

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

СКРИПНИК ВЯЧЕСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 658.511.5: 641.856

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ
М'ЯСА ПІД ОСЬОВИМ ТИСКОМ**

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 Полтавському університеті споживчої кооперації України Укоопспілки і
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
Дорохін Віктор Олександрович,
Полтавський університет споживчої кооперації
України, ректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мирончук Валерій Григорович,
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри технологічного обладнання
харчових виробництв

кандидат технічних наук, доцент

Постнов Геннадій Михайлович,
Харківська державна академія технології та організації харчування, доцент кафедри устаткування підприємств харчування

Провідна установа: Донецький державний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган – Барановського Міністерства освіти і науки України, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв

Захист відбудеться " 10 " грудня 2002 року о 15.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

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

Автореферат розісланий 8 листопада 2002 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Синєкоп М.С.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом в підприємствах харчування, особливо швидкого обслуговування, зростає попит на смажені м'ясні вироби. Однак, сам процес жаріння м'ясних натуральних кулінарних виробів є тривалим у часі, матеріаломістким і енергоємним, наслідком чого є втрати маси до 35...40 %, і виконується в основному у сковородах або на плитах в наплитному посуді. В процесі жаріння за температур жиру або поверхні жаріння 180...210⁰С у м'ясних виробках накопичуються хімічні речовини ендогенної природи - гетероциклічні ароматичні аміни, які є шкідливими для здоров'я людини. У зв'язку з цим постає проблема розробки таких процесу жаріння і апаратів для його реалізації, які б забезпечили значне скорочення тривалості теплової обробки, зменшення втрат маси виробів, витрат енергоносія, а також теплоприпливів в гарячих цехах підприємств харчування, покращення санітарно-гігієнічних умов праці. Крім того, підвищення виходу готових смажених натуральних виробів з м'яса сприятиме кращому забезпеченню потреби людини у продуктах тваринного походження. Таким чином, розробка процесу жаріння натуральних м'ясних виробів, за якого збільшиться вихід готового продукту, скоротиться тривалість теплової обробки і упередиться утворення шкідливих речовин ендогенної природи, а також розробка спеціалізованих апаратів для жаріння є актуальною науково-технічною проблемою, оскільки їх широкомасштабне впровадження на підприємствах харчування України дасть значний економічний та соціальний ефект.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів держбюджетних робіт Полтавського університету споживчої кооперації України (тема № 090/96 "Розробка технологій, проектування і

організація цехів малої потужності по переробці сільськогосподарської продукції”).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка високоефективного енерго- та ресурсозберігаючого процесу та прогресивного обладнання для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском з поліпшеними показниками енергоекономічності.

Досягнення поставленої мети здійснювалось шляхом постановки і вирішення ряду послідовно пов'язаних між собою завдань, до яких належать:

- визначення в різних видах м'яса залежності граничного осьового тиску, що викликає в дослідному зразку напруги, за яких починають відбуватись структурні зміни з'єднувальної тканини, від товщини дослідного зразка; визначення діапазону граничного осьового тиску для різних видів м'яса, придатного для жаріння;
- визначення залежності тривалості теплової обробки і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском, за якого в м'ясі починаються структурні зміни з'єднувальної тканини, від товщини дослідного зразка при температурі жиру або поверхні для жаріння (в разі його відсутності) 150°C , при якій упереджується утворення шкідливих для організму людини речовин;
- розробка математичної моделі процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском в зоні поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного, який викликає структурні зміни з'єднувальної тканини м'яса, і перевірка її адекватності;
- визначення якості готових виробів з м'яса після його двостороннього жаріння під осьовим тиском в зоні поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, який викликає структурні зміни з'єднувальної тканини, за фізико-хімічними, мікробіологічними та органолептичними показниками;
- розробка проектної документації, виготовлення дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском і проведення його виробничих випробувань;
- розробка технічного завдання на виробництво промислового зразка апарата;
- здійснення комплексу заходів щодо практичного впровадження результатів досліджень;
- оцінка економічного і соціального ефекту практичного впровадження розробленого апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

Об'єкт дослідження. Процес двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення.

Предмет дослідження. Експериментальні зразки обладнання для проведення процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском, смажені м'ясні натуральні вироби, напівфабрикати м'ясних натуральних виробів.

