значними енергетичними, матеріальними витратами. Останні визначаються втратами таких важливих компонентів, як волога та жир, що містять в собі багато корисних харчових речовин. Окрім того, за умов традиційного смаження у багатьох випадках навіть не можливо отримати вироби за стану повної кулінарної готовності, і тому виникає необхідність використовувати на другій стадії процесу додатковий тепловий апарат, завдяки чому змінюються режими та умови передачі теплової енергії. До того ж, це викликає необхідність проведення низки ручних допоміжних операцій, що підвищує трудомісткість процесу.

У зв'язку з цим набуває актуальності науково-прикладна задача суттєвої значущості,

що пов'язана з розробкою вискоефективних енерго- і ресурсозберігаючих процесів та пристроїв смаження січених кулінарних виробів. Така робота вимагає вишукування нових, більш раціональних, технологічно та економічно доцільних способів підведення теплової енергії до виробів і має розвиватися на підставі традиційних принципів з використанням сучасних досягнень науки і техніки, зокрема в області тепло- і масоперенесення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася відповідно до тематичних планів наукових досліджень кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДАТОХ у межах держбюджетних тем: № 5-97-2000Б “Розробка та дослідження процесів та апаратів для переробки сільськогосподарської продукції”; 7-01-05В “Інтенсифікація процесів переробки харчової сировини”.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та розробка вискоефективного енерго- та ресурсозберігаючого комбінованого процесу та пристрою смаження січених кулінарних виробів у функціональних замкнених середовищах (ФЗС).

Виходячи з мети дисертаційної роботи, необхідно було вирішити наступні задачі:

- теоретично обґрунтувати можливість інтенсифікації теплової обробки січених кулінарних виробів при їх розміщенні у ФЗС;
- дослідити динаміку температури, маси, волого- та жировмісту під час смаження м'ясних січених кулінарних виробів у ФЗС і основні чинники, що визначають її характер;
- провести оцінку якості смажених у ФЗС м'ясних січених кулінарних виробів за структурно-механічними, органолептичними, фізико-хімічними та мікробіо-логічними показниками;
- запропонувати процес приготування кабачкового наповнювача січених кулінарних виробів і дослідити його адсорбційні властивості;
- розробити технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет з використанням кабачкового наповнювача, визначити їх технологічні показники та хімічний склад;
- розробити пристрій смаження січених кулінарних виробів у ФЗС, визначити його техніко-експлуатаційні та технологічні показники;
- оцінити економічну ефективність наукових розробок та здійснити заходи щодо впровадження їх у виробництво.

*Об'єктом дослідження є процес смаження січених кулінарних виробів у ФЗС.*

*Предметом дослідження є січені кулінарні вироби та пристрій смаження січених кулінарних виробів.*

*Методи дослідження:* теоретичні методи дослідження теплоперенесення та сучасні експериментальні методи вимірювання теплотеметричних, теплофізичних, масообмінних, структурно-механічних, мікробіологічних та фізико-хімічних показників.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в:

- теоретичному обґрунтуванні можливості інтенсифікації смаження січених кулінарних виробів при їх розміщенні у ФЗС;
- встановленні основних закономірностей тепло- і масоперенесення за смаження м'ясних січених кулінарних виробів у ФЗС та комплексної оцінки їх якості;
- визнанні адсорбційних властивостей кабачкового наповнювача та технологічних показників смажених у ФЗС м'ясоовочевих котлет з його використанням;
- визначенні техніко-експлуатаційних і технологічних показників розробленого

пристрою смаження січених кулінарних виробів у ФЗС.

На наукові розробки отримані позитивні рішення про видачу деклараційних патентів України на винаходи № 2001010022 “Спосіб виробництва м'ясоовочевих котлет”, № 99042180 “Пристрій для смаження січених виробів”.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в розробці:

-способу смаження січених кулінарних виробів у ФЗС;

-технологічного процесу виробництва м'ясоовочевих котлет з використанням кабачкового наповнювача;

-пристрою смаження січених кулінарних виробів ПССВ-0,2;

-нормативної документації на виробництво м'ясоовочевих котлет та проектною документації на пристрій ПССВ-0,2.

*Реалізація роботи.* Проектна документація на пристрій ПССВ-0,2 передана на впровадження у підприємства м. Харкова: ВАТ “Харківське дослідне конструкторсько-технологічне бюро холодильних машин”, ТОВ Науково - виробнича фірма “Ізотерм”, АКВТ “Онiкс”, ПНВП “СПЕЦТЕХКОМПЛЕКТ” (акти від 21.06.00 р., 23.06.00 р., 26.06.00 р., 01.12.01 р. відповідно). Проведено апробацію дослідно-експериментальних зразків ПССВ-0,2 та процесу виробництва м'ясоовочевих котлет у підприємствах харчування ТОВ “Харківський інститут професійного навчання”, ЗАТ ЗМВК “Коктебель”, ТОВ ТД “Космический”, ТОВ ресторан “Старе місто”, ПНВП “СПЕЦТЕХКОМПЛЕКТ” (довідки від 31.05.01 р., 01.10.01 р., 31.10.01 р., 30.11.01 р., 01.12.01 р. відповідно).

