

**Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ
І ТОРГІВЛІ» (ПУЕТ)**

В. О. СКРИПНИК

**РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ
ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ
М'ЯСА В УМОВАХ ОСЬОВОГО
СТИСНЕННЯ**

МОНОГРАФІЯ

**ПОЛТАВА
ПУЕТ
2012**

УДК 664.002.5:640.432
ББК 36.92-5
С45

Затверджено до друку вченою радою Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» від 21 грудня 2011 року (протокол № 11)

Рецензенти:

Г. В. Дейниченко, професор, д.т.н. (Харків);

В. Г. Мирончук, професор, д.т.н. (Київ).

Скрипник В. О.

С45 Розробка обладнання для реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення : монографія / В. О. Скрипник. – Полтава : ПУЕТ, 2012. – 173 с.

ISBN 978-966-184-149-8

У монографії викладено теоретичні і практичні аспекти реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення, наведено результати теоретичних, експериментальних і прикладних досліджень, основні етапи створення малогабаритного високоефективного обладнання.

Для викладачів, аспірантів, магістрів і спеціалістів, а також наукових працівників, практичних працівників галузі харчових виробництв, в т. ч. ресторанного господарства.

УДК 664.002.5:640.432
ББК 36.92-5

ISBN 978-966-184-149-8

© Скрипник В. О.

© Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 2012

ЗМІСТ

<i>Передмова</i>	5
РОЗДІЛ 1. Аналіз способів кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів та апаратів періодичної дії для їх реалізації	8
1.1. Особливості процесів, які відбуваються при жарінні м'яса і м'ясопродуктів основним способом	8
1.2. Апарати періодичної дії для реалізації кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів	19
1.3. Висновки за розділом	28
РОЗДІЛ 2. Теоретичні передумови проведення процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення	30
РОЗДІЛ 3. Вплив величини осьового стиснення при двосторонньому жарінні м'яса	34
3.1. Вплив величини одноосного стиснення на компресійні властивості м'яса	34
3.2. Вплив величини осьового стиснення при двосторонньому жарінні м'яса на тривалість процесу і вихід готового продукту	42
3.3. Математичні моделі впливу величини осьового стиснення на тривалість процесу двостороннього жаріння м'яса і вихід готового продукту	70
РОЗДІЛ 4. Якість готових виробів після двостороннього жаріння при раціональних значеннях осьового стиснення	76
4.1. Якість готових виробів за фізико-хімічними показниками	76
4.2. Оцінка ступеня переходу колагену в глютин у готових виробах	81
4.3. Якість готових виробів за мікробіологічними показниками	84
4.4. Висновки за розділом	87

РОЗДІЛ 5. Розробка і впровадження обладнання для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення і впровадження їх у виробництво	89
5.1. Обґрунтування і розрахунок обраної конструкції	89
5.2. Дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення і його експлуатація. Результати його випробувань в умовах діючого виробництва.....	105
5.3. Впровадження конструктивних заходів для зменшення нерівномірності температурного поля поверхонь жаріння в апараті для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення.....	114
5.4. Промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення.....	119
5.5. Впровадження промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення.....	121
<i>Висновки</i>	<i>126</i>
<i>Додатки.....</i>	<i>128</i>
<i>Список літератури.....</i>	<i>163</i>

ПЕРЕДМОВА

Після проголошення незалежності і поступового переходу національної економіки України до ринкових відносин в зв'язку з постійним зростанням вартості енергоносіїв гостро постало питання щодо виробництва в достатній кількості електроенергії. Електрична енергія, як відомо, в Україні виробляється в основному на атомних і теплових електростанціях. Її виробництво супроводжується шкідливим забрудненням навколишнього середовища, а також величезними тепловими викидами.

Завдяки Державній програмі підтримки малого бізнесу в Україні спостерігається швидке зростання мережі малих підприємств харчування швидкого обслуговування. Розвиток мережі таких підприємств дозволяє створювати нові робочі місця, а також забезпечує додаткове надходження коштів у вигляді податків в державний і місцеві бюджети. Однак таке зростання кількості підприємств спричиняє і швидке збільшення обсягів споживання енергоресурсів. Зменшення тривалості теплового оброблення дозволяє знизити витрати енергоносіїв.

Особливою популярністю в підприємствах швидкого обслуговування користуються м'ясні продукти, які є традиційними в харчуванні населення як України, так і інших країн світу. Досить значну частку в них займають смажені вироби.

Жаріння м'ясних виробів основним способом є одним із найбільш енергоємних процесів у виготовленні кулінарної продукції через тривалий час теплової обробки (від 5 до 15 хвилин) і великі втрати маси (до 35...40 %).

До складу сировини, що використовується для їхнього приготування, можуть входити хімічні сполуки екзогенної природи. Крім того, у готових виробах можуть міститися хімічні сполуки ендогенної природи, що утворюються і накопичуються в них у процесі теплової кулінарної обробки.

Вітчизняне та іноземне спеціалізоване обладнання (сковороди, плити для безпосереднього жаріння) розраховане на масове виготовлення смажених виробів і має велику продуктивність. Його застосування в малих підприємствах швидкого обслуговування через низький коефіцієнт використання площі поверхні для жаріння є малоефективним і призводить до перевитрати енергоносіїв, а також зростання собівартості виробництва. У

зв'язку з цим, на таких підприємствах для жаріння основним способом використовують електричні плити і наплитний посуд. Однак проведення жаріння основним способом на вказаних апаратах не дозволяє контролювати параметри самого процесу (температуру жиру на поверхні наплитного посуду, або самої поверхні в разі його відсутності), що може призвести до утворення хімічних сполук ендогенної природи. Крім того, через низький коефіцієнт корисної дії плит збільшуються витрати енергоносія на процес жаріння.

Найбільш доцільним для використання у вказаних підприємствах через невеликі габарити і споживану потужність є спеціалізовані апарати для двостороннього жаріння м'ясних виробів. Використання двостороннього підведення тепла до продукту дозволяє значно інтенсифікувати сам процес жаріння (тривалість теплової обробки скорочується на 16...50 %, підвищується на 12...16 % вихід готового продукту). Крім того, покращуються і органолептичні показники готових м'ясних виробів.

Проведення процесу двостороннього жаріння в умовах осьового стиснення значно його інтенсифікує: тривалість теплової обробки зменшується в 4...12 разів у порівнянні з традиційним жарінням основним способом, що значно зменшує витрати енергоносія. Величина зусилля стиснення істотно впливає на швидкість проведення процесу двостороннього жаріння.

Головними завданнями цієї монографії є висвітлення теоретичних і практичних аспектів реалізації процесу двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення, обґрунтування конструкцій, розроблення і впровадження обладнання для його реалізації.

Монографія розрахована на широку цільову аудиторію – викладачів, аспірантів, магістрів і спеціалістів, а також наукових працівників, практичних працівників галузі харчових виробництв, в т. ч. ресторанного господарства.

Монографію підготовлено за матеріалами науково-дослідної теми кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» «Інтенсифікація технологічних процесів з використанням різних фізичних методів з метою енергозбереження при обробці харчових продуктів. Розробка вимог до апаратів» – номер державної реєстрації 0110U002269.

Автор висловлює слова щирої подяки ректору Полтавського університету економіки і торгівлі Олексію Олексійовичу Нестулі, ректору Харківського державного університету харчування та торгівлі Олександрю Івановичу Черевку, професору Віктору Олександровичу Дорохину, колегам – викладачам та науковцям, які надавали критичні зауваження щодо змісту монографії, а також рецензентам.

В подальшому автор продовжить дослідження проблем підвищення енергетичної ефективності процесів та апаратів жаріння харчової сировини і сподівається, що тісна співпраця з професіоналами-науковцями і практичними працівниками сприятиме більш ефективній діяльності вітчизняних підприємств ресторанного господарства.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ КОНДУКТИВНОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ ТА АПАРАТІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

1.1. Особливості процесів, які відбуваються при жарінні м'яса і м'ясопродуктів основним способом

Жаріння харчових продуктів основним способом – це теплова обробка продуктів в присутності достатньо невеликої кількості жиру (5...10 % від маси продукту) при температурі жиру 150...190 °С, яка забезпечує утворення скоринки на поверхні виробу [24, 29, 62, 79, 113, 117, 124, 125, 126, 133]. Розплавлений жир є рідинне теплопередаюче середовище, яке забезпечує рівномірний нагрів поверхні продукту, що контактує з жиром, на деяку глибину до температури вище 100 °С в умовах, близьких до сухого нагріву. Маючи великий термічний опір, жир захищає продукт від сильного місцевого перегріву [24, 29, 62, 79, 113, 117, 124, 125, 126, 133]. Рухомою силою процесу є градієнт температури.

Весь процес жаріння можна поділити на декілька періодів. В початковий період жаріння у зовнішньому шарі продукту, що контактує з розігрітим жиром, температура досить швидко підвищується до 100 °С. В цей період частина зв'язаної вологи, яка вигнічується внаслідок об'ємного стискання, викликаного денатурацією білків, і вільна волога рухаються за напрямком градієнту температур, тобто протилежно тепловому потоку, виходять на поверхню і змиваються розігрітим жиром [133]. Г. М. Постновим і С. В. Симов'яном [127] встановлено, що при нагріванні м'яса загальний об'ємний тиск виникає вже при 25 °С всередині продукту. Температура шарів, близьких до поверхні, при цьому складає 40 °С, що веде до денатурації білків м'язових волокон і скороченню верхніх шарів волокон. При цьому вигнічується частина найбільш німічно зв'язаної (фізико-хімічної) вологи. При температурі біля 100 °С і при атмосферному тиску в м'ясі виникає стійкий градієнт загального тиску [88], під дією якого здійснюється молярний перенос пари. Цей потік пари захоплює з собою частки рідини, які виносяться з матеріалу у граничний шар і далі до нагрітої поверхні, де відбувається їх випаровування. При досяганні температури 100 °С у цьому шарі відбувається

інтенсивне пароутворення. Як свідчать джерела [77, 122], в результаті утворення нижньої скоринки виникає опір виходу пари в навколишнє середовище, в результаті чого у підскоринковому шарі утворюється надлишковий тиск пари, що сприяє молярному переносу пари до верхньої поверхні продукту. Виникнення надлишкового тиску (до 2000 Па) зумовлене кількома причинами [133]:

1) кипіння рідини у капілярах при нормальному барометричному тиску відбувається при температурах, менших 100 °С, внаслідок чого при перегріві капілярно-пористого тіла тиск у ньому більше за барометричний;

2) з підвищенням температури продукту відбувається і нагрів газів, які знаходяться в його порах і капілярах. При цьому сума парціальних тисків пари та газу завжди перевищує барометричний.

Крім того, з початком денатурації м'язових білків настають постденатураційні зміни: зменшення міофibrил, згортання білків саркоплазми, зменшення діаметру м'язових волокон (на 25...30 %), зменшення товщини сполучнотканинних прошарків (в 2...2,5 рази), що зумовлює появу внутрішнього тиску [28, 63, 82, 127, 132]. Деформація і зсідання структурних елементів тканин викликає аналогічні процеси у продукті в цілому, і тому розташування в ньому колагенових волокон істотно впливає на величину і характер деформації. М'ясо містить 70...75 % води, і зміна її стану також впливає на величину деформації. При нагріванні за рахунок зміщення величини рН до ізоелектричної точки зменшується вологоутримуюча здатність м'язових білків [96, 127]. В результаті виникнення напруг частина вологи з розчиненими в ній речовинами вигнічується у зовнішнє середовище (до 35...40 %). Величина тиску залежить від структури продукту і міцності каркасу [127].

Підвищення температури середовища сприяє зростанню теплового потоку і, відповідно, надмірного тиску, які досягають максимуму в період нагріву продукту до 96...100 °С, коли одночасно з інтенсивним пароутворенням відбуваються денатураційні зміни і розширення газів [133].

Одночасно з підвищенням тиску проходить і його релаксація, при якій утворена пара і гази виходять назовні, переборюючи гідродинамічний опір скелета продукту. В результаті цього величина тиску всередині продукту залежить як від швидкості па-

роутворення і денатураційних змін, так і від швидкості релаксації пари: чим більше гідродинамічний опір скелета продукту, тим більше в ньому градієнт тиску пари [133].

М'язові волокна зменшуються у діаметрі, ущільнюються і також стають перепоною для виходу вологи в жир. Інтенсивність тепломасообміну, який відбувається в зоні пароутворення в контактному шарі продукту (на межі його контакту з жиром), залежить від температури гріючої поверхні, маси, вологовмісту, ступеня притискування і пористості матеріалу [80]. При високих температурах гріючої поверхні (вище 135 °С) теплообмін в контактному шарі, викликаний фазовим перетворенням і масообміном, переважає кондуктивний [38]. Він визначає величину густини потоку тепла і, як наслідок, інтенсивність жаріння. Пара, що утворилась в контактному шарі біля гріючої поверхні, прагне пройти вглиб м'яса. Ця пара, зустрічаючись з ще не нагрітим матеріалом, конденсується поблизу контактного шару і передає своє тепло матеріалу, за рахунок чого останній прогрівається більш інтенсивно [74]. О. В. Ликов вважав, що конденсація пари відбувається на поверхнях менісків капілярів, що потребує деякого надлишку пари [80]. Наступні порції пари все глибше проникають в м'ясо і також конденсуються. Внаслідок поступової втрати вологи і перетворення її на пару температура поверхневого шару починає збільшуватись до 135 °С або більше. Завдяки цьому у зовнішньому шарі виникають процеси термічного (пірогенетичного) розпаду складових часток сировини, у результаті яких, за даними авторів [7, 25, 56, 75, 85, 121, 134], виникають хімічні речовини, частково летючі, які мають приємний специфічний аромат та смак. Поява аромату, за даними літератури [7, 22, 56, 85, 75, 121, 134], пов'язана з процесом виникнення меланоїдинів у результаті взаємодії амінокислот з моносахаридами, який веде за собою зміну м'ясного кольору на коричневий.

Процес розпаду з утворенням речовин, які викликають відчуття аромату та смаку смаженого, розпочинається, за даними літератури [7, 22, 56, 85, 79, 121, 134], приблизно при 105 °С і підсилюється з підвищенням температури граничного шару продукту. Вище 135 °С виникають речовини з неприємним смаком та запахом горілого. При 150 °С цей процес підсилюється настільки, що якісні показники продукту різко погіршуються. Тому температура гріючого жиру не повинна бути вищою ніж 150...180 °С, а температура поверхневої скоринки (поверхневого шару) – близько 135 °С [63].

Останні дослідження авторів [19, 20, 92, 114–115] свідчать про те, що оптимальною температурою жиру для жаріння м'яса і м'ясопродуктів є 150 °С. При перевищенні цієї температури в м'ясі і м'ясопродуктах починається утворення шкідливих для організму людини гетероциклічних ароматичних амінів, які є продуктами піролізу амінокислот і формуються у ході складних багатоступеневих хімічних реакцій за обов'язковою участю креатину і його циклічної форми – креатиніну і амінокислот, тобто речовин, які відповідають за утворення смаку і запаху смаженого. У більшості випадків мутагенні гетероциклічні аміни виявляються в скоринці смажених продуктів і значно рідше – у внутрішніх частинах готових продуктів. На думку вчених [19, 20, 114], гетероциклічні ароматичні аміни є найбільш мутагенними хімічними сполуками, відомими на сьогоднішній день. У ході досліджень, проведених групою вчених [114–115] у Стокгольмському університеті, визначено, що вміст гетероциклічних ароматичних амінів прямопропорційний температурі і тривалості жаріння м'ясних кулінарних виробів. Найбільш раціональним режимом теплової кулінарної обробки є температура жиру на поверхні для жаріння 150 °С протягом 17,5...20 хвилин як для виробів м'ясних порціонних натуральних, так і для виробів м'ясних рубаних натуральних. Крім того, при температурі жиру на поверхні для жаріння 150 °С у м'ясному соку, що виділився при жарінні, спостерігається практично повна відсутність гетероциклічних ароматичних амінів.