Методи дослідження. Для вимірювання фізичних і структурно-механічних властивостей натуральних порційних м'ясних напівфабрикатів та смажених виробів застосовувались стандартні методики, для вимірювання величини осьового тиску на продукт розроблена нова методика. Математична обробка результатів вимірювань виконувалась з використанням ПЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено, що при збільшенні товщини шматків м'яса величина осьового тиску для забезпечення в продукті граничних напруг, за яких починаються структурні зміни з'єднувальної тканини, збільшується за лінійним законом; визначено діапазон граничного осьового тиску для різних видів м'яса свинини і яловичини, придатного для жаріння;

- визначено, що при збільшенні величини осьового тиску на продукт тривалість теплової обробки і вихід готового продукту змінюються за нелінійним законом, при цьому знайдено раціональну величину тиску;
- доведено, що при збільшенні товщини напівфабрикатів і відповідного збільшення тиску на продукт тривалість теплової обробки в умовах осьового стиснення збільшується за лінійним законом;
- встановлено, що використання фольгових електронагрівачів на слонопластовій основі сприяє зменшенню нерівномірності температурного поля робочих поверхонь апаратів для жаріння і, як наслідок, сприяє покращенню якості м'ясних смажених виробів.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропонований новий метод вимірювання величини осьового тиску на дослідний зразок м'яса;
- запропонована раціональна технологія смаження виробів з м'яса, що забезпечує підвищення виходу готового продукту та його високу якість;
- обґрунтована доцільність конструктивних заходів з розробки обладнання для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском;
- розроблена проектна документація, за якою виготовлений і випробуваний дослідно-промисловий зразок нового енергоекономічного апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском;
- розроблене технічне завдання на розробку і виготовлення промислового зразка нового апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском;
- здійснений авторський нагляд за розробкою промислового зразка нового апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском;
- здійснений комплекс заходів щодо прийняття у серійне виробництво промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском на відкритому акціонерному товаристві "Полтавамаш".

Реалізація результатів роботи. Проведено виробничі випробування розробленого дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском на базі навчально-виробничого комбінату ПУСКУ, м. Полтава (акт випробувань і впровадження від 26 грудня 2000 р.); технічне завдання на розробку і виготовлення промислового зразка апарата прийняте до виконання у ВАТ "Полтавамаш" (акт від 09 січня 2002 р.); основні положення дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес ПУСКУ.

Економічна ефективність від впровадження розробленого апарата на 1000 кг готової продукції (в цінах на 01.01.02 р.) за рахунок економії матеріальних та енергетичних витрат складає 5000,00 грн.

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

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації обговорено та схвалено на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Полтавського університету споживчої кооперації України (1996...2001р.р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини" (Полтава, 1997 р.), VII Міжнародній науково-технічній конференції "Пріоритетні напрями впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, обладнання і нових видів продуктів оздоровчого і спеціального призначення" (Київ, 2001 р.), науково-практичному семінарі

"Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини" (Полтава, 2001 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 6 наукових праць, у тому числі: статей у наукових фахових виданнях, що затверджені ВАК України - 3; деклараційних патентів України на винаходи - 2; тез доповідей на наукових конференціях - 1.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 134 найменування, у тому числі 31 іноземних, і додатків. Роботу викладено на 122 сторінках, вона містить 35 рисунків, 22 таблиці і 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі дослідження, подано відомості про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі "Аналіз існуючих способів кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів та апаратів для їх реалізації" проаналізовано особливості процесу кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів, в тому числі і двостороннього. Розглянуті результати дослідження структурно-механічних властивостей м'яса, встановлено діапазон значень граничного осьового тиску, за якого починається руйнування структури з'єднувальної тканини м'яса, придатного для жаріння: в свинині – $(10...15) \cdot 10^3$ Па, у яловичині – $(14...20) \cdot 10^3$ Па. Аналіз технічного рівня сучасних апаратів для кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів дозволив зробити висновок про необхідність їх вдосконалення. Було визначено напрямок розробки нових конструкцій апаратів для двостороннього жаріння, їх основних вузлів та необхідність проведення експериментальних досліджень розробленого апарата.

У другому розділі "Об'єкти та методики дослідження" на основі проведеного аналізу висунуто гіпотезу про існування раціональних параметрів тривалості теплової обробки ϕ при двосторонньому жарінні м'яса під осьовим тиском (рис. 1), що відпо- відають локальній зоні від p_1 до p_2 та залежать в умовах нежорсткої фіксації верхньої поверхні жаріння від граничного тиску p_{2p} , за якого починається руйнування з'єднувальної тканини м'яса. Наведено загальний план досліджень (рис. 2) і методику дослідження граничного осьового тиску, який викликає структурні зміни з'єднувальної тканини м'яса, на розробленому для цієї мети апараті (рис. 3).