Економічна ефективність на 100 кг готової продукції (в цінах на 01.10.01 р.) становить від впровадження: технологічного процесу виробництва м'ясоовочевих котлет (у зрівнянні з традиційними виробами) – 32,65 грн. за рахунок економії матеріальних витрат; пристрою ПССВ-0,2 – 4,53...4,58 грн. за рахунок економії енергетичних витрат. Собівартість пристрою ПССВ-0,2 за рахунок зниження металоємності знижується на 66,30 грн. (у зрівнянні зі сковородою СЕСМ-0,2).

**Особистий внесок здобувача** в отриманні наукових результатів полягає у постановці та проведенні наукових експериментів, обробці дослідних даних, узагальненні отриманих результатів та здійсненні заходів щодо впровадження їх у виробництво.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та були схвалені на: Всеросійській науково-технічній конференції “Прогресивные технологии и оборудование пищевых производств” (Санкт-Петербург, 1999 р.), міжнародній науково-практичній конференції “Научные и практические аспекты переработки мяса и мясопродуктов” (Харків, 2001 р.), 67-й науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених УДУХТ (Київ, 2001 р.), міжнародній науково-практичній конференції “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України” (Харків, 2001 р.), міжнародній науково-технічній конференції “Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка” (Донецьк, 2001 р.), наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДАТОХ (Харків, 1998...2001 рр.). Зразки наукових розробок виставлялися на виставках-ярмарках: “Наука Харківщини - 2000” (Харків, 2000 р.); “Слов'янський базар” (Харків, 2000 р.); у рамках III міського конкурсу молодих кухарів та кондитерів (Харків, 2000 р.); “Слобожанська весна. Харківські торги” (Харків, 2001 р.); “Слобожанська осінь. Харківські торги” (Харків, 2001 р.); “Наука Харківщини - 2002” (Харків, 2002 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 9 статей (з них 8 - у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України),

4 тез доповідей на конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 274 найменування, у тому числі 49 іноземних, і додатків. Роботу викладено на 129 сторінках, вона містить 32 рисунки, 13 таблиць та 10 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

**У першому розділі** “Аналіз процесів та апаратів смаження січених кулінарних виробів” проаналізовано теоретичні основи процесу смаження, в результаті чого визначено можливі напрямки інтенсифікації теплоперенесення (збільшення температурного перепаду, площі поверхні теплообміну та коефіцієнта теплопередачі), а також уповільнення перебігу масоперенесення (посилення зв'язку компоненту, що дифундує, збільшення міцності поверхні поділу фаз). Приведено аналіз технологічних процесів виробництва багатокomпонентних січених кулінарних виробів та апаратного оформлення процесу смаження.

Узагальнення цих відомостей дозволило намітити перспективні заходи щодо розробки нового енерго- та ресурсозберігаючого комбінованого процесу та пристрою смаження січених кулінарних виробів.

**У другому розділі** “Об'єкти, методики досліджень та експериментальні установки” наведено характеристику виробів та сировини, що досліджуються, методики та методи досліджень теплотехнічних, теплофізичних, масообмінних, структурно-механічних, мікробіологічних, фізико-хімічних та органолептичних показників. Представлена схема експериментальної установки для досліджень динаміки температури та тиску. Для визначення коефіцієнта теплопровідності харчових продуктів було використано пристрій ИТ-л-400, принцип дії якого засновано на методі монотонного нагріву зразка. Стан вологи м'ясних січених виробів визначали ділатометричним методом; структурно-механічні показники - методом пенетрації на пенетрометрі ПМДП; мікробіологічні показники - методами, регламентованими ГОСТами та ДСТУ для м'ясних продуктів, органолептичні – за методикою Тільгнера з урахуванням коефіцієнта важливості окремих показників.

Дослідження теплотехнічних, масообмінних та фізико-хімічних показників проводили за стандартними методиками. Обробку отриманих результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням ПЕОМ.

**У третьому розділі** “Теоретичні дослідження процесу смаження січених кулінарних виробів у функціональних замкнених середовищах” наведено аналітичне обґрунтування вибору відрізняючих ознак процесу смаження січених кулінарних виробів у ФЗС, що утворюються при щільному контакті заглибинами двох геометрично подібних нагрівальних поверхонь, за їх однакової температури та розроблено його теоретичну теплову модель (рис. 1).

За цих умов зменшується величина нормалі до ізотермічної поверхні, збільшуються площа поверхні теплообміну та коефіцієнт теплопередачі, спричиняється опір виходу водяної пари з середини виробів назовні, що дає підставу стверджувати про виникнення додаткового внутрішнього джерела теплової енергії, яке, поряд з низкою інших чинників, сприятиме інтенсифікації нагріву виробів.