Після утворення скоринки, як вже відзначалось вище, напрямки руху вільної вологи змінюється, тому на поверхні продукту, що не контактує з жиром, через деякий час вигнічується волога. Температура вказаної поверхні в цей час не перевищує 50 °С, що не достатньо для повної денатурації білків і зсідання колагену. Щоб цей процес закінчився, а також для надання якісних показників (рівномірна скоринка просмажування), м'ясо при досягнанні температури в граничному шарі 135 °С потребує перевертання. Волога, яка вигнічувалась на непрогрітій поверхні продукту, змивається жиром під час перевертання і втрачається. У зовнішньому шарі, що став контактувати з жиром, починають відбуватися процеси, описані вище. М'ясо досягає кулінарної готовності, коли температура всередині досягає певного значення. При теплової обробці м'язової тканини велике значення має зміна міоглобіну, від якого залежить колір готового м'яса і якісні по-

казники. Міоглобін у м'ясі денатурується в залежності від температури і тривалості нагрівання. При 60 °С червоний колір зберігається всередині виробу, при 80 °С і вище м'ясо (яловичина) стає коричневим, що свідчить про повну денатурацію міоглобіну і готовності продукту [33]. Велике значення при цьому має активність ферментів. Кисла фосфатаза втрачає активність при 70 °С. Карбоксилесераза інактивується при нагріванні 80 °С на протязі 10 хв або при 50 °С на протязі 40 хв [72].

Зміна харчової цінності виробів в залежності від температури прогрівання м'яса всередині напівфабрикату при жарінні на чавунній сковороді з температурою поверхні для жаріння 150 °С досліджувалась Мглинцем О. І. і Железняком К. Д. [63, 83]. Було встановлено, що втрати поживних речовин при жарінні м'яса залежать головним чином від температури прогрівання виробів і відповідної втрати маси продукту у вигляді пари і соку, з якими видалаються розчинені речовини. При підвищенні температури прогрівання на кожні 5 °С втрата маси продукту складає приблизно 4 %. В процесі жаріння темп втрати поживних речовин поступово знижується, одночасно відбувається поглинання жиру у зневоднені шари виробу [79, 83, 133]. При температурі прогрівання вище 75 °С (всередині продукту) якість виробів погіршується: в результаті видалення вологи збільшується втрата маси і знижується сочність продукту, підвищується жорсткість м'яса і знижується його харчова цінність [83]. Готовність настає, за даними Яремаченко М. А. [123], з досяганням всередині кусків свинини температури 70...72 °С, яловичини – 80...82 °С.

За даними досліджень [122] встановлено, що скоринка найкращої якості в м'ясних кулінарних виробках при жарінні на сковороді утворюється при густині теплового потоку 9,5 кВт/м², тому це значення густини теплового потоку є оптимальним для проведення процесу жаріння.

Рівномірність температурного поля поверхні для жаріння має велике значення для досягнення високої якості готових виробів. На основі дослідних даних М. І. Беляєва і В. Г. Загоскіної [41] встановлено, що нерівномірність температурного поля поверхні для жаріння без жиру не повинна перевищувати 50...60 °С, перевищення цієї величини негативно впливає на технологічні показники процесу жаріння основним способом.

Автори [87, 133] пропонують відійти від використання жиру в процесі жаріння основним способом. Поверхня для жаріння

вкривається шаром спеціального антипригарного покриття (фторопластом або ін.), яке має досить малу теплопровідність. Це дозволяє отримати на робочій поверхні більш рівномірне температурне поле. Але структура скоринки у такому виробі досить неоднорідна в порівнянні з виробами, які пройшли теплову обробку в присутності жиру. Це пояснюється зменшеною поверхнею контакту виробу з поверхнею для жаріння у порівнянні з жарінням в присутності жиру, тому задача збільшення поверхні контакту виробу з гріючою поверхнею при використанні антипригарних покриттів стає актуальною. Автор [87] пропонує для цього використовувати у сполученні з жарінням на поверхні інфрачервоне випромінювання і спеціальні панірувальні склади для виробів.

Загалом, кондуктивне жаріння основним способом має загальні певні недоліки: досить низький вихід готового продукту (63...65 % для натурального м'яса, 70 % для попередньо розпушених, панірованих шматків м'яса і виробів з січеного м'яса, 81 % у виробів з котлетної маси [133]), значні питомі витрати енергоносія, жиру, необхідність постійного контролю утворення скоринки просмажування виробів та ін.

Одним з напрямків інтенсифікації процесу жаріння є двостороннє підведення тепла до продукту, тобто коли продукт розташовується поміж двох розігрітих до 150...180 °С поверхонь жаріння. Відомо, що продукт, який пройшов теплову обробку в умовах двостороннього підведення тепла, має, в порівнянні з традиційним жарінням, збільшений вихід (тобто зменшені втрати вологи і, як наслідок, розчинених в ній поживних речовин), гарні органолептичні показники; зменшується тривалість теплової обробки і, як наслідок, на його приготування зменшуються питомі витрати енергоносія.

Роздільна обробка м'ясних продуктів нагріванням (термічна обробка) і тиском (пресування) – розповсюджені види процесів, які мають відповідні теоретичні основи [30, 39, 116, 127, 133]. Теоретичне обґрунтування поєднання обробки м'ясних продуктів нагріванням і тиском в літературі відсутнє, а відомості про наслідки такої обробки засновані на експериментальних даних. Разом з тим, в м'ясних продуктах при термічній обробці, особливо під час жаріння, виникає надлишковий тиск, зумовлений зміною нативного стану білків і фазовими перетвореннями вологи [127, 133], через що практично все обладнання для термо-

обробки м'ясопродуктів можна розглядати як обладнання для термобаричної обробки. Крім того, за умов двостороннього підведення тепла при жарінні в продукті виникає надлишковий тиск пари, викликаний осьовим тиском, який створюється за рахунок ваги верхньої поверхні для жаріння. В літературі [69, 127] зустрічаються терміни «пресорно-теплова обробка» (pressure-heat treatment), «обробка тиском-нагріванням» та інші.

Поєднання тиску і низькотемпературних режимів, за твердженням автора [2], забезпечує отримання додаткового «несподіваного» ефекту. Фізичний зміст цього ефекту полягає у тому, що компенсується різниця поміж тиском всередині продукту і назовні, що забезпечує збереження нативної вологи всередині продукту і скорочення тривалості прогрівання продукту і процесів, що в ньому відбуваються.

Зміни, що відбуваються в біологічних системах під тиском, досліджені в [9, 14, 16, 81].

Наслідки дії тиску, можна об'єднати, за даними Горбатова А. В. [39], в групи за величиною його тиску: до $100 \cdot 10^5$ Па, $(100 \dots 1000) \cdot 10^5$ Па, $(1000 \dots 10000) \cdot 10^5$ Па.

Зміни, які виникають в м'язовій тканині під дією тиску в діапазоні $(1000 \dots 10000) \cdot 10^5$ Па, за даними автора [12], виникають через зміни властивостей двох її основних компонентів: білків і води, які складають відповідно 16,5...20,9 і 72...80 %. У переважній більшості випадків зміна стану води у кількісному і якісному співвідношенні відображається як на властивостях продукту, так і на характері протікання цілого ряду технологічних процесів.

І. І. Іванов [127] дослідив вплив тиску на деякі властивості основних білків скорочувальної системи м'яса: міозину, актоміозину і актину. Встановлено, що при частковій денатурації міозину, яка викликається підвищенням тиску, як і при тепловій денатурації, відбувається агрегація молекул міозину. На кінетику в'язкості впливає збільшення тиску і концентрації. В найбільшій ступені в'язкість збільшується при тиску $(3500 \dots 4000) \cdot 10^5$ Па. Зворотна залежність має місце для розчинів активованого актину: при тиску $4000 \cdot 10^5$ Па в'язкість актину, що містить 1,14 мг/кг, зменшилась у чотири рази.

Р. Хаясі [12] вважає, що при тиску до 10^9 Па виникнення і розрив ковалентних зв'язків не відбувається. Із біомолекул, що розчинені у воді, високомолекулярні сполуки (білки, нуклеїнові

кислоти, полісахариди, жирні асоційовані похідні або їх складні комплекси), які необхідні для підтримання функцій і структури продуктів, зберігають первинну і вторинну структуру, тобто ковалентні зв'язки не змінюються, в той час як нековалентні зв'язки змінюються, просторова структура руйнується. Відсутність руйнування ковалентних зв'язків вигідно відзначає обробку тиском від інших: теплової обробки і опромінення, при використанні яких в харчових продуктах погіршується якість компонентів, руйнуються поживні речовини, з яких утворюються токсичні речовини. Але разом з тим відсутній і позитивний ефект зміни ковалентних зв'язків – виникнення аромату, зміна кольору.

Про надання м'ясу ніжності шляхом теплової обробки і тиску і, як наслідок, розм'якшення через це структури міофibrил, є відомості в літературі [15].

При тиску в діапазоні $(100...1000) \cdot 10^5$ Па відбуваються зміни структури м'яса через зміни міцності з'єднувальної тканини і властивостей м'язових волокон. Як показали дослідження авторів [12], при тиску $600 \cdot 10^5$ Па і температурі 60°C змінюється ніжність м'яса, яке було оброблене у стані посмертної задубілості, як підсумок розм'якшування структури міофibrил і розшарування з'єднувальної тканини.

При невеликих величинах тиску (діапазон до $10^2...10^5$ Па) він впливає на структуру м'язів через зміну міцності з'єднувальної тканини, що відображається на характері тепло- і масообмінних процесів.

При дослідженні процесів формування і термообробки напівкопчених ковбас встановлено вплив тиску на вихід готової продукції, скорочення тривалості процесу термообробки. Наприклад, при визначенні величини оптимального тиску для напівкопченої української ковбаси при термообробці в металевих формах Джамінашвілі Г. З. [127] встановив, що мінімальні втрати продукту відповідають величині тиску пресування $0,417 \cdot 10^5$ Па.

Автори [119, 127] вважають, що при виробництві формованих виробів із свинини присутність тиску до $0,5 \cdot 10^5$ Па дозволяє підвищити вологоутримуючу здатність. Подальше збільшення тиску спричиняє значні втрати неміцнозв'язаної вологи.

Сучасне обладнання для переробки м'ясних продуктів забезпечує, в основному, об'ємне і, за незначним виключенням, осьове стиснення сировини, яке використовується при двосторонньому жарінні м'яса і м'ясопродуктів.

На початку 70-х років були проведені дослідження процесу двостороннього жаріння курчат тютюну під осьовим тиском [27]. Було встановлено, що в результаті застосування цього методу жаріння усуваються недоліки, які мають місце при традиційному жарінні курчат тютюну: покращується якість готового продукту, скорочується тривалість жаріння на 15,2 %, знижуються питомі витрати жиру на 18,1 % і енергоносія в три рази. Крім впливу спрямованих теплових потоків продукт ущільнюється під дією осьового стиснення. Вплив величини тиску гріючими поверхнями на показники якості продукту не досліджувався.

Паралельно проводились інші дослідження двостороннього жаріння під осьовим тиском [102]. Дослідження, метою якого було визначення впливу величини осьового стиснення і температури на час досягання кулінарної готовності, проводились на п'ятитонному пресі, за допомогою якого створювалось осьове стиснення шматків м'яса, розташованого поміж двох нагрівальних пластин. В результаті отримано наступні дані: температура поверхонь жаріння повинна бути 204...315 °С (оптимальна температура 260 °С); величина осьового тиску повинна бути в діапазоні $(6,5...35) \cdot 10^3$ Па; тривалість термобаричної обробки шматка м'яса при цих параметрах 15...100 с. Температура пластин повинна бути достатньою, щоб при контакті нагрітих поверхонь з м'ясом швидко утворювалась пара, але не занадто висока, щоб поверхня м'яса не підгорала. Сила стиснення м'яса повинна створити щільний фізичний контакт поміж пластинами і продуктом, щоб пара, яка утворюється, проникала в м'ясо.

Використання високих температур жарочних поверхонь (від 204 до 315 °С) при жарінні неминуче призводить до утворення гетероциклічних ароматичних амінів [19–20, 92, 114, 115] і тому не відповідає реаліям сьогодення. Крім того, автор [54] не наводить даних за виходом готового продукту, а також обґрунтування раціональних параметрів за величиною тиску при жарінні.

Вплив тиску на процес теплообміну при жарінні пояснюється його впливом на масообмін, а в колоїдно – капілярно – пористих тілах розповсюдження тепла безпосередньо пов'язане з переносом в них вологи [81]. Ці два процеси, які відбуваються одночасно, взаємно впливають один на одного, і їх співвідношення визначають числові значення теплофізичних характеристик.

Окремої уваги заслуговують наслідки дії тиску при жарінні на структуру м'яса, зміни якої також впливають на процес ма-

сообміну. В зв'язку з тим, що в літературі дані про це відсутні, необхідно розглянути процеси, що відбуваються в м'ясопродуктах при дії осьового тиску без підведення тепла.

Для забезпечення осьового стиснення продукт розташовується поміж двома пластинами, через які передається зусилля.

Для таких харчових продуктів, як болонська ковбаса і плавлений сир, що мають величину відношення висоти до діаметру від 0,12 до 1,0 [6], існує залежність їх жорсткості від площі контакту зразків зі стискаючими пластинами. Встановлено, що чим більш плоску форму має зразок, тим вище реєстрований параметр жорсткості. Величина ступеня деформації при руйнуванні зразка також збільшується зі збільшенням його діаметру. Залежність жорсткості м'яса від площі контакту зі стискаючими пластинами і його товщини не досліджувалась.

При дослідженнях реологічних властивостей м'яса методом синусоїдального стиснення [13] встановлено, що сила стиснення є визначним фактором поведінки м'язів, в той час як швидкість деформації має дуже слабкий вплив. При невеликих величинах деформації реологічні параметри пов'язані головним чином з міофібрилярною структурою і не залежать від характеристик м'язів. При сильній деформації, навпаки, змінюються властивості м'язів, пов'язаних зі з'єднувальною тканиною, що дозволяє зробити висновок про наявність певної межі тиску, після перевищення якої починає руйнуватись з'єднувальна тканина м'яса.

Величина модуля пружності м'яса, який є важливою структурно-механічною характеристикою, при одноосних деформаціях досліджувались авторами [23, 40, 64, 68, 71, 76, 95].

А. Ф. Баранов [23] і А. В. Горбатов [40] досліджували структурно-механічні властивості різних м'язів сирого і вареного м'яса при одноосному розтягуванні. Результати визначення пружно-міцностних параметрів розтягування вказують на те, що модуль пружності E м'язової тканини молодняка в 1,5...2 рази менше модуля пружності м'язової тканини дорослої худоби. У межах кожної вікової групи модуль пружності E тканини найдовшого м'язу спини в 2...3 рази менше цих параметрів тканини напівсухожильного та трапецієподібного м'язів. Різниця між модулями пружності тканини напівсухожильного і трапецієподібного м'язів складає біля 10 %. Загалом модуль пружності сирого м'яса різних м'язів від різних вікових груп худоби знаходиться в межах $(1,3...4,2) \cdot 10^5$ Па. Модуль пружності вареного м'яса різ-

них м'язів від різних вікових груп худоби знаходиться в межах $(4,5...7,1) \cdot 10^5$ Па, тобто модулі пружності вареної м'язової тканини в декілька разів більше, ніж сирої; найбільш збільшуються вони у м'язової тканини, яка містить менше з'єднувальної тканини [23, 40].

Клименко М. Н., Пелєєв А. І. [64, 68, 71] досліджували пружно-міцнісні характеристики м'язової тканини при одноосному стисненні. В результаті досліджень встановлено, що модуль пружності м'язової тканини залежить від статі, віку, виду, характеру харчування і напування худоби, виду м'язів, терміну післязабійного зберігання м'яса, а також розташування м'яса відносно напрямку стиснення (повздовж чи впоперек волокон) і для яловичини знаходиться в межах $(6...30) \cdot 10^3$ Па, в тому числі для м'язів, придатних для жаріння, $(14...20) \cdot 10^3$ Па. Модуль пружності м'язової тканини свинини знаходиться в межах $(10...15) \cdot 10^3$ Па.