Складається апарат з нижньої і верхньої платформи, поєднаних через шарнір. У верхній платформі зачekanено діафрагму з нержавіючої сталі товщиною $5 \cdot 10^{-4}$ м, яка в умовах навантаження працює на прогин, що фіксується датчиком - мікрометром, шкала якого проградуйована в 10^3 Па. Верхня платформа навантажується пересувним вантажем, який рухається по напрямній, і створює тиск на м'ясо, що розміщується поміж платформами. При перебільшенні зовнішнім прикладеним тиском величини граничного тиску деформація за напрямком прикладання зусилля у м'ясі стає меншою завдяки збільшенню бокової деформації і цей момент фіксується на датчику, стрілка якого відхиляється вліво через зменшення величини прогину діафрагми. Апарат може використовуватись для

жаріння м'яса, так як платформи мають електричні нагрівачі по- верхонь і терморегулятор. Для проведення експериментальних досліджень процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском і одержання даних, що необхідні при проектуванні промислового зразка апарата, був створений експериментальний стенд (рис. 4). Наведена методика попередніх досліджень тривалості процесу двостороннього жаріння і виходу готового продукту від величини прикладеного тиску. Наведені методики вимірювання температури всередині продукту, тривалості теплової обробки і виходу готового продукту. Методика досліджень передбачає також дослідження властивостей готового

продукту – орга- нолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних.

Крім того, наведена методи- ка виробничих випробувань дослідно-промислового зразка роз- робленого апарата для двосто- роннього жаріння м'яса під осьовим тиском. Математична обробка ре- зультатів експериментальних до- сліджень здійснювалась сучасними статистичними методами за допо- могою ПЕОМ з використанням пакету програм Excel і Curve Table 3D.

У третьому розділі "Резуль- тати експериментальних дослід- жень" наведені результати дослід- ження залежності граничного осьового тиску p_{zp} , за якого починається руйнування структури з'єднувальної тканини, від товщини дослідного зразка з м'яса свинини (рис. 5) і яловичини на розробленому апараті. За величину

одиночного граничного осьового тиску приймався тиск p_{zp1} на дослідний зразок товщиною 0,01 м. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що за однакової площі зразка граничний осьовий тиск p_{zp} прямопропорційно залежить від товщини зразка h і зв'язаний з p_{zp1} і h співвідношенням

$$p_{zp} = \frac{h}{0,01} p_{zp1}, \text{ Па}; \quad (1)$$

де h - товщина дослідного зразка, м;

0,01 - товщина еталонного зразка, м, (чисельно він дорівнює величині зусилля, розподіленого на одиницю поверхні одиниці об'єму продукту).

Аналогічну лінійну залежність отримано і для зразків м'яса найдовшого м'язу свинини і яловичини, нарі- заного повздовж волокон.

Результати попередніх експериментів з визначення загального вигляду залежності тривалості двостороннього жа- ріння і виходу готового продукту від величини осьового тиску підтвердили висунуту гіпотезу.

При проведенні двофак- торного трьохрівневого експе- рименту з дослідження впливу тиску на тривалість теплової обробки і вихід готового про- дукту в залежності від товщини напівфабрикату, виготовленого з найдовшого м'язу свинини і яловичини,

використовувалась температура поверхонь жаріння 145...150⁰С, за якої попе- реджується утворення в ско- ринці просмажування гете- роциклічних ароматичних амі- нів - шкідливих канцерогенних речовин. Було встановлено, що тривалість теплової обробки (рис. 6) як для свинини, так і для яловичини при максимальному виході готового продукту (рис. 7) мінімальна при тиску на продукт, який забезпечує в

м'ясі напруги поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничних. Нагрів проводився від температури 18⁰С до 72⁰С всередині продукту для напівфабрикатів зі свинини і від температури

18⁰С до температури 84⁰С всередині продукту для напівфабрикатів з яловичини. Для виробів зі свинини товщиною 0,005; 0,010; 0,015 м (за точками плану по товщині h , відповідно, -1; 0; 1), нарізаних впоперек волокон, тривалість теплової обробки при

осьовому тиску на них поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{zp} , становила відповідно 32...34; 53...55; 76...78 с; для виробів з яловичини за тих же товщин час становив 42...44; 66...68; 78...80 с. Вихід готового про- дукту для виробів зі свинини становив 89,9...90,0; 89,9...90,1; 89,9...90,1%; для виробів з яловичини - 88,4...88,5; 88,7...88,8; 88,9... 89,0%.