Рішенням диференційного рівняння теплопровідності

$$\frac{d^2 t}{dy^2} + \frac{q_v}{\lambda} = 0, \quad (1)$$

де  $t$  – температура виробу,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $y$  – координата;  $q_v$  – об'ємна потужність,  $\text{Вт}/\text{м}^3$ ;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , для виробів загальною товщиною ( $2l$ , м), за товщини панірувального шару ( $l_n$ , м) і центральних шарів ( $2l_u$ , м), їх температури ( $t_n$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) і ( $t_u$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) відповідно, коефіцієнта теплопровідності ( $\lambda_n$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) і ( $\lambda_u$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) відповідно при крайових умовах (з урахуванням симетричності нагріву)

$$y = 0; \quad -\lambda_{n_1} \left( \frac{\partial t_{n_1}}{\partial y} \right)_{y=0} = -\lambda_u \left( \frac{\partial t_u}{\partial y} \right)_{y=l} \quad (2)$$

визначено температуру у центрі виробу

$$t_u = t_{n_1}' - \left[ (t_{n_1} - t_{n_1}') \cdot \frac{\lambda_{n_1}}{l_{n_1}} - q_v \cdot l \right] \cdot \frac{l_u}{\lambda_u} \quad (3)$$

За певних вихідних даних розраховано, що за наявності додаткового внутрішнього джерела теплової енергії всередині виробів, яким є водяна пара за підвищеного тиску ( $P$ , кПа), при досягненні заданої температури на поверхні виробу температура у центрі є більш високою, що має позитивно вплинути на скорочення тривалості процесу. Так, наприклад, при  $t_n=120$   $^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 40$  кПа виходить, що  $t_u$  збільшується на 10  $^{\circ}\text{C}$ .

Шляхом рішення крайової задачі теорії нестационарної теплопровідності при початковій умові  $t(y, 0)=t_0$  проведено розрахунок динаміки температури поверхневого і центрального шарів м'ясних січених кулінарних виробів:

- у центрі

$$\theta_u = A_1 \cos \mu_1 \exp(-\mu_1^2 Fo) + A_2 \cos \mu_2 \exp(-\mu_2^2 Fo); \quad (4)$$

- на поверхні

$$\theta_n = A_1 \exp(-\mu_1^2 Fo) + A_2 \exp(-\mu_2^2 Fo). \quad (5)$$

де  $\theta = (t - t_{n_1}) / (t_0 - t_{n_1})$ ;  $A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n}$ ;  $Fo = \frac{a \tau}{l^2}$ ;  $\mu_n$  – корені

характеристичного рівняння;  $\bar{\alpha}$  – коефіцієнт температуропроводності,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\phi$  – тривалість процесу, с.

Тривалість досягнення кінцевої температури  $t_u = 90$   $^{\circ}\text{C}$

$$\tau_k = \frac{Fo \cdot l^2}{a} = \frac{l^2}{a} \cdot \frac{Bi + 4}{8Bi} \left[ \ln \left( \frac{t_n - t_0}{t_n - t_u} \right) + Fo(1) \right], \quad (6)$$

де  $Bi = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$ ;  $b$  – коефіцієнт тепловіддачі від нагрівальної поверхні до виробу, Вт/(м<sup>2</sup>•К);  
 $Fo^{(1)} \approx 1,5$  при  $Bi = 5,4$ .

За отриманими цим шляхом результатами (рис.2) встановлено, що тривалість процесу смаження у ФЗС становить  $\phi = 300$  с, тобто скорочується приблизно на 57...59 % у зрівнянні з традиційним способом.

**У четвертому розділі** “Експериментальні дослідження процесу смаження січених кулінарних виробів у функціональних замкнених середовищах” проведено експериментальну перевірку отриманих розрахункових результатів. Встановлено, що при смаженні у ФЗС дослідних зразків суттєво зменшується нерівномірність температурного поля за об’ємом виробів (рис.3). На це впливає контакт з нагрівальними поверхнями по всій площі та наявність механічної перешкоди для видалення водяної пари, яка утворюється під час їх нагріву. Завдяки цьому інтенсифікується нагрів внутрішніх шарів, а поверхневі шари протягом встановленого періоду не перегріваються (рис. 4).

Нагрів поверхневого шару супроводжується помітною зміною коефіцієнта теплопровідності та товщини шкоринки, що утворюється, наслідком чого є погіршення теплопровідних властивостей (рис.5). За умов смаження в ФЗС простежується уповільнення цих змін, що позитивно впливає на процес теплоперенесення до внутрішніх шарів.

Інтенсифікації внутрішнього теплоперенесення сприяють збільшення градієнта температури, на що суттєво впливає вдвічі менша величина нормалі до ізотермічної поверхні, та підвищення загального тиску всередині виробів (до 43 КПа) внаслідок росту парціального тиску водяної пари, енергія якої сповна витрачається на нагрів виробів за їх об’ємом.