Таку невідповідність даних за величиною модуля пружності м'яса, наведених авторами [23, 40] і [64, 68, 71] можна, напевно, пояснити тим, що автори [64, 68, 71] досліджували одну з структурно-механічних характеристик м'яса – зусилля різання – методом Варнера – Братцлера, а за модуль пружності вони прийняли іншу величину тиску, за якого починається руйнування з'єднувальної тканини. Про те, що величина зусилля різання знаходиться у наведеному авторами діапазоні [64, 68, 71] модуля пружності м'яса є відомості в джерелах [76, 95].

Наявність величини тиску, при якому починається руйнування з'єднувальної тканини м'яса, очевидно, і зумовлює величину граничного тиску, який необхідно прикладати під час двостороннього жаріння. Але за умов жорсткої фіксації поверхонь жаріння по способу [102] при прикладанні зовнішнього тиску від $6,5 \cdot 10^3$ до $35 \cdot 10^3$ Па тиск пари всередині зразка м'яса постійно неконтрольовано збільшується і його величина перебільшує величину граничного тиску; зі зразками м'яса відбуваються структурні зміни, що впливають на їх якість. Тому проведення досліджень двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском, який викликає напруги в м'ясі, при яких починається руйнування з'єднувальної тканини, при нежорсткій фіксації поверхонь жаріння в поєднанні з їх температурою не вище 150°C є актуальною задачею.

1.2. Апарати періодичної дії для реалізації кондуктивного жаріння м'яса і м'ясопродуктів

Апаратами періодичної дії для реалізації жаріння основним способом є сковороди, жаровні, плити для жаріння і обжарювальні пристрої. За видом енергоносія вони поділяються на електричні і газові, за способом обігріву – на апарати з безпосереднім та непрямим (побічним) обігрівом [78].

До сковорід з безпосереднім обігрівом відносяться сковороди СЕ-0,2; СЕ-0,5; СЕСМ-0,2; СГСМ-0,5; СЕ-0,45; СЕ-0,22 [25, 57], до сковорід з побічним обігрівом – СКГ-0,5 [34], СКЕ-0,3 [133]. Всі вони мають однакове технологічне призначення і відрізняються лише конструктивним оформленням.

Сковороди з безпосереднім обігрівом складаються з круглої або прямокутної теплоізолюваної чаші, яка має можливість повороту на кут від 110 до 180 °С для зливу і вивантаження вмісту за допомогою черв'ячного механізму або мотора-редуктора; знімної або відкидної кришки. Обігрів чаші в електричних сковородах здійснюється спіралями в керамічному намисті, або ТЕНами, закритих знизу азбестовими і металевими листами. Тепловий режим на робочій поверхні чаші може підтримуватись за допомогою терморегулятора, або датчика-реле температури. Чаша закріплюється або на тумбах, або на зварних рамах за допомогою цапф в підшипниках. Обігрів чаші в газових сковородах здійснюється за допомогою багатосоплового пальника з трубчастою насадкою і вторинних керамічних випромінювачів, які розташовуються у камері згорання. Порівняльні характеристики сковорід зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики сковорід з безпосереднім обігрівом

Показник	Тип							
	СЕ-0,2	СЕ-0,5	СЕСМ-0,2	СЕСМ-0,5	СГСМ-0,5	СЕ-0,22	СЕ-0,45	ЕКР-7/40 «GAM& COMPANI» (Італія)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площа поду чаші, м ²	0,18	0,48	0,2	0,5	0,5	0,22	0,45	0,22
Місткість чаші, м ³	0,03	0,08	0,036	0,09	0,09	0,025	0,09	0,0401

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потужність, кВт	5	13	6	12	–	5	11,5	5,4
Витрата газу, м ³ /год	–	–	–	–	2,85	–	–	–
Тривалість розігріву до робочої температури, хв.	20	25	45	45	30	35	35	–
Маса, кг	130	190	185	275	340	100	220	–
Питома енергоємність, кВт/м ²	27,77	27,08	30	24	–	22,72	25,55	24,54
Питома металоємність, кг/м ²	722,2	395,8	925	550	680	454,5	488,8	–

Аналіз порівняльних характеристик (див. табл. 1) показує, що наведені сковороди мають густину теплового потоку (див. табл. 1 – питома енергоємність) в 2...3 рази більшу, ніж встановлену дослідженнями [14] 9,5 кВт/м² задля утворення у виробках скоринки найвищої якості, що обумовлюється, напевно, деякою універсальністю сковорід (окрім жаріння, в них можна тушити і припускати). Крім того, велика металоємність сковорід сприяє збільшенню витрат енергоносія на розігрів конструкції, а також великій теплової інерції поверхні чаші.

Вищезазвані сковороди мають ще один загальний недолік: великий перепад температури на поверхні для жаріння. Так, за даними [36], на поверхні для жаріння сковороди СЕ-0,2 названий перепад становить 80...120 °С, на поверхні СЕ-0,5 – 150...180 °С через використання спіралей у керамічному намисті, які не забезпечують щільний контакт з чашею, і характер їх укладання. Вишелеський О. М. і Беляєв М. І. [35, 37] запропонували заливання сталевих ТЕНів у чавунні донця електросковорід або в алюмінієві вставки під днищем, що дало змогу знизити нерівномірність температурного поля в сковородах СЕ-0,45; СЕ-0,22 до 22...50 °С.

Ефективним способом покращання рівномірності температурного поля сковорід є використання непрямого обігріву. Так, за даними літератури [36, 95, 133] перепад температури на поверхні сковорід СКГ-0,5 і СКЕ-0,3 не перевищує 20°С. Але використання непрямого обігріву значно збільшує складність і громіздкість конструкцій сковорід, а значна теплова інерційність теплоносія суттєво заважає регулюванню температурного режи-

му жаріння. Використання таких апаратів раціональне тільки на підприємствах харчування з великими обсягами виробництва.

Для зниження теплової інерційності теплоносія розроблено конструкцію двотільної жаровні для приготування їжі [55], яка для швидкого охолодження мінерального мастила, яке виконує роль проміжного теплоносія, має систему з пневмонасосом для нагнітання повітря. Недоліком конструкції є скид нагрітого повітря і парів мастила в навколишнє середовище.

Електрожаровні [107] і обсмажувальному пристрою [109] притаманні всі недоліки сковорід, хоча конструктивно вони відрізняються.

Одним з напрямків вдосконалення конструкцій апаратів для жаріння основним способом є механізація перевертання виробів, що дозволяє значно зменшити витрати ручної праці.

В електросковороді «Умниця» [97] механізм перевертання має ручний привід, а в пристрої для приготування їжі [130] – пневматичний. До недоліків конструкції даних апаратів можна віднести збільшену металоємність і збільшені через це питомі витрати енергоносія на процес жаріння, а також складність санітарної обробки робочої зони після завершення роботи.

Плити для жаріння безпосередньо на робочій поверхні складаються з однієї або двох чавунних закритих електронагрівальних елементів (конфорок) [57], потужність яких регулюється за допомогою пакетних перемикачів, а температурний режим – за допомогою автоматичних терморегуляторів. З трьох боків поверхня для жаріння має вертикальні борти для запобігання витоку жиру, з лицевого боку – канавку для стоку жиру і м'ясного соку в піддон. Вказану конструкцію мають плити вітчизняного (ПЕСМ-1Н і ПЕСМ-2НШ) і іноземного виробництва. Обігрів жарочних поверхонь в плитах іноземного виробництва може здійснюватись ТЕНами і спіралями в керамічному намисті. Крім того, поверхні можуть бути вкриті шаром антипригарного покриття.

Технічні характеристики плит для жаріння наведені в табл. 2.

Аналіз даних (див. табл. 2) показує, що наведені плити мають густину теплового потоку (див. табл. 2 – питома енергоємність) в 1,5...2,5 рази більшу, ніж встановлену дослідженнями [14] $9,5 \text{ кВт/м}^2$ задля утворення у виробках скоринки найвищої якості, що є, безумовно, недоліком їх конструкцій. Питома металоємність плит вітчизняного виробництва майже дорівнює питомій металоємності сковорід через наявність інвентарної (ПЕСМ-1Н)

або жарочної шафи (ПЕСМ-2НШ). Цей же показник в плитах виробництва фірми «GAM & COMPANY» (Італія) в 3...4 рази менший через відсутність вказаних шаф. Ці плити встановлюються на ферму сумісно з іншими тепловими апаратами.

Таблиця 2

Порівняльні характеристики плит для безпосереднього жаріння на робочій поверхні

Показник	ПЕСМ-1Н	ПЕСМ-2НШ	EZ-47/P- L,J,K, «GAM&COMPANI» (Італія)	EZ-7/P- L,K, «GAM&COMPANI» (Італія)	EZ-49/P-L «GAM&COMPANI» (Італія)	EZ-9/P-L «GAM&COMPANI» (Італія)
Кількість поверхонь для жаріння, шт.	1	2	1	2	1	2
Розмір поверхні для жаріння, мм: довжина ширина	417 610	417 610	400 700	400 700	400 900	400 900
Споживана потужність, кВт	3,6	7,2 (без шафи)	6	12	6	12
Межі регулювання температури, °С	50...350	50...350	50...300	50...300	50...320	50...320
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	420 840 860	840 840 860	400 700 875	800 700 875	400 900 875	800 900 875
Маса, кг	115	265	40	75	50	90
Питома енергоємність, кВт/м ²	14,16	14,16	21,43	21,43	16,67	16,67
Питома металоємність, кг/м ²	452,1	520,9	142,9	133,9	138,9	125

Плити для жаріння мають недоліки, аналогічні сковородам, головним з яких є нерівномірність температурного поля через характер укладання спіралей в конфорці (ПЕСМ-1Н, ПЕСМ-2НШ), або через конфігурацію ТЕНів (плити фірми «GAM & COMPANY»).

Крім зазначеного загального недоліку – нерівномірності температурного поля поверхні для жаріння – всі вищезазначені апарати мають і інші недоліки, які носять принциповий характер [26]: значні температурні перепади між поверхнею жаріння та жиром, які викликають його перегрів та псування (окрім сковорід з побічним обігрівом); надзвичайно велику металоємність; велику тривалість розігріву до заданої температури; велику теплову інерційність; значну тривалість процесу жаріння; невеликий вихід готового продукту через підведення тепла лише до частини поверхні продукту, що викликає необхідність перевертання продукту в процесі жаріння і збільшує питомі витрати енергоносія; значні втрати тепла в навколишнє середовище та ін.

Ці недоліки суттєво погіршують якість готових виробів і збільшують собівартість їх виготовлення.

Значна частина цих недоліків усунена в конструкціях апаратів і пристроїв для двостороннього жаріння.

Апарати періодичної дії для реалізації двостороннього жаріння харчових продуктів через свої невеликі габарити і складність підводу теплоти до верхньої робочої поверхні виконуються лише електричними.

Принципово апарати для двосторонньої теплової обробки складаються з двох частин – верхньої і нижньої, які мають або стаціонарні, або знімні поверхні жаріння плоскої або фігурної конфігурації, що обігріваються електронагрівачами. Обидві частини зв'язані між собою через шарнірне з'єднання; температура поверхонь регулюється за допомогою терморегулятора. Описану конструкцію мають вафельниця [104], тостер для сандвічів або гриль [112] і жарильний пристрій для приготування сандвічів [67]. Використання цих апаратів для жаріння м'яса недоцільне через непаралельний рух верхньої частини відносно нижньої.

Апарати для двостороннього жаріння м'яса серійно випускаються багатьма іноземними фірмами і виробничо-промисловими групами: «SEB» (Франція), «Treviso – Italia», «Nuova Simonelli», «SALAMANDER» (Італія), «Beer Gril AG» (Німеччина) і ін.

Виробничо-промислова група «SEB» (Франція) і фірма «Treviso – Italia» за патентом [111] виготовляють контактні грилі «GRIL MINUTE» і «De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144», які мають знімні поверхні жаріння, що обігріваються ТЕНами. Дві частини грилю – верхня і нижня – поєднані між собою за допомогою кронштейнів з напрямними щілинами, чим забезпечується паралельний рух верхньої частини відносно нижньої і що дає можли-

вість перетворення грилю для двостороннього жаріння в плиту для жаріння. Температура жарочних поверхонь регулюється за допомогою ділатометричного терморегулятора. Конструкція пристрою забезпечує його багатофункціональність: в ньому можна смажити, випікати і розігрівати харчові продукти.

Фірма «Nuova Simonelli» (Італія) випускає апарати для двосторонньої обробки харчових продуктів настільного виконання двох типорозмірів поверхонь жаріння: «ELIO L/R» 260×500 мм і «PD R/L/M/X P2L» 515×435 мм. Верхня частина апаратів «ELIO L/R» поєднана з нижньою через обертовий важіль, будь-яке положення якого відносно нижньої частини фіксується фрикційними парами. Паралельність руху верхньої частини відносно стаціонарної нижньої досягається за рахунок того, що вона може обертатись відносно вісі, закріпленої на обертовому важелі. Обігрів поверхонь жаріння здійснюється ТЕНами. Температура поверхонь регулюється терморегулятором. Для збору жиру і м'ясного соку, що виділяються в процесі жаріння, передбачена висувна ємність. Апарати «PD R/L/M/X P2L» відрізняються від «ELIO L/R» тим, що мають дві верхні частини, які в опущеному положенні перекривають усю нижню поверхню, причому температура поверхонь регулюється двома терморегуляторами.

Аналогічну будову мають апарати для двостороннього жаріння «CORT L/R» і «PD M» фірми «SALAMANDER» (Італія), які відрізняються лише розмірами поверхонь жаріння і споживаною потужністю.

Інфраконтатні грилі «TURMIX» різних модифікацій [1] настільного виконання випускаються двох типорозмірів жарочних поверхонь: 500×390 і 500×765 і призначені для двостороннього жаріння харчових продуктів в умовах осьового стиснення. Мають аналогічну конструкцію, але ступінь притискування оброблюваного продукту регулюється за допомогою заклинюючої ексцентрикової важільної системи. Порівняльні характеристики описаних вище апаратів наведені в табл. 3.

З табл. 3 видно, що апарати для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів мають різну площу поверхонь жаріння і різну споживану потужність. Мінімальну тривалість одного циклу жаріння мають апарати для жаріння в умовах осьового стиснення «TURMIX», причому тривалість одного циклу жаріння в 4...7 разів менша, ніж в апаратах «GRIL MINUTE» і «De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144». Зменшення тривалості циклу жаріння, безумовно, впливає на збільшення продуктивності. Від

тривалості циклу жаріння залежать питома енергоємність, яка збільшується зі зменшенням тривалості циклу жаріння і впливає на тривалість розігріву. Більшу металоємність апаратів фірми «Nuova Simonelli» можна пояснити запобіганням від перекидання при натискуванні на обертовий важіль.

Таблиця 3

**Порівняльні характеристики апаратів
для двостороннього жаріння м'яса**

Показник	GRIL MINUTE, «SEB» (Франція)	De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144, «Treviso – Italia»	ELIO L/R, «Nuova Simonelli» (Італія)	PD R/L/M/X P2L, «Nuova Simonelli» (Італія)	CORT L/R, «SALAMANDER» (Італія)	PD M, «SALAMANDER» (Італія)	TURMIX type 246, «Beer Gril AG» (Німеччина)	TURMIX type 259, «Beer Gril AG» (Німеччина)
Площа робочої поверхні, м ²	0,048	0,048	0,0612	0,1326	0,0988	0,136	0,0962	0,1927
Споживана потужність, кВт	1,4	1,4	1,55	3,1	2,1	3	4	8
Маса, кг	4,05	3,45	15	31	21	31	–	–
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	345 325 185	345 325 185	260 500 500	515 435 500	430 420 270	560 430 270	500 390 325	500 765 325
Тривалість одного циклу обробки, с, (по виробам з яловичини вагою 120 г)	180	180	–	–	–	–	25...45	25...45
Питома енергоємність, кВт/м ²	29,17	29,17	25,33	23,38	21,25	22,05	41,58	41,52
Питома металоємність, кг/м ²	84,38	71,88	245,1	233,79	212,55	227,94	–	–

В апаратах «TURMIX», «ELIO L/R», «PD R/L/M/X P2L», «CORT L/R» і «PD M» верхня поверхня жаріння в процесі жаріння жорстко фіксується відносно нижньої. За таких умов тиск пари всередині зразка постійно неконтрольовано збільшується; зі зразками м'яса відбуваються структурні зміни, що впливають не тільки на їх якість, але і на вихід готового продукту, зменшуючи його. В апаратах «GRIL MINUTE» і «De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144» верхня поверхня не фіксується.