Питомі витрати електро- енергії складала під час жаріння, в залежності від величини

тиску, для м'яса свинини - 0,17...0,20 кВтЧгод/кг і для м'яса яловичини - 0,18...0,22 кВтЧгод/кг .

Результати експерименту підтвердили висунуту гіпотезу, що дало можливість після відповідної математичної обробки отримати математичну модель процесу на локальній дільниці (від -1 до 1, що відповідає тиску $\pm 2 \cdot 10^3$ Па від граничного p_{2p}) поблизу граничного (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) осьового тиску p_{2p} м'яса за тривалістю ϕ (с) теплової обробки у вигляді поліному другого порядку

$$\tau = a_0 + a_1 h' + a_2 h'^2 + a_3 p' + a_4 p'^2 + a_5 h' p'; \quad (2)$$

де $a_0 \dots a_5$ - коефіцієнти моделі;

h' - товщина напівфабрикату в кодованих одиницях (від -1 до 1, що відповідає товщині від 0,005 м до 0,015 м з нульовим рівнем 0,010 м);

p' - осьовий тиск на продукт в кодованих одиницях.

Вирішення цього рівняння в програмі Curve Table 3D за отриманими в ході експерименту даними дозволило отримати коефіцієнти моделі. Для свинини - $a_0 = 54$; $a_1 = 22,3$; $a_2 = 0,6$; $a_3 = -1$; $a_4 = 3,5$; $a_5 = -0,3$; для яловичини - $a_0 = 66$; $a_1 = 17,9$; $a_2 = -4,1$; $a_3 = -1,3$; $a_4 = 4,4$; $a_5 = 0,4$ (рис. 8).

Математичну модель виходу готового продукту z (%) також можна представити у вигляді поліному другого порядку

$$z = b_0 + b_1 h' + b_2 h'^2 + b_3 p' + b_4 p'^2 + b_5 h' p'; \quad (3)$$

де $b_0 \dots b_5$ - коефіцієнти моделі;

h' - товщина напівфабрикату в кодованих одиницях;

p' - осьовий тиск на продукт в кодованих одиницях.

Вирішення цього рівняння в програмі Curve Table 3D за отриманими в ході експерименту даними дозволило отримати коефіцієнти моделі. Для свинини $b_0=90,1$; $b_1=0,2$; $b_2= -0,1$; $b_3=0,3$; $b_4= -0,4$; $b_5= -0,3$; для яловичини $b_0=88,7$; $b_1=0,4$; $b_2= -0,03$; $b_3=0,4$; $b_4= -0,8$; $b_5= -0,3$ (рис. 9).

Перевірка моделей за критерієм Фішера довела, що вони є адекватними з вірогідністю 0,95.

Проведена органолептична оцінка якості виробів після двостороннього жаріння під тиском за точками плану показала, що проведення процесу під осьовим тиском до граничного p_{2p} позитивно впливає на їх якість. Проведення процесу двостороннього жаріння під осьовим тиском більше граничного p_{2p} різко погіршує органолептичні показники (зовнішній вигляд, смак, консистенцію).

В результаті аналогічного експерименту з м'ясом, нарізаним повздовж волокон, встановлено недоцільність такого нарізання для двостороннього жаріння під осьовим тиском, так як воно негативно впливає на тривалість теплової обробки і особливо на вихід готового продукту, що можна пояснити не тільки вигнічуванням вологи повздовж волокон при двосторонньому жарінні, але і зменшенням міцності з'єднувальної тканини в процесі жаріння; при такому розташуванні вихід не перевищував 63 %.

При проведенні фізико-хімічних і мікробіологічних досліджень порівнювався вміст основних показників у виробках зі свинини після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} і після традиційного жаріння основним способом.

Аналіз фізико-хімічних показників, отриманих в ході досліджень, дозволив зробити наступні висновки (в дужках першими наведені чисельні значення показників у виробках після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} , другим – після традиційного жаріння основним способом):