Теплофізичні та фізико-хімічні зміни під час смаження поряд з позитивним впливом призводять також до деяких небажаних результатів, зокрема зменшення маси (рис. 6). Відмічено, що дослідні зразки після смаження протягом певного часу і остигання мають дещо меншу масу, ніж контрольні, що зумовлено більш інтенсивним нагрівом внутрішніх шарів та збільшенням площі теплопередачі їй, відповідно, площі випаровування. Але, враховуючи скорочення часу теплової обробки та наявність конструктивно передбачених умов для механічної перешкоди масоперенесенню, втрати маси зменшуються на 2,9...3,1 %.

Враховуючи те, що маса виробів значною мірою зменшується під час остигання за рахунок випаровування вологи, було запропоновано здійснювати комбіноване остигання, за якого вироби після смаження остигають до рекомендованої температури подачі споживачеві безпосередньо у ФЗС за рахунок їх інтенсивного охолодження. Це призводить до конденсації водяної пари всередині виробів, наслідком чого є зменшення втрат маси до 6,3...6,7 %.

Використання комбінованого способу остигання виробів уповільнює зміну їх вологовмісту (рис. 7) і дозволяє уникнути додаткової втрати вологи на 44,7...48,5 % від загальної кількості її, що видалається за природного остигання. Окрім того, частка вільної вологи у складі виробів збільшується на 3,3...6,1 % у зрівнянні з контрольними зразками.

За наведеними залежностями чітко спостерігаються періоди зростаючої, постійної та убутної швидкості видалення вологи. Найбільш високі значення швидкості зміни вологовмісту спостерігаються в той час, коли за досить істотного підвищення температури виробів на їх поверхні ще відсутній міцний шар, що спроможний утримувати вологу у вигляді рідини і пари. Внаслідок перерозподілу вологи у внутрішньому об'ємі відзначено приблизно однакові значення вологовмісту проміжних і центрального шарів (59,0...60,4 %), а для поверхневих шарів цей показник склав 26,2...27,0 %.

Видалення жиру, яке зумовлене розплавленням і поступовим зниженням його в'язкості, відбувається за аналогічними з розглянутими для вологи кінетичними закономірностями (рис. 8). Відзначається дещо менша зміна жиромісту виробів, які остигають комбінованим способом, на що впливає швидке зниження надмірного тиску в їх середині та, відповідно, загальної рухомої сили масообмінного процесу.

Істотне підвищення парціального тиску водяної пари всередині виробів під час смаження збільшує об'єм порожнин, що утворюються, внаслідок чого при зменшенні маси та густини не відзначається зміни загального об'єму та, відповідно, усадки виробів, а консистенція шкоринки і внутрішніх шарів відрізняється більшою ніжністю, що встановлено за меншої зміни значень показника penetрації (на 16,7...21,2 %) та швидкості penetрації (на 16,0...21,9 %) у зрівнянні напівфабрикатами. Смажені у ФЗС вироби мають більш високу органолептичну оцінку за показниками: зовнішній вигляд, вигляд на перерізі та консистенція, менші втрати амінокислот та вітамінів, а також відповідають вимогам санітарної безпеки.

**У п'ятому розділі** “Розробка та дослідження способу виробництва

м'ясоовочевих котлет” запропоновано процес приготування кабачкового наповнювача січених кулінарних виробів, що передбачає бланшування кабачків, їх нарізання та витримування у 10-% розчині хлористого натрію протягом 2,0...2,5 год, а також сушіння до вологовмісту 15...20 %.

Досліджено адсорбційні властивості кабачкового наповнювача при зануренні у водожирову емульсію за співвідношення компонентів, що наближається до їх можливого співвідношення (вода : жир) у складі рецептури м'ясних січених виробів (рис.9). Встановлено, що за підвищення температури його адсорбційні властивості погіршуються. У температурному інтервалі 80...100 °С зміна маси при поглинанні водожирової емульсії становить 250...265 %, вологовмісту – 193...200 %, а жиромісту – 57...65 %.

Рішенням рівняння матеріального балансу процесу адсорбції визначено кількість поглинутих кабачковим наповнювачем компонентів водожирової емульсії. Отримані результати узгоджуються з результатами досліджень динаміки волого- та жиромісту. Побудовані робочі лінії процесу адсорбції, користуючись якими можна встановити місткість поглинутого кабачковим наповнювачем компоненту (вологи або жиру) за будь-якої зміни місткості його у водожировій емульсії.

Розроблено технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет, який відрізняється наявністю операцій по приготуванню кабачкового наповнювача і введення його поряд зі смаковим компонентом – сухим грибним бульйоном до складу



котлетного фаршу, а також способом теплової обробки, що передбачає смаження у ФЗС.

Дослідженнями технологічних показників смаження м'ясоовочевих котлет у ФЗС встановлено, що за сукупністю цих чинників втрати маси зменшуються на 13,7...15,5 %, а відносної усадки виробів після смаження не відбувається.