У порівнянні з апаратами для традиційного жаріння (сковородами, плитами для жаріння) апарати для двостороннього жаріння мають ряд переваг: тривалість циклу жаріння в них менша в 4...12 раз, через що зменшуються питома витрата енергоносія на процес жаріння і втрати маси; менша питома металоємність (див. табл. 3 – дані за однією поверхнею жаріння); відсутня необхідність використання жиру. Збільшення ступеня притискування продукту поверхнями жаріння значно скорочує тривалість теплової обробки.

Аналогічну «TURMIX» і «PD R/L/M/X P2L» принципову схему і недоліки мають пристрій для двостороннього обжарювання їжі [99], пристрій для двостороннього обжарювання харчових продуктів [129], електрична жаровня [110], жаровня для двосторонньої кулінарної обробки [105], апарат для двостороннього обжарювання [108], агрегат для жаріння курчат тютюну [91] і сковорода для жаріння курчат тютюну [95], які відрізняються механізмом створення осьового стиснення.

Пристрій для двостороннього обжарювання їжі [99] виконаний у вигляді стаціонарного апарату на фермі і відрізняється від попередніх механізмом регулювання зазору між верхніми і нижньою поверхнями жаріння, який за допомогою спеціальних замків дозволяє фіксувати верхні поверхні у чотирьох положеннях по висоті.

Пристрій для двостороннього обжарювання харчових продуктів [129] встановлюється на столі і має спеціальну систему гвинтів для регулювання ступеня притискування оброблюваного продукту.

Жаровня [110] має важільно-пружинний механізм стиснення. Обігрів поверхонь жаріння здійснюється інфрачервоними випромінювачами.

Апарат для двостороннього обжарювання [108] має притискний механізм з фрикційною парою і обладнаний противагою для

полегшення підймання верхньої частини після жаріння.

В агрегаті для жаріння курчат тютюну [91] нижньою частиною є сковорода СЕСМ-0,5, а верхньою – три конфорки від плити ПЕСМ-4, закріплених в одній площині, які пов'язані зі сковородою через вісь обертання. Противага полегшує підймання верхньої частини. Крім зазначених недоліків має велику металогі енергоємність.

Сковорода для жаріння курчат тютюну [95] складається з відлитої з алюмінію чаші, в дно якої залито ТЕНи. В чаші розташовано гніт з алюмінію, в якому також залито ТЕН. Гніт за допомогою гвинта, розташованого на жорсткій поперечці, може переміщуватись у вертикальній площині. В процесі жаріння продукт ущільнюється під дією ваги гніту. Після закінчення жаріння гніт підіймають і вивантажують готовий продукт. Сковорода має аналогічні з попередніми недоліки, а також досить тривалий час завантаження і вивантаження продукту через складну систему створення тиску.

Електричний апарат для піджарювання [98] відрізняється від апаратів «GRIL MINUTE» і «De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144» [110] тим, що шарнір має елементи для регулювання відстані між частинами в складеному положенні. По периметру нижньої частини для жаріння виконано канавку, яка служить збірником жиру і м'ясного соку продукту.

Пристрій з електронагрівом для жаріння [100] замість поверхонь жаріння має решітки, утворені нагрівальними елементами у вигляді стрижнів. Конструкція дозволяє проводити теплову обробку виробів як з одного, так і одночасно з обох боків, але суттєвим її недоліком є місцевий перегрів виробу у зоні контакту з розігрітими стрижнями, що призводить до перерозподілу вологи всередині продукту в процесі жаріння і, як наслідок, до зменшення його виходу і збільшення тривалості теплової обробки.

Пристрій для двостороннього обжарювання харчових продуктів [66] може бути вибірково розміщено в окремій зоні сковороди або жаровні і встановлено на продукт, що забезпечує прискорене двостороннє його обжарювання. Температура поверхні нагрівальної плити не регулюється, що може призвести до неоднакового підводу тепла до поверхонь продукту, і, як наслідок, до зниження якості готового продукту.

1.3. Висновки за розділом

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що процеси термічної обробки м'яса мають широке застосування в м'ясній і харчовій промисловостях, а також в ресторанному господарстві. Значний об'єм в термічній обробці займає кондуктивне жаріння.

Жаріння м'яса основним способом має ряд суттєвих недоліків:

- великі втрати маси порційних натуральних виробів (35...40 %);
- збільшені питомі витрати енергоносія (до 1 кВт·год/кг);
- знижена харчова цінність готового продукту через великі втрати вологи і розчинених в ній речовин;
- велика тривалість процесу жаріння;
- знижені органолептичні показники готового продукту в результаті деформацій, викликаних структурними змінами з'єднувальної тканини.

Процес жаріння основним способом вивчено і оптимізовано наступні показники:

- температура жиру на поверхні жаріння або поверхні в разі його відсутності повинна бути біля 150 °С, що попереджує утворення гетероциклічних ароматичних амінів в скоринці просмажування виробів;
- нерівномірність температурного поля поверхні жаріння не повинна перевищувати 50...60 °С;
- густина теплового потоку від поверхні жаріння повинна дорівнювати 9,5 кВт/м²;
- нагрів м'яса необхідно вести до температури всередині 72 °С для свинини і 82...84 °С для яловичини задля зменшення втрат вологи і розчинених в ній речовин;
- максимальна температура скоринки, що утворюється під час жаріння, не повинна перевищувати 135 °С.

Для реалізації процесу жаріння м'ясних виробів основним способом використовуються сковороди, жаровні і пристрої для обсмажування. В цих апаратах обігрів поверхонь жаріння здійснюється спіралями в керамічних бусах, ТЕНами і ІЧ-випромінювачами. Необхідна температура поверхні жаріння підтримується за допомогою терморегуляторів. Значна нерівномірність температурного поля робочих поверхонь і суттєва теплова інерційність таких апаратів призводить до перевитрат енергоносія на процес жаріння.

Вказані недоліки в значній мірі усуваються при двосторонньому підведенні тепла до продукту. Тривалість теплової об-

робки при такому підведенні тепла, в порівнянні з традиційним, зменшується в 4...12 раз. Процес двостороннього жаріння м'яса значно інтенсифікується при його проведенні під осьовим тиском. Теоретичне обґрунтування процесів, які відбуваються в м'ясі при двосторонньому жарінні під осьовим тиском, відсутнє.

Оптимізовано наступні показники двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском:

- температура поверхонь для жаріння повинна бути біля 260 °С;
- величина осьового тиску повинна бути в діапазоні (6,5...30)·103 Па.

Апарати для жаріння під осьовим тиском здійснюють обігрів і підтримання температури поверхонь жаріння аналогічно апаратам для жаріння основним способом. Конструкції всіх сучасних апаратів для двостороннього жаріння під осьовим тиском мають фіксоване положення поверхонь і в процесі жаріння їх положення не змінюється, що в поєднанні з високими температурами поверхонь жаріння (204...315 °С) викликає неконтрольоване зростання тиску всередині продукту, в результаті чого цей тиск може набагато перевищувати підведений зовнішній. При сильній деформації змінюються властивості м'язів, пов'язаних зі з'єднувальною тканиною, що приводить до руйнування самої структури м'яса, і це веде за собою вигнічування до нагрівальних поверхонь вологи разом з розчиненими в них речовинами. Проведення процесу в такому напрямку приводить до збільшення втрат вологи і, відповідно, зменшує вихід готового продукту і харчову цінність виробів. Як визначено дослідженнями процесу двостороннього жаріння, збільшення величини осьового тиску (p) приводить до нелінійного зменшення тривалості теплової обробки (τ) при всіх інших рівних умовах.

Таким чином, пошук раціональних параметрів технологічного процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском в умовах нежорсткої фіксації поверхонь жаріння і розробка конструкції апарата для його реалізації дозволить підвищити якість готового продукту, його вихід, знизити витрати енергоносія, тривалість теплової обробки і є на сьогоднішній день актуальною задачею. Проведення досліджень залежності тривалості теплової обробки від тиску при температурах поверхні жаріння вище 150 °С недоцільне, тому що використання таких температур приводить до утворення шкідливих для організму людини гетероциклічних ароматичних амінів.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА В УМОВАХ ОСЬОВОГО СТИСНЕННЯ

На основі теоретичних даних, отриманих у розділі 1, можна висунути гіпотезу про існування раціональних параметрів з величини зусилля стиснення при двосторонньому жарінні, сутність якої полягає в наступному.

Збільшення величини зусилля стиснення (p) при проведенні процесу двостороннього жаріння приводить до нелінійного зменшення тривалості теплової обробки (τ) при всіх інших рівних умовах (постійній температурі жиру на поверхні або поверхні в разі його відсутності, жорсткій фіксації поверхонь жаріння).

Загальний характер цієї залежності може бути представлений у вигляді, наведеному на рис. 1.

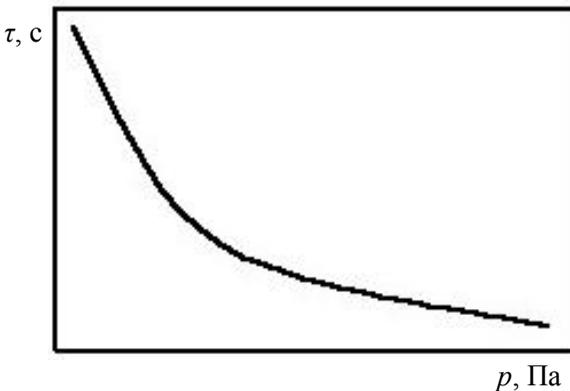


Рис. 1. Загальний вигляд залежності тривалості двостороннього жаріння від величини зусилля стиснення за умов жорсткої фіксації поверхонь жаріння

Такий підхід не враховує наслідків дії зусилля стиснення, пов'язаних зі структурою м'яса. Проведення процесу двостороннього жаріння в умовах осьового стиснення, що перевищує певну величину [64, 68, 71], призводить до початку руйнування структури м'яса. При цьому скелет м'яса перестає бути капіляр-

но-пористим, так як усі капіляри і пори заповнюються міжклітинною вологою, а структура м'яса починає розшаровуватись.

За таких умов при досягненні граничного зусилля стиснення і, відповідно, тиску у м'ясі, слід очікувати збільшення тривалості теплової обробки. Виходячи з цього, можна припустити, що характер залежності, наведеної на рис. 2, при незмінній температурі поверхонь жаріння і їх нежорсткій фіксації при досягненні тиску певної величини (p_{ep}) зміниться. У зоні більшого від цієї величини тиску слід очікувати зміну тривалості теплової обробки. На рис. 2 наведена загальна характеристика зміни тривалості теплової обробки (τ) від величини осьового стиснення (p) з урахуванням граничної величини стиснення (p_{ep}), при перевищенні якої починає руйнуватись з'єднувальна тканина м'яса.

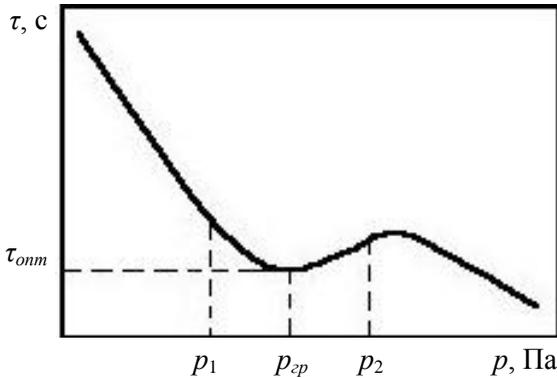


Рис. 2. Гіпотетична залежність тривалості теплової обробки від тиску на продукт при двосторонньому жарінні

На ділянці від p_1 до p_{ep} темпи падіння тривалості теплової обробки зменшуються. На ділянці від p_{ep} до p_2 тривалість теплової обробки в зв'язку з описаними вище умовами може зрости або характер її залежності від тиску зменшиться. Це безумовно приведе до змін виходу готового продукту [120].

Виходячи з цієї гіпотези необхідно провести докладні дослідження тривалості теплової обробки і, відповідно, виходу і якості готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском в зоні біля величини граничного тиску (рис. 2).

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- встановити закон, за яким, в залежності від товщини дослідного зразка, змінюється величина граничного тиску, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини, для м'яса свинини і яловичини, придатного для жаріння; встановити, за літературними джерелами і експериментально, діапазон граничного тиску для м'яса свинини і яловичини, придатного для жаріння;

- встановити загальний вигляд залежності тривалості двостороннього жаріння м'яса від величини осьового тиску;

- на базі встановленого закону спланувати і провести експериментальні дослідження тривалості двостороннього жаріння і виходу готового продукту в залежності від тиску поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини, і товщини дослідного зразка задля встановлення вигляду залежності;

- провести математичну обробку отриманих результатів задля отримання їх достовірності;

- розробити математичну модель процесу двостороннього жаріння під тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись з'єднувальна тканина, і перевірити її адекватність отриманим результатам;

- провести органолептичну оцінку якості виробів після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного і виробів після традиційного жаріння основним способом і встановити переваги чи недоліки першого способу відносно другого;

- провести оцінку якості виробів після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного і виробів після традиційного жаріння в основний спосіб за фізико-хімічними показниками для встановлення переваг чи недоліків першого способу відносно другого;

- провести оцінку ступеня переходу колагену в глютин у виробках після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного і виробках після традиційного жаріння інструментальним, хімічним і органолептичним методами для

встановлення переваг чи недоліків першого способу відносно другого;

– провести оцінку якості виробів після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного і виробів після традиційного жаріння за мікробіологічними показниками для встановлення переваг чи недоліків першого способу відносно другого;

– на базі отриманих результатів і розробленої математичної моделі розробити рекомендації для нової технології двостороннього жаріння, а також технологічні і конструктивні вимоги для апарата, який би реалізував запропоновану технологію.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ОСЬОВОГО СТИСНЕННЯ ПРИ ДВОСТОРОННЬОМУ ЖАРІННІ М'ЯСА

3.1. Вплив величини одноосного стиснення на компресійні властивості м'яса

Предметом цього дослідження були напівфабрикати м'ясних натуральних виробів різної товщини, виготовлені з частин туш свинини і яловичини, придатних для жаріння.

Завданням дослідження було визначення закону зміни величини граничного осьового тиску p_{ep} , при якому починається руйнування з'єднувальної тканини, від товщини дослідного зразка м'яса при малих співвідношеннях товщини до ширини і довжини дослідного зразка, а також діапазону граничного тиску p_{ep} в м'ясі свинини і яловичини, придатному для жаріння.

Для вимірювання структурно-механічних, в тому числі і компресійних, властивостей м'яса використовують консистометри, пенетрометри, пластометри та інші пристрої і апарати [128].

Для вимірювання величини граничного осьового тиску p_{ep} , при якому починається руйнування з'єднувальної тканини, необхідно було обрати апарат чи пристрій, який би відповідав наступним вимогам:

- регулювання величини прикладеного осьового тиску повинно бути плавним і безступінчатим;
- момент досягнення величини граничного осьового тиску p_{ep} повинен контролюватись візуально за допомогою вимірювального пристрою;
- величина граничного осьового тиску p_{ep} повинна вимірюватись у зразках різної товщини (від 0,005 до 0,015 м).