- збільшений вміст води (69,50% проти 55,26%), білка (28,24% проти 26,42%), кальцію (0,065% проти 0,063%) та фосфору (0,34% проти 0,31%) свідчить про підвищення якості і збільшення виходу готового продукту після двостороннього жаріння під осьовим тиском;
- вміст жиру (9,3% проти 14,3%) свідчить про те, що у виробках в процесі двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} відбувається його виплавлення і вигнічування, що є недоліком; однак якість жиру за йодним числом (60,01 проти 59,61) краще;
- величина рН (6,95 проти 6,85), вміст оксипроліну (44,2 мг% проти 46,0 мг%) свідчить про прискорення зварювання і дезагрегації колагену при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} ;
- величина вологостійкості (41,42 проти 48,16) викликана збільшенням рН і свідчить про більший ступінь денатураційних змін у виробках після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} ;
- якісний показник білку (8,75 проти 8,20) свідчить про підвищення якості готових виробів після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} ;
- опір розрізуванню ($3,96 \text{ кг/см}^2/\text{с}$ проти $4,34 \text{ кг/см}^2/\text{с}$) у виробках з яловичини після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} свідчить про більший ступінь переходу колагену в глютин;
- кращим за бактерицидністю виявився спосіб двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} , так як кількість колонієутворюючих одиниць мезофільно-аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФМ КУО) у виробках менша (30 проти 80) що, очевидно, пояснюється сумарним впливом на мікроорганізми температурного фактору і тиску, а також різким (практично миттєвим) його скиданням в обжарюваному продукті. Патогенні і умовно-патогенні мікроорганізми в дослідних зразках не виявлені. Дослідження з обліку сапрофітних мікроорганізмів (бактерій і грибів) довело, що при зберіганні протягом 24 годин кількість мікроорганізмів була меншою у виробках після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} (148,9 тис/1 г проти 215,4 тис/1 г).

Загалом можна зробити висновок, що якість виробів після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} за вказаними показниками вища, ніж у виробів після традиційного жаріння основним способом. Це дало можливість розробити технологію жаріння, за якою суттєво (до 20%) підвищується вихід готового продукту, знижується тривалість одного циклу жаріння в 7...10 разів і питома витрата електроенергії в 3...7 разів в порівнянні з традиційною технологією жаріння.

У четвертому розділі "Розробка дослідно-промислового зразка апарата для

двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском" наведено вимоги до конструкції апарата та його схема (рис. 10).

Здійснено розрахунок механізму створення тиску на продукт і тепловий розрахунок, за яким підібрано електричні нагрівачі. На їх основі здійснено розробку проектною документації на виготовлення дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

Наведено опис дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском, виготовленого за розробленою проектною документацією. Надані рекомендації щодо раціональної експлуатації апарата на підприємствах харчування для забезпечення його тривалої безвідмовної роботи.

Наведено результати виробничих випробувань, які проводились на базі навчально-виробничого комбінату ПУСКУ, з визначення основних технічних характеристик апарата (табл. 1) і органолептичної оцінки якості готових виробів, які пройшли теплову обробку в апараті за запропонованою технологією.

Таблиця 1

Основні характеристики дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском

| Характеристика | Одиниця вимірювання | Значення (в чисельнику - по виробках зі свинини, в знаменнику - з яловичини), ±0,05 |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Тривалість виходу в робочий режим | с | 477 |
| Вихід готового продукту | % | 87,4/82,45 |
| Питома витрата електроенергії | (кВтЧгод)/кг | 0,20/0,27 |
| Маса | кг | 15,545 |
| Температура поверхонь жаріння | °С | 150 |
| Споживана потужність | Вт | 1383 |

На базі недоліків, виявлених у ході виробничих випробувань, проведено додаткове дослідження температурних полів поверхонь жаріння дослідно-промислового зразка апарата, в ході яких встановлено, що їх загальна нерівномірність за цикл між

вимиканням і вмиканням ТЕНів терморегулятором складає 30 °С.

В умовах двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском, коли тривалість теплової обробки невелика (від 38 до 80 с), а швидкість процесу значна, нерівномірність температурного поля поверхонь жаріння негативно впливає на якість виробів: неоднаковий темп підводу теплоти до різних частин одного виробу призводить до неоднакового їх прогрівання, внаслідок чого у виробі відбувається також і перерозподіл вологи. При цьому органолептичні показники знижуються. Через вказані причини використання ТЕНів для нагріву поверхонь жаріння при двосторонньому підводі теплоти до продукту недоцільне, що стало підставою для проведення пошуку альтернативних нагрівачів.

В результаті проведеного пошуку сумісно з представниками ТОВ "Сімеб" було розроблено технічне завдання на розробку і виготовлення серії нагрівачів електричних фольгових двох типорозмірів і потужності для використання в апаратах для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском, за яким розроблені технічні умови на вказані нагрівачі ВТУУ14336028-04 "Нагрівачі електричні фольгові плоскі НЕФ-ГК-0,5/110 і НЕФ-ГК-1,1/110 для жаріння м'яса і м'ясопродуктів в контактних грилях", проведені виробничі випробування нагрівачів установчої серії і вироблена серія вказаних нагрівачів.

Використання НЕФів і нанесення шару тефлону товщиною 50 мкм на поверхні

жаріння дозволило знизити нерівномірність температурного поля до 5 °С (рис. 11).