За вмістом основних харчових речовин (білки, жири, вуглеводи) м'ясоовочеві котлети наближаються до традиційних виробів з котлетного фаршу, але, на відміну від останніх, вміщують клітковину та вітамін С. Їх органолептичні показники покращенні за рахунок високої соковитості та наявності грибного присмаку у поєднанні зі смаком, властивим виробам з котлетного фаршу.

**У шостому розділі** “Розробка пристрою смаження січених кулінарних виробів” наведено технічні вимоги та завдання на проектування пристрою смаження січених кулінарних виробів ПССВ-0,2, його будову і принцип дії. Пристрій (рис. 10) призначений для смаження у ФЗС, що утворюються западинами двох геометрично подібних електричних нагрівальних плит з протипригарним покриттям. Зовні нагрівальних плит розміщені змійовикові теплообмінники, через які з метою остигання виробів після смаження подається вода.

За визначеними техніко-експлуатаційними показниками (у зрівнянні зі сковородою СЕСМ-0,2) відмічається суттєве зниження потужності – на 33,3...38,5 %, питомих витрат теплоти, металоємності та підвищення коефіцієнта корисної дії. З використанням дослідно-експериментального зразка пристрою ПССВ-0,2 досліджені технологічні показники смаження січених кулінарних виробів на основі різноманітної сировини. У зрівнянні з традиційним способом смаження встановлено скорочення тривалості теплової обробки на 41,6...60,4 %, зниження втрат маси на 5,4...14,8 %, трудомісткості процесу та покращення умов праці внаслідок запобігання видалення водяної пари у виробничі приміщення.

**У сьомому розділі** “Економічна ефективність та впровадження наукових розробок у виробництво” проведено оцінку зміни собівартості виробництва м'ясних січених виробів. У розрахунку на 100 кг готової продукції (у цінах на 01.10.2001р.) зниження собівартості м'ясоовочевих котлет (у зрівнянні з традиційними виробами) за рахунок економії матеріальних витрат становить 32,65 грн., а використання пристрою ПССВ-0,2 дозволяє скоротити енергетичні витрати на 4,53...4,58 грн. Собівартість пристрою ПССВ-0,2 за рахунок зміни металоємності знижується на 66,30 грн. (у зрівнянні зі сковородою СЕСМ-0,2).

Здійснено комплекс заходів щодо впровадження наукових розробок у виробництво шляхом розробки і затвердження нормативної та проектної документації, апробації на наукових конференціях, виробничих підприємствах та виставках-ярмарках.

Рис. 10. Принципова схема пристрою смаження січених кулінарних виробів ПССВ-0,2: а, б поперечний та повздовжній перетин відповідно; 1-нагрівальна плита; 2-западини; 3-середовище для розміщення виробів; 4-електричні нагрівальні елементи; 5-змійовикові теплообмінники; 6-прокладка з термостійкої гуми; 7-облицьовочні сталеві листи; 8-теплоізоляція; 9-пульт управління; 10-опорні ніжки; 11-ручка; 12-механичний затискувач

## ВИСНОВКИ

1. За результатами аналізу літературних джерел з виробництва січених кулінарних виробів встановлено, що процесу смаження властиві значні енергетичні та матеріальні витрати, висока трудомісткість. Це з'явилося підставою для вибору напрямків вирішення науково-прикладної задачі розробки високоефективного енерго- та ресурсозберігаючого процесу та пристрою смаження з метою усунення вказаних недоліків.
2. Запропоновано комбінований процес смаження січених кулінарних виробів у ФЗС, що утворюються при щільному контакті заглибинами двох геометрично подібних нагрівальних поверхонь, обґрунтовано вибір його відрізняючих ознак. Розроблено теоретичну теплову модель процесу, що дозволяє ефективно використовувати енергію додаткового внутрішнього джерела теплоти - водяної пари - на об'ємний нагрів виробів. Проведено аналітичний розрахунок динаміки температури, за результатами якого визначено можливий ступінь інтенсифікації при реалізації процесу.
3. Експериментально встановлено, що при смаженні у ФЗС істотно зменшується нерівномірність температурного поля за об'ємом виробів. Підтверджено, що тривалість процесу смаження м'ясних січених кулінарних виробів скорочується на 57...59 %. На це впливають менш суттєві зміни теплопровідних властивостей

поверхневих шарів, збільшення площі теплообмінної поверхні, градієнта температури та парціального тиску водяної пари, що утворюється всередині виробів.

4. Встановлено зменшення втрат маси виробами на 2,9...3,1 % під час смаження у ФЗС та остигання. З метою додаткового зменшення втрат маси (до 6,3...6,7 %) запропоновано після смаження здійснювати остигання виробів комбінованим способом, яким передбачено інтенсивне охолодження нагрівальних поверхней протягом часу досягнення виробами рекомендованої температури їх подачі споживачеві, що призводить до конденсації в їх середині водяної пари.