З даних літератури [128] відомо, що ніжність м'яса визначається методом Варнера – Братцлера в спеціальних апаратах – консистометрах. У консистометрах зусилля, що діє на зразок, переноситься одно- або багаторізцевим елементом, при чому під різцем розуміють в цьому випадку плитку з незагостреним краєм. В основу метода Варнера – Братцлера в модифікації Максакова [86] покладене те, що на шматок м'яса площею в перетині 1 см^2 діє ніж з лезом у вигляді прямокутної площадки завтовшки 0,5 мм з зусиллям, яке створює дріб, що висипається в ємність, укріплену в єдине ціле з ножем, створюючи в шматку м'яса напруги, пропорційні цьому зусиллю. При створенні на цю пло-

щадку зусилля більшого, ніж граничне для цього зразка м'яса, ніж перерізає дослідний зразок. Вага дробу відноситься до площі перетину зразка, який досліджувався під час різання.

Ніжність м'яса розглядається як зусилля різання, яке необхідно створити на прямокутний ріжучий елемент, щоб перерізати зразок визначеної площі в перетині, при цьому ширина леза елементу не враховується або вважається, що вона близька до нуля. Але ріжучий елемент має кінцеві геометричні розміри (довжину і ширину), тобто можна розглядати його дію під визначеним зусиллям як осьовий тиск на зразок. При такій постановці питання зовнішній підведений тиск (осьове стиснення) викликає напруги в одиниці об'єму зразка. М'ясо є неідеальним тілом, в якому коефіцієнт бокового тиску $0 < \xi < 1$, і при одноосному стисненні зменшується його висота і збільшуються поперечні розміри, що характеризується відповідно відносними деформаціями ε і ε_r . Якщо зовнішній осьовий тиск на зразок менше певної величини, то зразок після зняття зусилля здатен повністю відновлювати свої первісні форму і об'єм, тобто робота деформування дорівнює роботі відновлювання. Однак, якщо зовнішнє зусилля стиснення на зразок буде більше певної величини, то в зразку почнуться незворотні структурні зміни, пов'язані з руйнуванням з'єднувальної тканини. Характеризувати цю певну величину може граничний осьовий тиск p_{sp} (Па).

У зв'язку з тим, що визначення граничного тиску p_{sp} в зразках м'яса з малим відношенням висоти до довжини і ширини (від 0,05 до 0,2) методом Варнера – Братцлера неможливе через круглий перетин дослідного зразка, вказаним методом неможливо провести необхідні дослідження.

Використання пенетрометрів і відомих пластометрів [128] для проведення необхідних досліджень також неможливе через їх інше призначення.

У зв'язку з відсутністю необхідного апарата чи пристрою, які відповідали б висунутим вимогам, було розроблено конструкцію апарата для вимірювання величини граничного тиску p_{sp} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса (рис. 3, 4).

Складається апарат з нижньої 1 і верхньої 2 платформ, поєднаних через шарнір 11. У верхній платформі 2 зачekanено діафрагму 3 з нержавіючої сталі товщиною $5 \cdot 10^{-4}$ м, яка в умовах навантаження на шматок м'яса працює на прогин, що фіксується датчиком – мікрометром 6, шкала якого проградуєвана в 10^3 Па.

Верхня платформа 2 навантажується пересувним вантажем 7, який рухається по напрямній 9, і створює тиск на м'ясо, що розміщується поміж платформами 1 і 2. 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.

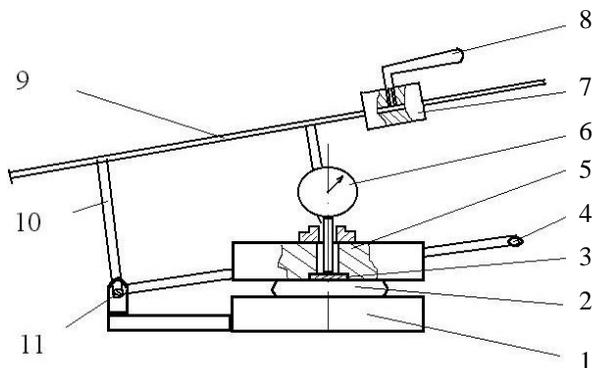


Рис. 3. Апарат для визначення величини граничного осьового тиску, який викликає напруги в м'ясі поблизу граничних:
 1 – нижня платформа; 2 – дослідний зразок м'яса; 3 – діафрагма; 4 – важіль перекидний; 5 – верхня платформа; 6 – мікрометр; 7 – пересувний вантаж; 8 – фіксатор вантажу; 9 – напрямна; 10 – стійка; 11 – шарнір

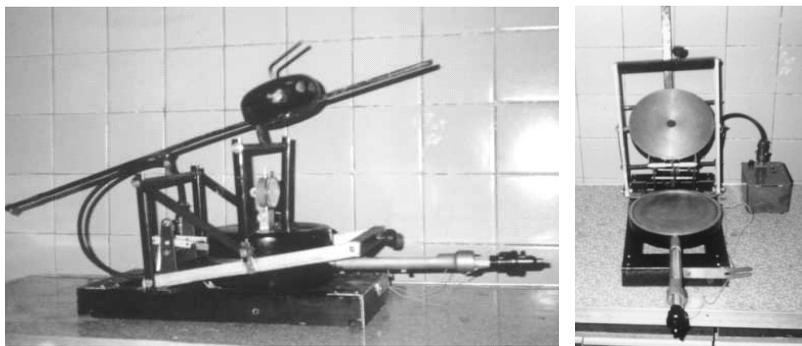


Рис. 4. Апарат для визначення величини граничного осьового тиску, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса

Для досліджень брались зразки м'яса найдовшого м'язу свинини і яловичини довжиною 0,080 м, шириною 0,050 м і товщиною 0,005 м, 0,010 м і 0,015 м.

Дослідний зразок розташовувався поміж платформ під діафрагмою, верхня платформа опускалась на зразок і за допомогою пересувного вантажу створювався осьовий тиск на м'ясо. В момент досягання граничного осьового тиску p_{gp} , при якому починала руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, стрілка показувала значення цієї величини в 10^3 Па, після перебільшення якої вона відхилялась вліво через зменшення величини прогину діафрагми. Значення граничного осьового тиску p_{gp} заносились в журнал.

Першими проводились дослідження величини граничного осьового тиску на зразках, виготовлених з найдовшого м'язу свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4 °С. Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 5.

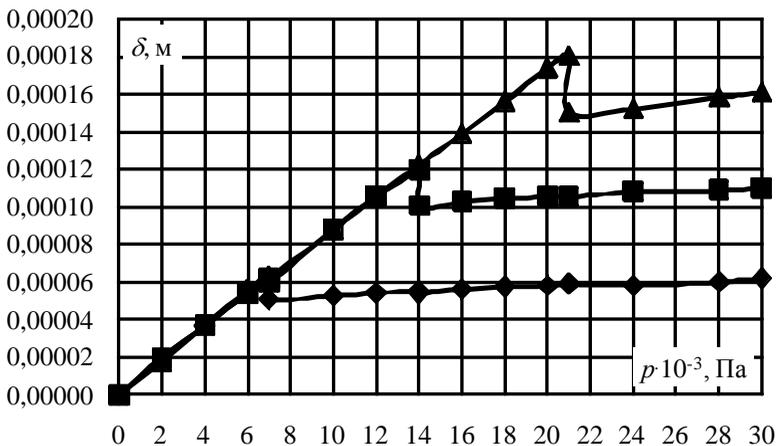


Рис. 5. Результати експериментальних досліджень граничного осьового тиску зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4 °С:

- ◆ – товщиною 0,005 м;
- – товщиною 0,010 м;
- ▲ – товщиною 0,015 м

По осі абсцис на рис. 5 відкладені значення величини осьового тиску в 10^3 Па, а по осі ординат – прогин діафрагми в м.

З рис. 5 видно, що при збільшенні величини осьового тиску до певної межі прогин діафрагми лінійно збільшується незалежно від товщини дослідного зразка, що свідчить про лінійність абсолютної деформації за напрямком прикладання зусилля (осьової) і бокової деформації. При досяганні певної межі – граничного осьового тиску p_{ep} (Па) – структура з'єднувальної тканини руйнувалась, що фіксувалось по зменшенню прогину діафрагми, тобто бокова абсолютна деформація ставала більшою за осьову. Залежність величини граничного осьового тиску p_{ep} (Па) від товщини дослідного зразка h (м) має лінійний вигляд, тобто величина граничного осьового тиску прямопропорційно залежить від товщини дослідного зразка.

Результати експериментів з дослідження величини граничного осьового тиску p_{ep} в зразках, виготовлених з м'яса свинини, представлені в табл. 4 і на рис. 6.

Таблиця 4

Результати дослідження граничного осьового тиску p_{ep} м'яса свинини

Товщина зразка	Граничний тиск, 10^3 Па $\pm 0,05$				
	для парної свинини від самки віком 12 місяців	для парної свинини від самки віком 8 місяців	для свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4 °С	для свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 місяці при температурі -18 °С з терміном дефростації 1 доба при температурі 4 °С	для свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 місяці при температурі -18 °С з терміном дефростації 5 годин при температурі 20 °С
	1	2	3	4	5
0,005 м	6,6	5,9	7	6,5	6,4
0,01 м	13,2	11,8	14,0	13,1	12,8
0,015 м	19,8	17,7	21	19,6	19,2

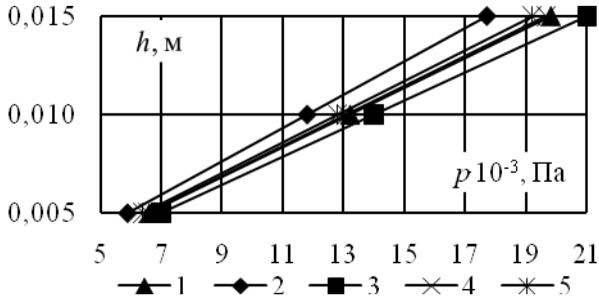


Рис. 6. Залежність величини граничного тиску пружної деформації від товщини зразка м'яса свинини:
1, 2, 3, 4, 5 – дані по стовпцям з табл. 4

Результати експериментів з дослідження величини граничного осьового тиску p_{ep} (Па) в зразках, виготовлених з м'яса яловичини, представлені в табл. 5 і на рис. 7.

Таблиця 5

Результати дослідження граничного осьового тиску p_{ep} м'яса яловичини

Товщина зразка	Граничний тиск, 10^3 Па $\pm 0,05$				
	для парної яловичини від бика віком 12 місяців	для парної яловичини від бичка віком 8 місяців	для яловичини від бика віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4 °С	для яловичини від бика віком 12 місяців з терміном зберігання 3 місяці при температурі -18 °С з терміном дефростації 1 доба при температурі 4 °С	для яловичини від бика віком 12 місяців з терміном зберігання 3 місяці при температурі -18 °С з терміном дефростації 5 годин при температурі 20 °С
	1	2	3	4	5
0,005 м	8,9	8,1	9,2	9	8,6
0,01 м	17,8	16,2	18,4	18	17,2
0,015 м	26,7	24,3	27,6	27	25,8

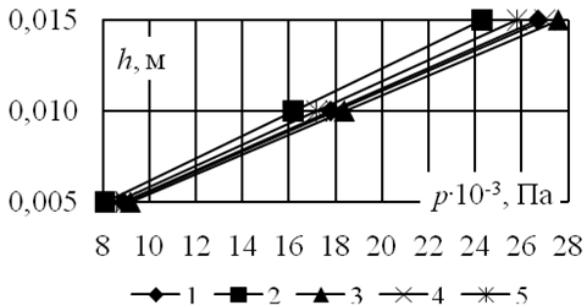


Рис. 7. Залежність величини граничного тиску від товщини зразка м'яса яловичини:
1, 2, 3, 4, 5 – дані по стовпцям з табл. 7

Аналіз даних табл. 4, 5, а також рис. 6 і 7, дозволяє зробити висновок, що граничний осьовий тиск p_{ep} , при якому руйнується структура з'єднувальної тканини м'яса, прямопропорційно залежить від об'єму зразка, що, в свою чергу, дозволяє трактувати фізичний зміст граничного осьового тиску м'яса p_{ep} (Па) при одноосному стисненні як величину, при якій в одиниці об'єму м'яса починається необоротне руйнування структури з'єднувальної тканини, тобто межу напруг в одиниці об'єму м'яса σ_{ep} (Па), викликаних зовнішнім осьовим тиском p_{ep} (Па), після перевищення якої структура з'єднувальної тканини м'яса руйнується. Чисельно він дорівнює величині осьового тиску (Па), який викликає граничні напруги в одиниці об'єму продукту.

Для подальших досліджень, виходячи з того, що товщина порційних м'ясних напівфабрикатів не перебільшує 0,02 м, за величину одиничного граничного осьового тиску p_{ep1} (Па) для м'яса прийнято тиск на дослідний зразок товщиною 0,01 м. Виходячи з проведених досліджень, граничний осьовий тиск на продукт p_{ep} (Па), при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, залежить від товщини зразка h і зв'язаний з p_{ep1} співвідношенням

$$p_{ep} = \frac{h}{0,01} p_{ep1}, \text{ Па}; \quad (1)$$

де h – товщина дослідного зразка, м;
0,01 – товщина еталонного зразка, м.

Виходячи з такого припущення, величина одиничного граничного осьового тиску p_{ep1} для різних видів м'яса наведена в табл. 4, 5 при товщині зразка 0,01 м і коливається у межах (див. табл. 4) $(11,8...14) \cdot 10^3$ Па для найдовшого м'язу свинини і $(16,2...18,4) \cdot 10^3$ Па (див. табл. 5) для найдовшого м'язу яловичини в залежності від наведених в табл. 4 і 5 умов.

Проведені дослідження підтверджують діапазон значення одиничного граничного осьового тиску м'яса свинини, придатного для жаріння – $(10...15) \cdot 10^3$ Па і м'яса яловичини, придатного для жаріння – $(14...20) \cdot 10^3$ Па [64, 68, 71], що дозволяє зробити висновок про те, що величина одиничного граничного осьового тиску м'яса, нарізаного впоперек волокон, в умовах осьового стиснення залежить від багатьох факторів: віку тварин, статі тварин, виду м'язу, терміну післязайного зберігання, умов заморожування і дефростації, умов харчування і напування тварин.

З рівняння (1) витікає, що величина зусилля P_{ep} (Н), яке необхідно прикласти на зразок площею F (m^2), щоб створити на нього граничний осьовий тиск p_{ep} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, прямопропорційно залежить від об'єму дослідного зразка V (m^3)

$$p_{ep} = \frac{P_{ep}}{F} = \frac{h}{0,01} p_{ep1}, \text{ Па,}$$

звідки

$$P_{ep} = \frac{F \cdot h}{0,01} p_{ep1} = \frac{V}{0,01} p_{ep1}, \text{ Н.} \quad (2)$$

З рівняння (2) витікає, що величина граничного зусилля P_{ep} (Н) для створення на м'ясо граничного осьового тиску p_{ep} (Па) при щільності м'яса ρ (kg/m^3) прямопропорційно залежить від маси дослідного зразка m (кг):

$$P_{ep} = \frac{m \cdot \rho}{0,01} p_{ep1}, \text{ Н,} \quad (3)$$

тобто при однаковій щільності м'яса ρ (kg/m^3) і однаковому одиничному граничному осьовому тиску p_{ep1} (Па) величина граничного зусилля P_{ep} (Н) на м'ясо залежить від маси дослідного зразка m (кг), що може бути враховано при розробці конструкції апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском.

Аналогічні дослідження проводились і для зразків м'яса найдовшого м'язу свинини і яловичини, нарізаного повздовж волокон. Діапазон значень одиничного граничного осьового тиску м'яса в залежності від викладених вище умов склав для свинини $(18...23) \cdot 10^3$ Па і для яловичини $(23...29) \cdot 10^3$ Па.

3.2. Вплив величини осьового стиснення при двосторонньому жарінні м'яса на тривалість процесу і вихід готового продукту

Об'єктом дослідження був процес двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском в умовах нежорсткої фіксації поверхонь жаріння.

Завдання дослідження полягало у встановленні загального вигляду залежності тривалості двостороннього жаріння і виходу готового продукту від величини осьового тиску.

Для проведення попередніх досліджень було створено експериментальний стенд, схема якого зображена на рис. 8.