У п'ятому розділі "Практична реалізація результатів досліджень" на базі рекомендацій, отриманих у ході виробничих випробувань дослідно-промислового зразка апарата і проведених додаткових досліджень, розроблена схема промислового зразка апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском без вантажу (рис. 12), складене технічне завдання на його розробку і виготовлення на ВАТ "Полтавамаш", тривають роботи з підготовки серійного виробництва.

Оцінено економічний ефект від впровадження розробленого апарата, який полягає в зменшенні питомих витрат електроенергії на процес жаріння в 3...6 разів і зменшенні витрат м'яса через збільшений на 20 % вихід готового продукту, що дає сумарну економію 5000,00 грн. на 1000 кг готових смажених виробів.

Оцінено соціальний ефект від впровадження запропонованого апарата, який полягає в покращенні харчової цінності готових виробів, що пройшли теплову обробку за запропонованою технологією.

ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного аналізу літературних джерел висунуто гіпотезу про існування раціональних параметрів з тривалості теплової обробки при двосторонньому жарінні під осьовим тиском і виходу готового продукту, які в умовах нежорсткої фіксації верхньої поверхні жаріння залежать від граничного тиску p_{gr} для сировини, за якого починається руйнування з'єднувальної тканини. Зроблено висновок про необхідність вдосконалення існуючих та розробки нових апаратів для двостороннього жаріння під осьовим тиском. Було визначено напрямки вдосконалення і розробки апаратів для двостороннього жаріння, їх основних вузлів та необхідність проведення експериментальних досліджень нового апарата.
2. Дослідження величини граничного осьового тиску, за якого починається руйнування з'єднувальної тканини м'яса, на розробленому для цієї мети апараті показали, що граничний осьовий тиск на м'ясо прямопропорційно залежить від товщини зразка, що було враховано при розробці апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском.
3. Дослідження впливу тиску на тривалість теплової обробки в залежності від товщини зразка на створеному експериментальному стенді для реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском підтвердило висунуту гіпотезу про існування раціональних параметрів щодо тривалості теплової обробки і виходу готового продукту. Розраховано математичну модель тривалості теплової обробки і виходу готового продукту в залежності від прикладеного осьового тиску поблизу граничного p_{gr} і товщини виробу для різних видів м'яса.
4. На основі отриманих в ході експериментів даних запропоновано нову технологію виготовлення натуральних смажених виробів, за якою процес двостороннього жаріння проводять при температурі поверхонь жаріння 145...150 °С під осьовим тиском на попередньо нерозпушений напівфабрикат поблизу граничного p_{gr} , за якого починається руйнування з'єднувальної тканини. Запропонована технологія дозволяє суттєво (до 20%) підвищити вихід готового продукту, знизити тривалість одного циклу жаріння в 7...10 разів, знизити питому витрату електроенергії в 3...7 разів в порівнянні з традиційною технологією жаріння.
5. Дослідження фізико-хімічних показників виробів, що пройшли теплову обробку за розробленою технологією, показали їх переваги за вмістом білка, фосфору, кальцію, ступенем переходу колагену в глютин і якістю жиру перед виробами, що пройшли

традиційну теплову обробку.

6. Дослідження мікробіологічних показників виробів, які пройшли теплову обробку за розробленою технологією, довели, що в процесі двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного гинє в 2,5...3,0 рази більше мікроорганізмів, ніж при традиційному, а в процесі зберігання на протязі 24 годин кількість мікроорганізмів залишається меншою, ніж після традиційного жаріння.

7. Розроблено, виготовлено і випробувано у виробничих умовах дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском, який реалізує запропоновану технологію.

8. Досліджено температурні поля поверхонь жаріння апаратів для двостороннього жаріння, які обігріваються ТЕНами і плоскими електричними нагрівачами на слюдопластовій основі (НЕФами); встановлена недоцільність використання ТЕНів і доцільність використання НЕФів в таких апаратах; розроблено технічне завдання на розробку і виготовлення серійної партії нагрівачів двох типорозмірів НЕФ-ГК-0,5/110 і НЕФ-ГК-1,1/110; організовано їх серійне виробництво.

9. Розроблено технічне завдання на розробку і виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском з обігрівом плоскими електричними нагрівачами на слюдопластовій основі (НЕФами); здійснено авторський нагляд за розробкою проектної документації на промисловий зразок апарата.