5. Комбіноване остигання виробів сприяє зниженню втрат вологи на 44,7...48,5 % (у зрівнянні з природним остиганням); при цьому частка вільної вологи, що вміщують вироби, збільшується на 3,3...6,1 %. Відзначається також дещо менша зміна жиромісту виробів, на що впливає швидке зниження надмірного тиску водяної пари та, як наслідок, загальної рухомої сили масоперенесення.

6. Істотне підвищення парціального тиску водяної пари всередині виробів під час смаження збільшує об'єм порожнин, внаслідок чого при зменшенні маси і густини не відзначається зміни загального об'єму і, відповідно, усадки виробів. Консистенція шкоринки і внутрішніх шарів готових виробів відрізняється більшою ніжністю, що встановлено за меншої зміни значень показника penetрації (на 16,7...21,2 %) та швидкості penetрації (на 16,0...21,9%) у зрівнянні з напівфабрикатами.

7. Смажені у ФЗС вироби мають більш високу органолептичну оцінку за показниками зовнішній вигляд, вигляд на перерізі та консистенція, менші втрати амінокислот та вітамінів, а також відповідають вимогам санітарної безпеки, чим підтверджується раціональність теплового режиму, що використовується.

8. Запропоновано процес приготування кабачкового наповнювача січених кулінарних виробів, що передбачає бланшування кабачків, їх нарізання і витримування у 10 - % розчині хлористого натрію, а також сушіння до вологовмісту 15...20 %. Вивчено адсорбційні властивості кабачкового наповнювача; у температурному інтервалі 80...100 °C зміна його маси при поглинанні водожирової емульсії становить 250...265 %, вологовмісту – 193...200 %, а жиромісту – 57...65 %.

9. Розроблено технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет, який відрізняється наявністю операцій по приготуванню кабачкового наповнювача, його введення до складу котлетного фаршу поряд зі смаковим компонентом – сухим грибним бульйоном, а також способом теплової обробки, що передбачає смаження у ФЗС. За сукупністю цих чинників втрати маси виробів зменшуються на 13,7...15,5 %, а відносної усадки виробів не відзначається. Вироби збагачуються клітковиною та вітаміном С, а також покращуються їх органолептичні показники.

10. Для реалізації процесу смаження січених кулінарних виробів у ФЗС розроблено пристрій ПССВ-0,2, що відрізняється від традиційного обладнання суттєвим зниженням потужності – на 33,3...38,5 %, питомої витрати теплоти, металоємності, а також підвищенням коефіцієнта корисної дії. Досліджено технологічні показники смаження січених кулінарних виробів на основі різноманітної сировини, в результаті чого встановлено скорочення тривалості теплової обробки на 41,6...60,4 %, зниження втрат маси на 5,4...14,8 %, трудомісткості процесу та покращення умов праці.

11. Розраховано економічну ефективність наукових розробок (у цінах на 01.10.2001 р.) у розрахунку на 100 кг готових виробів. Зниження собівартості м'ясоовочевих котлет (у зрівнянні з традиційними виробами) за рахунок економії матеріальних витрат становить 32,65 грн., а використання пристрою ПССВ-0,2 дозволяє скоротити енергетичні витрати на 4,53...4,58 грн. Собівартість пристрою ПССВ-0,2 за рахунок зміни металоємності знижується на 66,30 грн. (у зрівнянні зі сковородою СЕСМ-0,2).

12. Здійснено заходи щодо впровадження наукових розробок у виробництво шляхом розробки та затвердження нормативної та проектної документації, апробації технологічного процесу виробництва м'ясоовочевих котлет та пристрою ПССВ-0,2 на наукових конференціях, виробничих підприємствах та виставках-ярмарках.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Черевко А.И., Пахомов П.Л., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Жарение мясных рубленых изделий в герметичном объёме // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1998. – Ч.1. – С. 97 – 101.
2. Черевко А.И., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Процессы теплопереноса при жарке мясных рубленых изделий // Холодильна техніка і технологія.- 1999. - №61.- С. 91-94.
3. Черевко А.И., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Потери массы мясных рубленых изделий в процессе жарки // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. – Вип. 3. – Донецьк: ДонДУЕТ, 1999. – С. 266-270.
4. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Розробка пристрою для смаження січених виробів (ПССВ-0,2) та дослідження його функціональних можливостей // Технології в машинобудуванні. Вісник Харківського державного політехнічного університету: Зб. наук. пр. - Вип.124. - Харків: ХДПУ, 2000.- С. 54-60.
5. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Оцінка якості смажених у герметичних середовищах м'ясних січених виробів // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Вип. 6. – Харків: ХДТУСГ, 2001. – С. 458-463.
6. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Вплив способу смаження на структурно - механічні властивості виробів із котлетного фаршу // Вісник ДонДУЕТ. – 2001. - №1(9). – С. 61-66.
7. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Вологоперенесення під час смаження у герметичному середовищі // Харчова і переробна промисловість. – 2001.- № 1. – С. 15-16.
8. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Дослідження жироперенесення під час смаження у герметичному середовищі // Харчова і переробна промисловість. - 2001 - № 2-3. – С. 17-18.
9. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Вивчення теплопровідних властивостей поверхневого шару м'ясних січених виробів // Вестник науки и техники. – 2002. - №6. – С. 21-27.
10. Черевко А.И., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Способ жарки рубленых изделий // Труды Всерос. науч.-техн. конф. “Прогрессивные технологии и оборудование пищевых производств”. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия холода и пищевых технологий.- 1999.-С. 207-208.
11. Ляшенко Б.В., Михайлов В.М. Дослідження масоперенесення під час смаження у герметичних середовищах // Праці 67-ї наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – К.: УДУХТ, 2001. – Ч.2. – С. 147.
12. Черевко О.І., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Удосконалення процесів виробництва м'ясних січених виробів // Труды междунар. науч.- практ. конф. “Научные и практические аспекты переработки мяса и мясопродуктов”. – Харьков: ХГАТОП. – 2001. – С. 136-137.
13. Черевко А.И., Михайлов В.М., Ляшенко Б.В. Розробка способу виробництва котлет з використанням овочевого наповнювача // Праці міжнар. наук.-техн. конф.

“Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка”. – Донецьк: ДонДУЕТ. – 2001. – С. 56-58.

## АНОТАЦІЯ

Ляшенко Б.В. Розробка комбінованого процесу та пристрою смаження січених кулінарних виробів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківська державна академія технології та організації харчування Міністерства освіти і науки України, Харків, 2002.

Дисертацію присвячено теоретичному обґрунтуванню та розробці високоефективного енерго- та ресурсозберігаючого процесу смаження січених кулінарних виробів у функціональних замкнених середовищах (ФЗС), що утворюються при щільному контакті заглибинами двох геометрично подібних нагрівальних поверхонь. Розроблено теоретичну теплову модель процесу та проведено дослідження тепло- і масоперенесення при смаженні січених виробів запропонованим способом, зміну їх структурно-механічних, фізико-хімічних, мікробіологічних й органолептичних показників.

Запропоновано процес виробництва м'ясоовочевих котлет з використанням кабачкового наповнювача, якому властива висока адсорбційна здатність поглинати вологу та жир, чим забезпечується зменшення витрат матеріальних ресурсів під час смаження. Для реалізації процесу смаження у ФЗС розроблено новий пристрій ПССВ-0,2, що відрізняється високими техніко-експлуатаційними показниками. Оцінено економічну ефективність наукових розробок і здійснено комплекс заходів щодо впровадження їх у виробництво.

*Ключові слова:* процес смаження, функціональні замкнені середовища, адсорбційна здатність, січені вироби, пристрій.

## АННОТАЦИЯ

Ляшенко Б.В. Разработка комбинированного процесса и устройства жарки рубленых кулинарных изделий. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковская государственная академия технологии и организации питания Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2002.

Диссертация посвящена теоретическому обоснованию и разработке высокоэффективного энерго- и ресурсосберегающего процесса жарки рубленых кулинарных изделий в функциональных замкнутых средах (ФЗС).

При производстве разнообразной кулинарной продукции, в частности рубленых изделий, широко используется процесс жарки, которому свойственны низкая степень интенсификации, значительные энергетические и материальные затраты, высокая трудоёмкость.

Интенсифицировать теплоперенос можно при размещении рубленых кулинарных изделий в ФЗС, образуемых при плотном контакте углублениями двух геометрически подобных греющих поверхностей. При этих условиях уменьшается величина нормали к изотермической поверхности, увеличивается площадь

поверхности теплообмена, а также создается препятствие для выхода наружу образуемого внутри изделий водяного пара, который можно рассматривать как дополнительный внутренний источник тепловой энергии.

Была разработана теоретическая тепловая модель предложенного процесса и произведен аналитический расчет динамики температуры. Установлено, что продолжительность процесса жарки сокращается приблизительно на 57...59 % по сравнению с традиционным способом.

Проведены экспериментальные исследования тепло- и массопереноса при жарке рубленых изделий предлагаемым способом, изменений их структурно-механических, физико-химических, микробиологических и органолептических показателей. Наряду с интенсификацией процесса отмечено существенное снижение неравномерности температурного поля по объему изделий. Прослеживаются менее заметные изменения теплопроводных свойств поверхностных слоёв, что положительно влияет на скорость теплопереноса к внутренним слоям. На интенсификацию внутреннего теплопереноса оказывает влияние увеличение градиента температуры и парциального давления водяного пара. Установлено снижение потерь массы изделиями на 2,9...3,1 % при жарке в ФЗС и остывании. С целью дополнительного снижения потерь массы (до 6,3...6,7 %) предложен комбинированный способ остывания, которым предусматривается интенсивное охлаждение греющих поверхностей до достижения изделиями рекомендуемой температуры подачи потребителю.