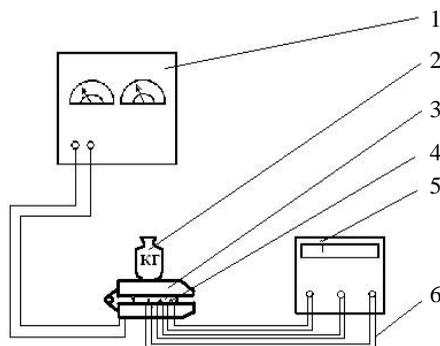


Рис. 8. Експериментальний стенд для проведення попередніх досліджень тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском і виходу готового продукту:

- 1 – комплект вимірювальних пристроїв (вольтметр, амперметр);
- 2 – гиря; 3 – апарат для двостороннього жаріння м'яса; 4 – дослідний зразок; 5 – потенціометр КСП-4; 6 – термометри ХК0,5.

До його складу входить апарат для двостороннього жаріння, комплект гир для створення осьового тиску на дослідний зразок, потенціометр КСП-4 з трьома термометрами ХК0,5 і комплект

вимірювальних пристроїв (амперметр, вольтметр), через який підключається апарат для двостороннього жаріння м'яса.

У склад стенду для проведення попередніх досліджень тривалості двостороннього жаріння і виходу готового продукту від величини осьового тиску було обрано апарат «GRIL MINUTE» виробництва ВТГ «SEB» (Франція) [111], так як його робочі поверхні жорстко не фіксуються в процесі жаріння.

Оскільки основним завданням було дослідження тривалості двостороннього жаріння від величини прикладеного осьового тиску, в якості вихідної сировини було обрано найдовший м'яз свинини і яловичини, що дозволяє виключити вплив фактору неоднорідності структури м'язів у різних дослідях.

Для створення осьового тиску використовувались набір важків Г-4-11110 МГ-1100-10 і гири в наборі вагою 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 і 5,0 кг.

Як зразки використовувались шматки свинини і яловичини довжиною 0,07 м, шириною 0,04 м і висотою 0,01 м з найдовшого м'язу без попереднього розпушування. Маса дослідного зразка визначалась за допомогою лабораторних ваг з набором важків Г-4-11110 МГ-1100-10 з точністю до 10^{-3} кг.

Нагрів здійснювався від 15°C до температури всередині зразку 72°C [31, 123] для зразків зі свинини і 84°C для зразків з яловичини, що фіксувалось трьома термопарами з потенціометром, при температурі поверхонь жаріння 150°C . Тривалість теплової обробки визначалась за допомогою секундоміру. Шаг дослідження складав $\pm 3 \cdot 10^3$ Па і $\pm 6 \cdot 10^3$ Па з основним рівнем за тиском біля ($-0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного. Маса напівфабрикатів $m_{н.ф.}$ і маса готових гарячих виробів $m_{г.в.}$ визначалась за допомогою лабораторних ваг і вказаного комплекту гир. Вихід готового продукту визначався за формулою

$$z = \frac{m_{г.в.}}{m_{н.ф.}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Тривалість двостороннього жаріння до кінцевої температури всередині визначався секундоміром, споживана потужність – амперметром і вольтметром з комплекту вимірювальних пристроїв.

Витрати електроенергії A на процес жаріння визначались за формулою

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} I \cdot U \cdot \tau_i, \text{ Вт} \cdot \text{с}; \quad (5)$$

де I – сила струму, яка визначалась за амперметром, А;
 U – напруга електричної мережі, яка визначалась за вольтметром, В;
 τ_i – тривалість i -го вмикання ТЕНів під час жаріння одного виробу, с;
 n – кількість вмикань ТЕНів під час жаріння одного виробу.

Питома витрата електроенергії на процес жаріння визначалась за формулою

$$E_n = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot A}{m_{з.в.}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{кг}; \quad (6)$$

Для отримання вигляду залежності тривалості теплової обробки τ і виходу готового продукту z від величини прикладеного тиску p використовувався активний план однофакторного експерименту. Матриці планування експериментів для свинини наведені в табл. 6, для яловичини – в табл. 7.

Таблиця 6

Матриця планування попередніх досліджень тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском і виходу готового продукту для зразків зі свинини

Відгук	-2	-1	0	1	2
Тривалість τ , с $\pm 0,05$	76	63	54	57	53
Вихід z , % $\pm 0,05$	80,1	86	90	88	85,1

Таблиця 7

Матриця планування попередніх досліджень тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском і виходу готового продукту для зразків з яловичини

Відгук	-2	-1	0	1	2
Тривалість τ , с $\pm 0,05$	87	75	66	71	63
Вихід z , % $\pm 0,05$	76	82	88,2	85	82,1

Для обробки результатів експерименту використовувався пакет програм Microsoft Excel.

За отриманими даними розраховувались середні значення відгуків, середні помилки і дисперсії.

Рівноточність вимірів відгуку перевірялась порівнянням дисперсій відтворювання за критерієм Фішера.

Якість зразків після теплової обробки оцінювалась органолептично.

До комплексу показників, які визначають харчову цінність м'яса і м'ясопродуктів входять органолептичні характеристики, які визначаються за допомогою органів відчуття. Висновки органолептичної оцінки частіше за все є кінцевими і вирішальними при визначенні якості продукції, особливо нових виробів. Дані органолептичного аналізу дозволяють робити висновки про вплив на якість продукту зміни рецептури, технологічного процесу, виду упаковки та умов зберігання [21].

Основною перевагою органолептичного аналізу, як методу оцінки якості продукції, є можливість відносно швидко і одночасно виявляти комплекс таких властивостей продукту, як колір, смак, запах, консистенція, зовнішній вигляд.

Органолептична оцінка окремих показників якості продукту відбувається у відповідності з послідовністю органолептичного сприйняття органами чуття. Спочатку оцінюють якісні показники за допомогою органів зору – зовнішній вигляд, форму, колір; потім запах, який визначається чуттям; і в кінці якісні показники, які визначаються у порожнині рота при розжовуванні: смак, консистенція (ніжність, жорсткість), соковитість.

Зовнішній вигляд характеризує загальну яву про продукт. При візуальній оцінці відмічають наявність на поверхні продукту плісені, слизу, сторонніх включень і характер малюнку на зрізі.

Колір м'яса і м'ясопродуктів є одним із найважливіших характеристик якості, за яким споживач в першу чергу отримує яву про товарний вигляд продукту. Колір м'яса і м'ясопродуктів залежить від багатьох факторів і, насамперед, від вмісту міоглобіну, гемоглобіну та їхніх похідних, а також від величини рН, кількості жиру і з'єднувальної тканини в продукті, характеру технологічної обробки, умов зберігання.

Колір м'яса може змінюватись за рахунок окислювальних перетворень гемових пігментів з утворенням коричневого, сірого чи зеленого кольору. Поява зеленого кольору може бути також результатом розвитку мікробіологічних процесів, реакції взаємодії міоглобіну і гемоглобіну з пероксидазами і сірководнем.

Запах і смак є важливими показниками якості продукту, які впливають на його засвоєння. Ці властивості достатньо важко розділити, так як багато ознак смаку сприймаються в безпосередньому зв'язку із запахом. Оцінка комплексного сприйняття смакоароматичних властивостей при розжовуванні продукту може бути визначена органолептичним аналізом. Інтенсивність запаху і смаку м'ясопродуктів обумовлена наявністю в них великої кількості компонентів, які належать до різних класів органічних з'єднань. Попередниками їх утворення є азотисті екстрактивні речовини: глютамон, карнозин, ансерін, глютамінова кислота, треонін, метіонін, цистин, інозінова кислота, гіпоксантин, креатин, креатинин, органічні кислоти, жири, вуглеводи.

Консистенція (ніжність, жорсткість) продукту визначається сприймальним відчуттям у порожнині рота. Вона є однією з найважливіших властивостей, які визначають якість м'яса і м'ясопродуктів, і дуже високо оцінюється споживачем. Консистенція м'яса в значній мірі обумовлена станом міофібрилярних білків, ступенем асоціації актину і міозину, а також агрегаційною взаємодією м'язових білків і їх деструктивними змінами. Важливе значення для консистенції м'яса має кількість жирової та з'єднувальної тканини. При цьому значний вплив на ніжність м'яса надає кількісне співвідношення колагену і еластину, ступінь полімеризації основної речовини з'єднувальної тканини. Значний вплив на ніжність і соковитість має величина рН м'язової тканини, яка визначає ступінь гідратації м'язових білків.

Консистенція суттєво змінюється при холодному зберіганні м'яса, тепловій обробці. Вплив тепла, з однієї сторони сприяє агрегації м'язових білків, а з іншої – зварюванню і дезагрегації колагену, які призводять до зміни консистенції продукту.

Органолептична оцінка якості продукту може бути диференційованою (за окремими показниками) і комплексною, яка враховує значення усіх показників, характерних для даного продукту. При органолептичному аналізі продукту використовують систему переважної оцінки і систему бальної оцінки.

Для проведення органолептичної оцінки якості готових виробів після теплової обробки була використана бальна система оцінки. Вона дозволяє кількісно визначити якість продукту. У м'ясній промисловості при органолептичній оцінці найчастіше використовують 5-, 9- та 30-бальні системи.

При бальній оцінці є скидка балів з максимально можливої оцінки за дефекти, які виявляють по кожному показнику якості;

встановлюють бал, нижче якого продукт вважають недоброякісним.

Для органолептичної оцінки готових виробів з м'яса була розроблена і використана 5-бальна шкала. Основними показниками якості у цій шкалі приймають: зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенція (табл. 8).

Таблиця 8

Бальна шкала визначення органолептичних показників готових виробів, що пройшли теплову обробку традиційним способом і в апараті для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском

Органолептичні показники	Бали				
	5	4	3	2	1
Колір	Поверхні з обох боків – коричневий, в перетині – сірий	Поверхні – світло-коричневий	Поверхні – сірий, зі зволоженням	Поверхні – коричневий з підгорілими ділянками, в перетині – рожевий	Поверхні – темно-коричневий з підгорілістю
Зовнішній вигляд	М'ясо нарізано впоперек волокон одним шматком овально-продовгатої форми, поверхня рівномірно обсмажена	Виріб трохи деформований	Виріб з нерівними краями	Виріб деформовано (м'ясо нарізано впоперек волокон)	Виріб безформний
Консистенція	Ніжна, соковита	Жорсткувата	Важко ріжеться і розжовується	М'яса – жорстка	Гумована
Запах	Смаженого м'яса, приємний	Без змін	Припущеного м'яса	Підгорілості	Сторонній, несвіжого м'яса

Органолептичні показники	Бали				
	5	4	3	2	1
Смак	Смаженого натурального м'яса, помірно солоний	Без змін	Несоковитого м'яса	Пересолений	Пересолений з присмаком недоброякісного м'яса

Результати попереднього дослідження тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском зразків товщиною 0,01 м, виготовлених з м'яса свинини і яловичини, наведено на рис. 9.

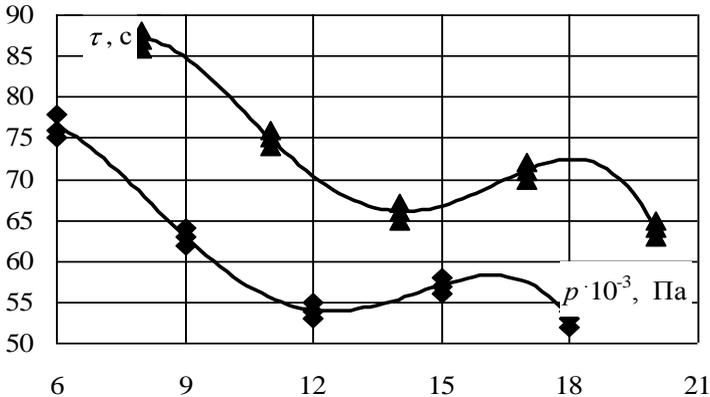


Рис. 9. Результати попереднього дослідження тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском зразків товщиною 0,01 м, виготовлених з найдовшого м'язу:

◆ – свинини; ▲ – яловичини

Результати попереднього дослідження виходу готового продукту після двостороннього жаріння під осьовим тиском зразків товщиною 0,01 м, виготовлених з м'яса свинини і яловичини, наведено на рис. 10.

З рис. 9 видно, що залежність тривалості двостороннього жаріння τ від величини прикладеного осьового тиску p як для зразків зі свинини, так і для зразків з яловичини, має нелінійну фор-

му з чітко вираженим мінімумом при тиску в районі граничного, а її натуральне значення в мінімумі складає, в середньому ($\pm 0,05$), для зразків зі свинини 54 с, для зразків з яловичини 68 с.

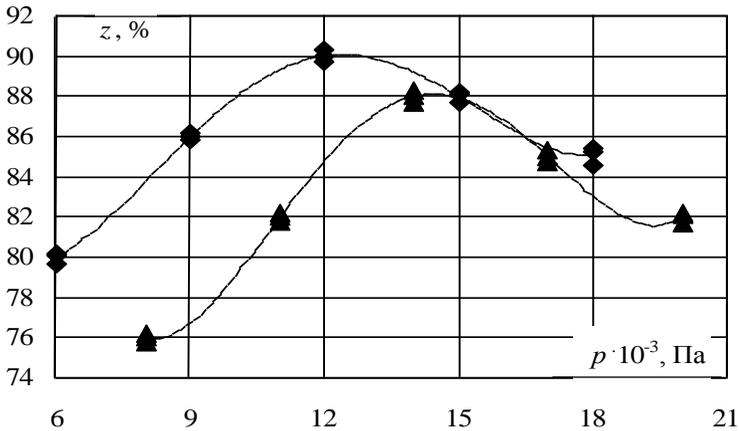


Рис. 10. Результати попереднього дослідження виходу готового продукту після двостороннього жаріння під осьовим тиском зразків товщиною 0,01 м, виготовлених з найдовшого м'язу:

◆ – свинини; ▲ – яловичини

Отримані результати на ділянці проведених досліджень з достовірністю 95 % апроксимуються шляхом нанесення ліній тренда в пакеті програм «Excel» (ліній на рис. 9) поліноміальною залежністю 4-го ступеня, яка має вигляд:

$$\tau = a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4, \text{ с}; \quad (7)$$

але на інших ділянках (за ділянницею проведених досліджень) апроксимація не дає очікуваних результатів.

З рис. 10 видно, що залежність виходу готового продукту z після двостороннього жаріння від величини прикладеного осьового тиску p як для зразків зі свинини, так і для зразків з яловичини, має нелінійну форму з чітко вираженим максимумом при тиску в районі граничного, а його величина в максимумі складає, в середньому ($\pm 0,05$), для зразків зі свинини 90 %, для зразків з яловичини 88 %.

Отримані результати на ділянці проведених досліджень з достовірністю 95 % апроксимуються шляхом нанесення ліній

тренда в пакеті програм «Excel» (лінії на рис. 3.5) поліноміальною залежністю 3-го ступеня, яка має вигляд:

$$z = b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + b_3, \%; \quad (8)$$

але за дільницею проведених досліджень апроксимація не дає очікуваних результатів.

Результати дослідження питомої витрати електроенергії при двосторонньому жарінні під осьовим тиском зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини і яловичини, представлені на рис. 11.

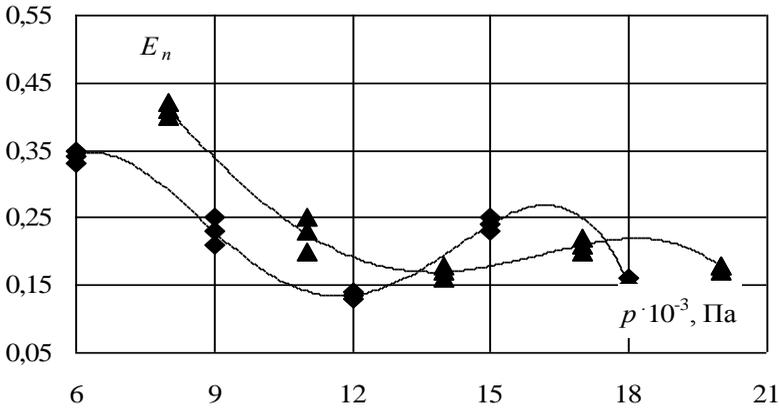


Рис. 11. Результати дослідження питомої витрати електроенергії при двосторонньому жарінні під осьовим тиском зразків, виготовлених з найдовшого м'язу:

◆ – свинини; ▲ – яловичини

З рис. 11 видно, що залежність питомої витрати електроенергії при двосторонньому жарінні під осьовим тиском для зразків, виготовлених з найдовшого м'язу як свинини, так і яловичини, має нелінійний характер з чітко вираженим мінімумом при тиску в районі граничного, а її величини складають в ньому, в середньому, для зразків зі свинини 0,135 кВт·год/кг, для зразків з яловичини 0,170 кВт·год/кг.