10. Проведено комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень у практику підприємств харчування. Оцінено економічний ефект, який полягає в істотній економії електроенергії і сировини і складає 5000,00 грн. на 1000 кг готових смажених виробів, екологічний і соціальний ефекти практичного впровадження нового апарата. Підтверджено висновок про доцільність широкомасштабного промислового випуску апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Скрипник В.О. До питання двостороннього смаження м'ясопродуктів в умовах вісьового стиснення // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. - Донецьк: ДонДУЕТ, 2000. – Ч. 1. - С. 196 - 203.
2. Дорохін В.О., Троцький М.Я., Скрипник В.О. Вплив двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском на ступінь переходу колагену в глютин // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 2000. - Ч.2. - С. 256 - 259.
3. Дорохіна М.О., Фірсова Р.М., Скрипник В.О. Результати мікробіологічних досліджень м'ясних виробів, смажених з двох боків під оптимальним осьовим тиском // Наук. пр. УДУХТ. Спецвипуск №10. – К.: УДУХТ, 2001. - Ч.1. - С. 149 –150.
4. Пат. 36799 А Україна, МКВ А 22 С 18/00. Спосіб двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском / В.О.Дорохін, О.П.Шеляков, В.О.Скрипник (Україна). - №2000020729; Заявл. 10.02.00; Опубл. 16.04.01; Бюл. № 3. - 3 с.
5. Пат. 37604 А Україна, МКВ А 47 J 37/06. Пристрій для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском / В.О.Дорохін, О.П.Шеляков, В.О.Скрипник, О.В.Скрипник (Україна). - №2000020728; Заявл. 10.02.00; Опубл. 15.05.01; Бюл. № 4. - 3 с.
6. Дорохін В.О., Шеляков О.П., Скрипник В.О. Дослідження двосторонньої жарки м'ясопродуктів // Праці міжнар. наук.-практ. конф. “Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини”. - Полтава: ПКІ.- 1998. - С. 195 – 199.

АНОТАЦІЯ

Скрипник В.О. Дослідження процесу та вдосконалення обладнання для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском. - 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 питанням дослідження процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском. Встановлено, що раціональний тиск на м'ясо в процесі двостороннього жаріння в умовах нежорсткої фіксації верхньої поверхні жаріння суттєво залежить від структурно-механічних властивостей м'яса. З урахуванням цього обґрунтовано напрямки розробки апарата. На базі результатів досліджень розроблено апарат для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском з поліпшеними показниками продуктивності, енергоекономічності та екологічної чистоти. Запропонована математична модель тривалості теплової обробки і виходу готових виробів з м'яса. Доведено високу якість готового продукту, що пройшов теплову обробку на вдосконаленому обладнанні за розробленою технологією. Основні результати роботи знайшли промислове впровадження на підприємствах, які виробляють обладнання для харчової та переробної галузей виробництва.

Ключові слова: осьовий тиск, двостороннє жаріння м'яса під осьовим тиском, тепла обробка.

АННОТАЦИЯ

Скрипник В.А. Исследование процесса и усовершенствование оборудования для двухсторонней жарки мяса под осевым давлением. – 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 вопросам исследования процесса двухсторонней жарки мяса под осевым давлением. Установлено, что рациональное давление на мясо в процессе двухсторонней жарки в условиях нежесткой фиксации верхней жарочной поверхности при температуре 150°C, предотвращающей образование в корочке поджариваемых изделий гетероциклических ароматических аминов – вредных для организма человека веществ эндогенной природы, в большей степени зависит от структурно-механических свойств мяса. На базе анализа существующих способов кондуктивной жарки мяса и мясопродуктов и аппаратов для их реализации выдвинута гипотеза о существовании рациональных параметров по продолжительности тепловой обработки мяса и выходу готового продукта, которые зависят от прочности соединительной ткани мяса.

Для исследований разработан экспериментальный стенд, позволяющий выработать методики измерения температуры внутри обрабатываемого продукта, времени тепловой обработки, а также требования к экспериментальному образцу аппарата для двухсторонней жарки под осевым давлением. Проведены исследования по определению зависимости граничного давления, при котором начинается разрушение структуры соединительной ткани, от толщины исследуемого образца мяса; установлено, что указанная зависимость имеет линейный характер, т.е. величина граничного осевого давления прямопропорционально зависит от толщины исследуемого образца мяса. Установлено, что на величину граничного осевого давления для мяса существенно влияет вид, пол и возраст животных, вид мышц, сроки хранения мяса, условия хранения и дефростации, что, в свою очередь, зависит от

прочностных свойств соединительной ткани. Проведены исследования по определению зависимости времени тепловой обработки и выхода готового продукта от величины осевого давления. Определены удельные затраты электроэнергии на процесс двухсторонней жарки под осевым давлением. Предложена математическая модель продолжительности тепловой обработки и выхода готового продукта при двухсторонней жарке под осевым давлением вблизи граничного в виде полинома второго порядка.