Использование комбинированного остывания изделий замедляет изменение влагосодержания и дает возможность избежать дополнительных потерь влаги на 44,7...48,5 %. Отмечается также несколько меньшее изменение жиросодержания изделий. При уменьшении массы и плотности изделий не происходит изменение их общего объема и, соответственно, усадка. Консистенция корочки и внутренних слоев отличается большей нежностью, что установлено по меньшим изменениям значений показателя пенетрации (на 16,7...21,2%) и скорости пенетрации (на 16,0...21,9 %) в сравнении с полуфабрикатами. Изделия имеют более высокую органолептическую оценку, меньшие потери аминокислот и витаминов, а также соответствуют требованиям санитарной безопасности, чем подтверждается рациональность используемого теплового режима.

С целью снижения потерь материальных ресурсов во время жарки был разработан процесс приготовления кабачкового наполнителя, который предусматривает бланширование кабачков, нарезку и выдержку в 10-% растворе хлористого натрия, а также их сушку до влагосодержания 15...20 %. Изучены его адсорбционные свойства в водожировой эмульсии; в температурном интервале 80...100 °С изменение массы составляет 250...265 %, влагосодержания – 193...200 %, а жиросодержания – 57...65 %.

Решением уравнения материального баланса процесса адсорбции определено количество поглощенных компонентов водожировой эмульсии и построены рабочие линии процесса адсорбции. С использованием кабачкового наполнителя разработан технологический процесс производства мясоовощных котлет, предусматривающий жарку в ФЗС, при реализации которого потери массы изделиями уменьшаются на 13,7...15,5 %.

Разработаны технические требования и техническое задание на проектирование устройства для жарки рубленых изделий ПССВ-0,2, предназначенного для реализации процесса жарки в ФЗС. Его технико-эксплуатационные показатели

свидетельствуют о существенном снижении мощности – на 33,3...38,5 %, удельного расхода теплоты, металлоемкости, а также повышении коэффициента полезного действия (в сравнении со сковородой СЭСМ-0,2). Исследованы технологические показатели жарки рубленых кулинарных изделий в ПССВ-0,2 на основе разнообразного сырья. В сравнении с традиционным способом жарки установлено сокращение продолжительности тепловой обработки на 41,6...60,4 %, снижение потерь массы на 5,4...14,8 %.

Проведена оценка экономической эффективности научных разработок (в ценах на 01.10.2001 г.) в расчете на 100 кг готовых изделий. Снижение себестоимости мясоовощных котлет (в сравнении с традиционными изделиями) за счет экономии материальных затрат составляет 32,65 грн., а использование устройства ПССВ-0,2 позволяет сократить энергетические затраты на 4,53...4,58 грн., себестоимость устройства ПССВ-0,2 за счет изменения металлоемкости снижается на 66,30 грн. (в сравнении со сковородой СЭСМ-0,2).

Осуществлен комплекс мероприятий по внедрению научных разработок в производство путем разработки и утверждения нормативной документации на производство мясоовощных котлет и проектной документации на устройство для жарки рубленых изделий, а также их апробации на научных конференциях, производственных предприятиях и выставках-ярмарках.

*Ключевые слова:* процесс жарки, функциональные замкнутые среды, адсорбционная способность, рубленые изделия, устройство.

## ANNOTATION

Lyashenko B.V. Development of the integrated process and device of frying chopped culinary products. – Manuscript.

Thesis for candidate degree of technical science on speciality 05.18.12 – processes and equipment for food, microbiologic and pharmaceutical production. – Kharkiv State Academy of Food Technology and Management Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2002.

The thesis is devoted to theoretic substantiation and development of highly effective energy- and resource-saving process of frying chopped culinary products in functional cloistered environment (FCE), which is formed in the process of tight contact by the deepening of two geometrically similar heating surfaces. Theoretical heating model of the process has been developed. Heat- and mass-transfer during frying has been investigated, as well as changes in structural-mechanical, physico-chemical, microbiologic and organoleptic indexes.

The process of manufacturing meat-and-vegetable cutlers with the use of squash filling which possesses high adsorb ability concerning moisture and fat has been proposed. This ability provides reduction of frying. A new device “ПССВ-0,2” with higher technical indexes for frying in FCE has been developed. Economic efficiency of scientific developments has been estimated and complex of measures for their inculcation has been performed.

Key words: process of frying, functional cloistered environment, adsorb ability, chopped products, design.

Автор висловлює подяку д-ру техн. наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України, ректору ХДАТОХ **Черевку** Олександрові Івановичу та д-ру техн. наук, професору ХДАТОХ **Пахомову** Павлу Леонідовичу за консультації та допомогу,

що були надані під час виконання дисертаційної роботи.

Підп. до друку 9.09.2002. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Друк офсет.  
Обл.-вид. арк. 1,0. Умов. друк. арк. 1,2. Умов. фарб.-відб. 1,2.  
Тираж 100 прим. Замов. №  
ДОД ХДАТОХ, вул. Клочківська, 333, 61051, Харків-51.