Отримані результати на дільниці проведених досліджень з достовірністю 95 % апроксимуються шляхом нанесення ліній тренда в пакеті програм «Excel» (ліній на рис. 11) поліноміальною

ною залежністю 4-го ступеня, яка має аналогічний формулі (7) вигляд.

Результати органолептичної оцінки готових виробів зі свинини за наведеною вище методикою за точками плану експериментальних досліджень (див. табл. 6) наведені в табл. 9.

Таблиця 9

Результати органолептичної оцінки якості виробів зі свинини після двостороннього жаріння під осьовим тиском

Органолептичні показники	Отримані бали виробів за точками плану, $\pm 0,05$				
	-2	-1	0	1	2
Колір	4	4	4	3	3
Зовнішній вигляд	4	4	4	4	3
Запах	4	4	4	3	3
Смак	4	5	5	3	3
Консистенція	4	5	5	2	2
Середній бал	4	4,4	4,4	3	2,8

Як видно з табл. 9, якість готових виробів за органолептичними показниками за точками -2, -1, 0 висока і приблизно однакова; відмінності у якості є лише у виробі після двостороннього жаріння за точкою плану експерименту -2; причому проведення процесу двостороннього жаріння під більшим осьовим тиском (точки -1, 0) покращує органолептичні показники. Консистенція виробів за точкою плану -2 менш соковита, що можна пояснити більшими втратами вологи в процесі жаріння.

Якість готових виробів за точками плану 1, 2 досить низька, що можна пояснити більшими втратами вологи в процесі жаріння; причому проведення процесу двостороннього жаріння під більшим тиском (точка 2) погіршує органолептичні показники.

Результати органолептичної оцінки готових виробів з яловичини за точками плану експериментальних досліджень (див. табл. 7) наведені в табл. 10.

Як видно з табл. 10, якість готових виробів з яловичини за органолептичними показниками за точками -2, -1, 0 порівняно висока і приблизно однакова; відмінності у якості є лише у виробі після двостороннього жаріння за точкою плану експерименту -2; причому проведення процесу двостороннього жа-

ріння під більшим тиском (точки -1, 0) також покращує органолептичні показники. Консистенція виробів за точкою плану -2 менш соковита і більш жорстка, що пояснюється більшими втратами вологи в процесі жаріння.

Таблиця 10

Результати органолептичної оцінки якості виробів з яловичини після двостороннього жаріння під осьовим тиском

Органолептичні показники	Отримані бали виробів за точками плану, $\pm 0,05$				
	-2	-1	0	1	2
Колір	4	4	4	3	3
Зовнішній вигляд	4	4	4	4	3
Запах	4	4	4	3	3
Смак	4	4	4	3	3
Консистенція	3	5	5	3	2
Середній бал	3,8	4,2	4,2	3,2	2,8

Якість готових виробів за точками плану 1, 2 досить низька, що пояснюється більшими втратами вологи в процесі жаріння; причому проведення процесу двостороннього жаріння під осьовим тиском, більшим за граничний p_{ep} (точки 1, 2) погіршує органолептичні показники.

Загалом, в результаті проведення попередніх досліджень тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском і виходу готового продукту в умовах нежорсткої фіксації поверхонь жаріння, можна зробити наступні висновки:

- підтверджено гіпотезу про існування раціональних параметрів з тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском, виходу готового продукту і питомої витрати електроенергії в умовах нежорсткої фіксації поверхонь жаріння; причому ці параметри реалізуються при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} [59];

- підтверджено високу якість готових виробів після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} ;

- проведення процесу двостороннього жаріння під тиском більше граничного p_{ep} недоцільне, так як такий тиск негативно впливає не тільки на вихід готових виробів, але і істотно погіршує їх органолептичні показники;

– запропоновані математичні моделі тривалості і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском апроксимуються з достовірністю 95 % лише при невеликих значеннях величини осьового тиску, а при більших його значеннях апроксимація не дає очікуваних результатів; математичні моделі враховують вплив лише одного фактору тиску p , що є явно недостатнім для оптимізації процесу і його практичної реалізації;

– необхідні більш ґрунтовні дослідження як тривалості двостороннього жаріння під тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} , так і виходу готового продукту для підтвердження отриманих попередніх результатів і розробки більш ґрунтовної математичної моделі, яка б враховувала не один фактор тиску, але і фактор товщини виробу.

Об'єктом ґрунтового дослідження був процес двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса.

Завдання дослідження полягало у визначенні вигляду залежності тривалості двостороннього жаріння від величини прикладеного осьового тиску, що викликає напруги в м'ясі, при яких починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини, і товщини дослідних зразків, виготовлених з придатних для жаріння частин туш свинини і яловичини, а також виходу готового продукту.

Для проведення досліджень тривалості теплової обробки і виходу готового продукту було створено експериментальний стенд (рис. 12, 13).

До його складу входили: апарат для двостороннього жаріння під осьовим тиском, потенціометр КСП-4 з трьома термопарами ХК0,5 і комплект вимірювальних пристроїв (амперметр, вольтметр), через який підключається апарат для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

У якості апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском використовувався апарат для визначення величини граничного тиску, при якому починається руйнування структури з'єднувальної тканини м'яса. Апарат (рис. 3, 4) складається з нижньої і верхньої частини. Нижня частина складається з каркасу, нагрівальної плити, яка обігривається спіраллю в керамічних бусах і електроконтактного терморегулятора. Верхня частина складається з нагрівальної плити, яка обігривається спіраллю в

керамічних бусах, пересувного вантажу, який має фіксацію на напрямній, датчика тиску – мікрометру, який вимірює прогин пластини з нержавіючої сталі, яку зачekanено у верхній поверхні жаріння. Верхня частина зв'язана з нижньою через шарнір.

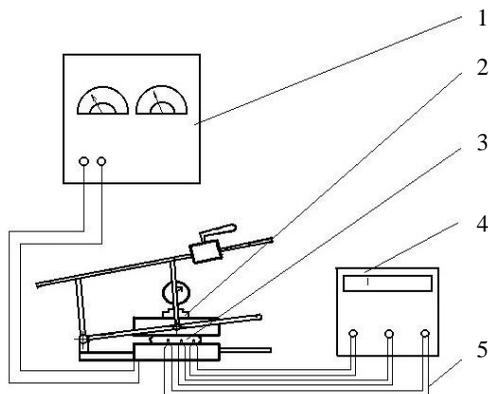


Рис. 12. Схема експериментального станда з дослідження тривалості двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском:

- 1 – комплект вимірювальних пристроїв (вольтметр, амперметр);
- 2 – апарат для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском;
- 3 – дослідний зразок; 4 – потенціометр КСП-4; 5 – термопари ХК0,5



Рис. 13. Експериментальний стенд з дослідження тривалості теплової обробки при двосторонньому жарінні під осьовим тиском

Як модель було обрано математичну функцію поліном другого ступеня для двох факторів (або повне квадратичне рівняння для двох факторів) [95, 96].

Існує по меншій мірі один, а можливо, два серйозних недоліки при використанні плану 3^2 для оцінки коефіцієнтів повного квадратичного рівняння. Обидва вони були помічені Боксом, Йелем, Хантером [4–5, 45], які запропонували заходи з їх усунення.

Перший недолік полягає в тому, що на загальну форму і орієнтацію поверхонь відгуку великий вплив має центральна точка. Це в значній мірі визначає, коли будь-яка точка може бути дубльована, то вона повинна бути центральною. Бажано її дублювати три–чотири рази.

Другим недоліком плану 3^2 у випадку використання для побудови поверхні відгуку другого порядку є відсутність радіальної симетрії відносно центру. Контури рівних дисперсій оцінки відгуку витягнуті в діагональних напрямках. Інформаційні контури вже не мають вигляд концентрованих кіл відносно центру. Цей недолік вважається дуже суттєвим в планах з трьома і більше факторами, а для плану 3^2 він несуттєвий [65].

Число повторів кожної точки плану дорівнювало трьом.

Для точок плану, відповідних центральному значенню фактора h , кількість повторів дорівнювала шести, так як для дослідження необхідно мати більш надійні значення залежної змінної саме в центральних значеннях фактору h .

Залежність тривалості теплової обробки τ від величини прикладеного тиску p і товщини дослідного зразка h можна представити за допомогою наступної моделі

$$\tau = a_0 + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 p + a_4 p^2 + a_5 h p + e = \tau_{\text{розрах}} + e, \text{ с} \quad (9)$$

де $a_0 \dots a_5$ – коефіцієнти моделі;

e – залишки моделі, які враховують вплив факторів, що не ввійшли в модель;

$\tau_{\text{розрах}} = a_0 + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 p + a_4 p^2 + a_5 h p$ – розрахункові значення багатфакторної моделі;

h – товщина дослідного зразка м'яса в кодованих одиницях;

p – тиск на дослідний зразок в процесі жаріння в кодованих одиницях;

h^2 – квадрат змінної h ;

p^2 – квадрат змінної p ;
 hp – взаємовплив змінних h і p .

Для дослідження використовувався описаний вище лабораторний стенд (рис. 12, 13). Як зразки використовувались шматки свинини і яловичини довжиною 0,07 м, шириною 0,04 м і висотою 0,005 м, 0,010 м і 0,015 м з найдовшого м'язу без попереднього розпушування. Матриці планування експерименту наведені в табл. 11 і 12.

Таблиця 11

Матриця планування експерименту з дослідження тривалості теплової обробки і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском зі зразками, виготовленими зі свинини

h	h^2	p	p^2	hp	$\tau, \text{с} \pm 0,05$	$\tau_{\text{розр.}}, \text{с}$	$z, \% \pm 0,05$	$z_{\text{розр.}}, \%$
-1	1	-1	1	1	36,67	37,10	88,73	88,82
-1	1	0	0	0	33,17	32,79	89,95	89,82
-1	1	1	1	-1	35,67	35,60	89,87	89,91
0	0	-1	1	0	59,67	59,02	89,37	89,31
0	0	0	0	0	54,17	54,46	90,03	90,06
0	0	1	1	0	56,67	57,02	89,87	89,89
1	1	-1	1	-1	82,00	82,21	89,71	89,68
1	1	0	0	0	77,33	77,41	90,07	90,17
1	1	1	1	1	80,00	79,71	89,81	89,74

Таблиця 12

Матриця планування експерименту з дослідження тривалості теплової обробки і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском зі зразками, виготовленими з яловичини

h	h^2	p	p^2	hp	$\tau, \text{с} \pm 0,05$	$\tau_{\text{розр.}}, \text{с}$	$z, \% \pm 0,05$	$z_{\text{розр.}}, \%$
-1	1	-1	1	1	51,00	50,32	86,67	86,76
-1	1	0	0	0	43,50	44,24	88,45	88,32
-1	1	1	1	-1	47,00	46,94	88,21	88,25
0	0	-1	1	0	70,67	71,96	87,54	87,51
0	0	0	0	0	67,67	66,29	88,77	88,76
0	0	1	1	0	69,33	69,41	88,34	88,38
1	1	-1	1	-1	86,00	85,38	88,24	88,19
1	1	0	0	0	79,50	80,13	88,99	89,13
1	1	1	1	1	83,67	83,66	88,51	88,43

З найдовших м'язів свинини вирізалось 36 дослідних зразків в наступній послідовності: 0,005 м; 0,01 м; 0,015 м; 0,005 м; 0,01 м; 0,015 м ...

Кожний зразок отримував свій номер, і для кожного зразка на апараті визначався граничний осьовий тиск p_{ep} на його обрізках, що утворились в результаті виготовлення, який чисельно дорівнював тиску руйнування структури з'єднувальної тканини м'яса. Нагрів здійснювався від 15 °С до температури всередині зразка 72 °С [38, 39] при температурі поверхонь жаріння 150 °С, що фіксувалось трьома терморпарами з потенціометром. Тривалість теплової обробки визначалась за допомогою секундоміру. Шаг дослідження складав $\pm 2 \cdot 10^3$ Па з основним рівнем за тиском біля $(-0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного. Маса напівфабрикатів $m_{н.ф.}$ і маса готових гарячих виробів $m_{г.в.}$ визначалась за допомогою лабораторних ваг і комплекту гир Г4-210. Вихід готового продукту визначався за формулою (4). Витрати і питома витрата електроенергії на процес двостороннього жаріння визначались, відповідно, за формулами (5) і (6).

Для обробки результатів експерименту використовувався пакет програм Microsoft Excel.

За отриманими даними розраховувались середні значення відгуків, середні помилки і дисперсії.

За обраною математичною моделлю перевірявся ступінь лінійного зв'язку між всіма змінними. При цьому розраховувались критичні коефіцієнти кореляції за табличним значенням критерію Стьюдента і за ними визначався вплив факторів.

Рівноточність вимірів відгуку перевірялась порівнянням дисперсій відтворювання за критерієм Фішера, тому що використання критерію Кокрена забороняється для порівняння дисперсій з різним об'ємом вибірки.

Розрахунок характеристик моделі здійснювався за допомогою функції лінійної і програми Curve Table 3D.

В економетричному аналізі регресивної моделі перевірялись достовірність моделі за критерієм Фішера шляхом його порівняння з табличним значенням, а коефіцієнтів моделі – за критерієм Стьюдента шляхом порівняння його з табличним значенням.

Частка впливу кожного фактора визначалась за коефіцієнтом детермінації для кожного фактору по формулі

$$r(X_i)^2 = \frac{t(X_i)^2 R^2}{t(X_1)^2 + t(X_2)^2 + t(X_3)^2 + \dots + t(X_i)^2}; \quad (10)$$

де $r(X_i)^2$ – коефіцієнт детермінації для фактора X_i ;

$t(X_i)$ – критерій Стюдента для фактора X_i ;

R^2 – загальний коефіцієнт детермінації;

X_i – фактори, що ввійшли в модель.

Перевірка адекватності моделі проводилась шляхом порівняння значення адекватного критерію Фішера з його табличним значенням.

Аналогічний експеримент проводився і із зразками, виготовленими з найдовшого м'язу яловичини. Нагрів здійснювався від температури 15 °С до температури 84 °С [31, 123] всередині зразка.

Подібний експеримент, але тільки за основним рівнем по товщині, проводився і зі зразками, виготовленими з найдовшого м'язу свинини і нарізаними повздовж волокон. Матриця планування експерименту наведена в табл. 13.

Таблиця 13

Матриця планування експерименту з дослідження тривалості теплової обробки і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском зі зразками, виготовленими зі свинини повздовж волокон

h	h^2	p	p^2	hp	τ, c $\pm 0,05$	$z, \%$ $\pm 0,05$
0	0	-1	1	0	71,333	64,467
0	0	0	0	0	69,667	62,333
0	0	1	1	0	67,333	61,667

Якість готових виробів оцінювалась органолептично за наведеною вище методикою відповідно до [54].

Дослідження проводились згідно з розробленою методикою і планом експерименту. Результати експерименту зі зразками, виготовленими з найдовшого м'язу свинини, за тривалістю теплової обробки зображено в натуральних одиницях на рис. 14, в кодованих одиницях за тиском відповідно до плану експерименту – на рис. 15.