Проведены исследования основных физико-химических и микро- биологических показателей качества изделий после двухсторонней жарки под давлением вблизи граничного в сравнении с изделиями после традиционной жарки основным способом. Установлено, что содержание основных веществ, характеризующих качество, выше в изделиях после двухсторонней жарки под давлением вблизи граничного. Исключение составляет более низкое содержание жира, что свидетельствует о его выплавке и выпрессовке, в отличие от традиционной жарки, из продукта в процессе двухсторонней жарки под осевым давлением. Химическими, инструментальными и органолептическими исследованиями установлено, что степень перехода коллагена в глютин выше в изделиях после двухсторонней жарки под осевым давлением вблизи (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного. Установлено, что лучшим по бактерицидности оказался способ двухсторонней жарки под осевым давлением вблизи граничного.

По результатам проведенных исследований разработана технология двухсторонней жарки мясных натуральных изделий, в соответствии с которой процесс жарки проводят при температуре жарочных поверхностей около $145 \dots 150^\circ\text{C}$ под осевым давлением вблизи (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при котором в мясе начинается разрушение структуры соединительной ткани. Предложенная технология позволяет существенно (до 20%) повысить выход готового продукта, снизить продолжительность одного цикла жарки мясных натуральных изделий в 7...10 раз, снизить удельный расход электроэнергии в 3...7 раз по сравнению с традиционной технологией жарки основным способом.

По результатам исследований установлена адекватность модели, выдвинуты основные требования к конструкции нового аппарата. Проведен расчет механизма создания давления и тепловой расчет опытно-промышленного образца аппарата для двухсторонней жарки мяса под осевым давлением. На базе проведенных расчетов и выдвинутых требований разработана проектная документация и изготовлен опытно-промышленный образец аппарата для двухсторонней жарки под осевым давлением с улучшенными показателями по производительности, энергоэкономичности и экологической чистоты.

Проведены промышленные испытания опытно-промышленного образца аппарата для двухсторонней жарки под осевым давлением, результатом которых стали рекомендации о внедрении в практику предприятий общественного питания разработанной технологии двухсторонней жарки под осевым давлением вблизи граничного и о серийном производстве разработанного аппарата.

Органолептическая оценка изделий после тепловой обработки по предложенной технологии в опытно-промышленном образце аппарата показала, что качество этих изделий не уступает, а по некоторым показателям превышает качество жареных по традиционной технологии изделий.

Исследованы температурные поля жарочных поверхностей аппаратов для двухсторонней жарки, обогреваемых ТЭНами. Установлена нецелесообразность их

обогрева ТЭНами в аппаратах для двухсторонней жарки под осевым давлением. Разработана проектная документация на серийное производство промышленного образца аппарата для двухсторонней жарки мяса под осевым давлением с использованием плоских фольговых электрических нагревателей типа НЕФ-ГК-0,5/110 и НЕФ-ГК-1,1/110. Аппарат принят к серийному изготовлению на ОАО “Полтавамаш”. Приведены результаты о высоком качестве готового продукта, который прошел тепловую обработку на разработанном оборудовании и технологии. Основные результаты работы нашли промышленное внедрение на предприятиях по изготовлению оборудования для пищевой и перерабатывающей отрасли производства.

Ключевые слова: осевое давление, двухсторонняя жарка мяса под осевым давлением, тепловая обработка.

SUMMARY

Scripnick V.O. Research of the process and equipment improvement of double sided meat frying under axis pressure. – Manuscript.

Thesis for a candidate of science degree in technique sciences, specialty 05.18.12 – processes and equipment of microbiological and pharmaceutical production. – Kharkiv State Academy of Food Technology and Management, Ministry of Science and Education in Ukraine, Kharkiv, 2002.

The problems of double sided meat frying under axis pressure are studied in this dissertation. It was cleared up that rational pressure on meat at the process of double sided meat frying in the conditions of soft fix depends on structural qualities of meat. The ways of equipment development were found according to the research results. The machine for double sided meat frying under axis pressure was invented. This machine has a high level of productivity, uses less energy, and environmentally clean. It was offered the mathematical modal of time for heat treating and producing of meat food. The high quality of foods, which were heat treated at improved equipment under new technology was proved. This machine is used in the firms, plants, which produce food equipment.

Key words: axis pressure, double sided meat frying (pressure heat treatment of meat), heat treatment.