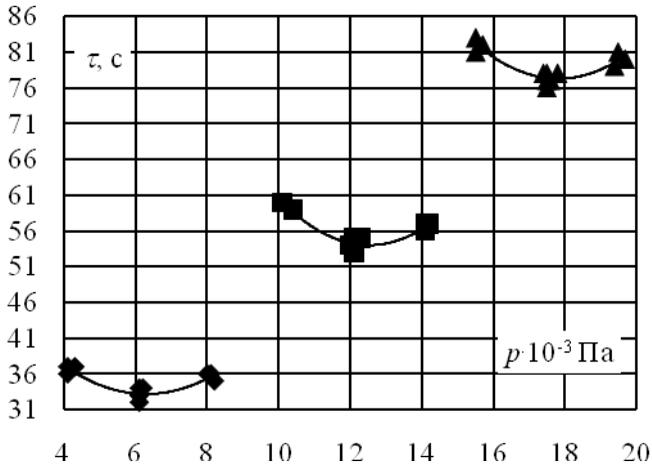


Рис. 14. Результати експериментальних досліджень з визначення тривалості двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного p_{gp} зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,010 м; ▲ – 0,015 м

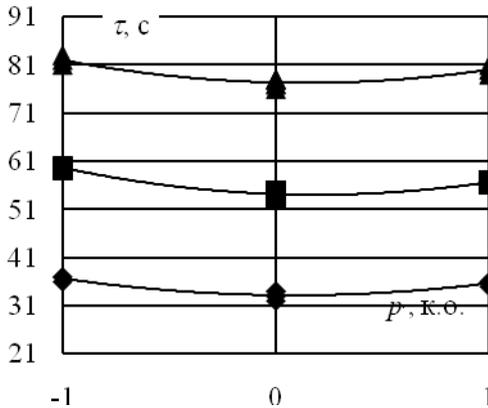


Рис. 15. Результати експериментальних досліджень з визначення тривалості двостороннього жаріння під тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gp} зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини, в кодovаних одиницях за тиском товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,01 м; ▲ – 0,015 м

Перевірка ступеня лінійного зв'язку між всіма змінними показала, що так як коефіцієнти кореляції між всіма факторами рівні, то фактори, включені в модель, є ортогональними. Найбільш достовірний вплив на тривалість теплової обробки τ здійснює товщина дослідного зразка h (коефіцієнт кореляції є достовірним з ймовірністю 0,95, так як $r(\tau, h) > r_{кр}$). Вплив інших факторів є недостовірним, так як коефіцієнти кореляції $r(\tau, h^2)$, $r(\tau, p)$, $r(\tau, p^2)$, $r(\tau, h \cdot p)$ менші за $r_{кр}$. Матриця парних коефіцієнтів кореляції наведена в табл. 14.

Таблиця 14

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	H	h^2	p	p^2	$h \cdot p$	T
h	1					
h^2	$3 \cdot 10^{-17}$	1				
p	0	0	1			
p^2	0	0	0	1		
$h \cdot p$	0	0	0	0	1	
r	0,994	0,016	-0,040	0,092	-0,010	1

$$r_{кр} = \frac{t}{\sqrt{t^2 + n - 2}} = 0,666;$$

де $t = 2,365$ – табличне значення критерію Стьюдента на рівні значимості 0,05;

$n = 9$ – кількість точок плану.

Перевірка рівноточності вимірів відгуку показала, що для всіх порівнювальних дисперсій фактичне значення критерію Фішера менше табличного і, як наслідок, нульова гіпотеза про те, що дисперсії рівні між собою, приймається і вважається що всі виміри відгуку є рівноточними і можна проводити регресійний аналіз. Для об'єму вибірки 3; 6; 3; 3; 6; 3; 3; 6; 3 порівнювальні дисперсії становлять відповідно 0,333; 0,5674; 0,333; 0,333; 0,567; 0,333; 1; 0,667; 1.

$$F_{max} = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 3;$$

де F_{max} – фактичне максимальне значення критерію Фішера для значень відгуку;

$F_{табл} = 19$ – табличне значення критерію Фішера на рівні значимості $\alpha = 0,05$ і числі ступенів свободи 5 і 2 для більшої і меншої дисперсій.

Результати експерименту за виходом готового продукту зі свинини представлені в натуральних одиницях на рис. 16, в кодіваних одиницях за тиском – на рис. 17. Матриця планування експерименту з середнім значенням відгуку наведена в табл. 11 і 12.

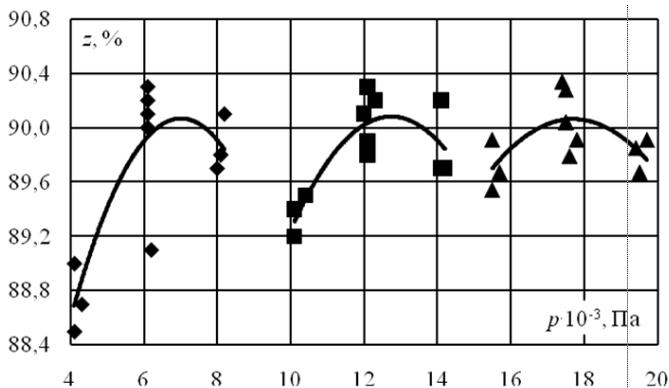


Рис. 16. Результати експерименту за виходом готового продукту при двосторонньому жарінні під тиском поблизу граничного для зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини, товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,010 м; ▲ – 0,015 м

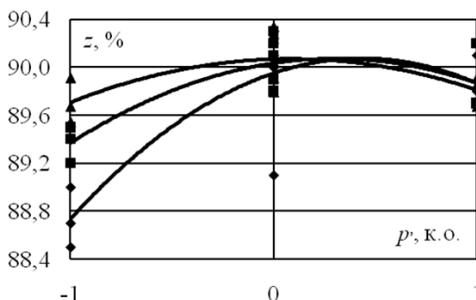


Рис. 17. Результати експерименту за виходом готового продукту при двосторонньому жарінні під тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3 \text{ Pa}$) граничного в кодіваних одиницях за тиском для зразків, виготовлених з найдовшого м'язу свинини, товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,010 м; ▲ – 0,015 м

При обробці результатів за виходом готового продукту z перевірка ступеня лінійного зв'язку між всіма змінними показала, що так як коефіцієнти кореляції між всіма факторами рівні, то фактори, включені в модель є ортогональними. На величину виходу готового продукту z достовірного впливу не здійснює жоден з факторів моделі, так як коефіцієнти кореляції між z і вказаними факторами менше за критичне значення коефіцієнту кореляції. Матриця парних коефіцієнтів кореляції наведена в табл. 15.

Таблиця 15

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	H	h^2	p	p^2	$h \cdot p$	Z
H	1					
h^2	$3 \cdot 10^{-17}$	1				
P	0	0	1			
p^2	0	0	0	1		
$h \cdot p$	0	0	0	0	1	
R	0,354	-0,080	0,595	-0,540	-0,430	1

$$r_{кр} = \frac{t}{\sqrt{t^2 + n - 2}} = 0,666;$$

де $t = 2,365$ – табличне значення критерію Стьюдента на рівні значимості 0,05;

$n = 9$ – кількість точок плану.

Перевірка рівноточності вимірів відгуку показала, що для всіх порівнювальних дисперсій фактичне значення критерію Фішера менше табличного критерію Фішера і, як наслідок, нульова гіпотеза про те, що дисперсії рівні між собою, приймається і вважається що всі виміри відгуку є рівноточними і можна проводити регресійний аналіз. Для об'єму вибірки 3; 6; 3; 3; 6; 3; 3; 6; 3 порівнювальні дисперсії становлять відповідно 0,063; 0,187; 0,043; 0,023; 0,039; 0,083; 0,035; 0,045; 0,016.

$$F_{max} = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 11,99;$$

де F_{max} – фактичне максимальне значення критерію Фішера для значень відгуку;

$F_{табл} = 19,3$ – табличне значення критерію Фішера на рівні значимості $\alpha = 0,05$ і числі ступенів свободи 5 і 2 для більшої і меншої дисперсій.

Матриця планування експерименту зі зразками, виготовленими з найдовшого м'язу яловичини, з середнім значенням відгуку наведена в табл. 12.

Результати експерименту за тривалістю теплової обробки зразків, виготовлених з найдовшого м'язу яловичини, в натуральних одиницях зображено на рис. 18, в кодованих одиницях за планом експерименту – на рис. 19.

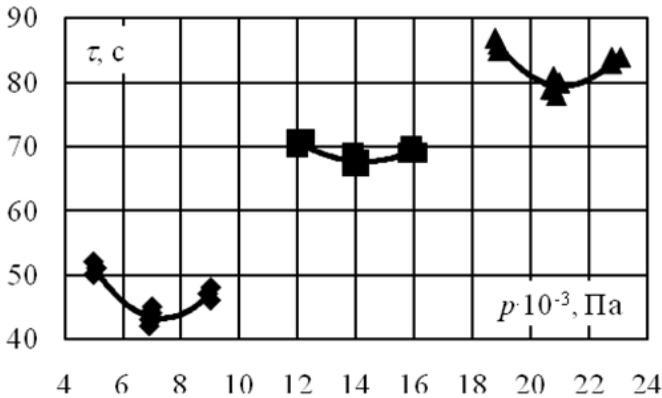


Рис. 18. Результати експериментальних досліджень з визначення тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} зразків, виготовлених з найдовшого м'язу яловичини товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,010 м; ▲ – 0,015 м

Перевірка ступеня лінійного зв'язку між всіма змінними показала, що так як коефіцієнти кореляції між всіма факторами рівні, то фактори, включені в модель є ортогональними. Найбільш достовірний вплив на тривалість теплової обробки τ здійснює товщина дослідного зразка h (коефіцієнт кореляції є достовірним з ймовірністю 0,95, так як $r(\tau, h) > r_{кр}$. Вплив інших факторів є недостовірним, так як коефіцієнти кореляції $r(\tau, h^2)$, $r(\tau, p)$, $r(\tau, p^2)$, $r(\tau, h \cdot p)$ менші за $r_{кр}$. Матриця парних коефіцієнтів кореляції наведена в табл. 16.

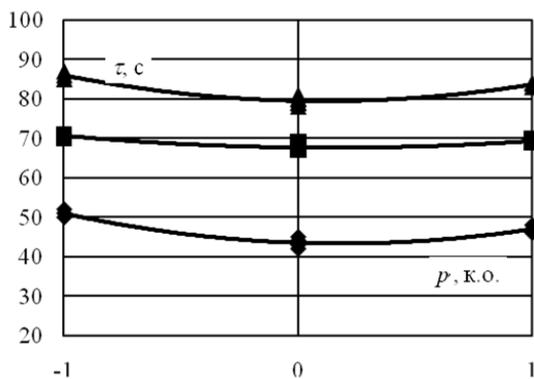


Рис. 19. Результати експериментальних досліджень з визначення тривалості двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного p_{cr} в кодованих одиницях зразків, виготовлених з найдовшого м'язу яловичини, товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,010 м; ▲ – 0,015 м

Таблиця 16

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	h	h^2	p	p^2	$h \cdot p$	τ
h	1					
h^2	$3 \cdot 10^{-17}$	1				
p	0	0	1			
p^2	0	0	0	1		
$h \cdot p$	0	0	0	0	1	
r	0,978	-0,130	-0,070	0,138	0,019	1

$$r_{kp} = \frac{t}{\sqrt{t^2 + n - 2}} = 0,666;$$

де $t = 2,365$ – табличне значення критерію Стьюдента на рівні значимості 0,05;

$n = 9$ – кількість точок плану.

Перевірка рівноточності вимірів відгуку показала, що для всіх порівнювальних дисперсій фактичне значення критерію Фішера менше табличного критерію Фішера і, як наслідок, нульова гіпотеза про те, що дисперсії рівні між собою, приймається і

вважається що всі виміри відгуку є рівноточними і можна проводити регресійний аналіз. Для об'єму вибірки 3; 6; 3; 3; 6; 3; 3; 6; 3 порівнювальні дисперсії становлять відповідно 1; 1,1; 1; 0,333; 0,667; 0,333; 1; 1,1; 0,333.

$$F_{max} = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 3,3;$$

де F_{max} – фактичне максимальне значення критерію Фішера для значень відгуку;

$F_{табл} = 19,3$ – табличне значення критерію Фішера на рівні значимості $\alpha = 0,05$ і числі ступенів свободи 5 і 2 для більшої і меншої дисперсій.

Результати експерименту за виходом готового продукту з яловичини представлені в натуральних одиницях на рис. 20, в кодированих одиницях згідно з планом експерименту – на рис. 21.

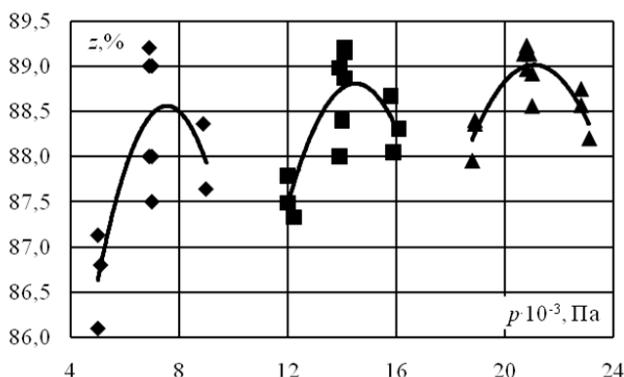


Рис. 20. Результати експерименту за виходом готового продукту при двосторонньому жарінні під тиском поблизу граничного для зразків, виготовлених з найдовшого м'язу яловичини, товщиною:

◆ – 0,005 м; ■ – 0,01 м; ▲ – 0,015 м

Перевірка ступеня лінійного зв'язку між всіма змінними показала, що так як коефіцієнти кореляції між всіма факторами рівні, то фактори, включені в модель є ортогональними. Найбільш достовірний вплив на вихід готового продукту z здійснює товщина дослідного зразку h , тиск p . Вплив інших факторів є

недостовірним, так як коефіцієнти кореляції $r(z, h^2)$, $r(z, p^2)$, $r(z, h \cdot p)$ менші за $r_{кр}$. Матриця парних коефіцієнтів кореляції наведена в табл. 17.

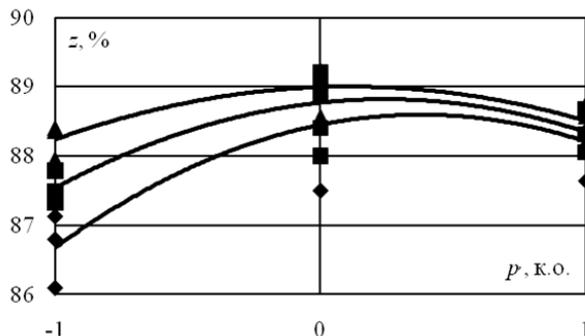


Рис. 21. Результати експерименту за виходом готового продукту при двосторонньому жарінні під тиском поблизу граничного в кодованих одиницях за тиском для зразків, виготовлених з найдовшого м'яса свинини, товщиною:

\blacklozenge – 0,005 м; \blacksquare – 0,010 м; \blacktriangle – 0,015 м

Таблиця 17

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	H	h^2	p	p^2	$h \cdot p$	z
h	1					
h^2	$3 \cdot 10^{-17}$	1				
p	0	0	1			
p^2	0	0	0	1		
$h \cdot p$	0	0	0	0	1	
r	0,497	-0,03	0,539	-0,59	-0,32	1

$$r_{кр} = \frac{t}{\sqrt{t^2 + n - 2}} = 0,666;$$

де $t = 2,365$ – табличне значення критерію Стюдента на рівні значності 0,05;

$n = 9$ – кількість точок плану.

Перевірка рівноточності вимірів відгуку показала, що для всіх порівнювальних дисперсій фактичне значення критерію Фішера

менше табличного критерію Фішера і, як наслідок, нульова гіпотеза про те, що дисперсії рівні між собою, приймається і вважається, що всі виміри відгуку є рівноточними і можна проводити регресійний аналіз. Для об'єму вибірки 3; 6; 3; 3; 6; 3; 3; 6; 3 порівнювальні дисперсії становили відповідно 0,277; 0,495; 0,258; 0,055; 0,226; 0,097; 0,062; 0,059; 0,079.

$$F_{max} = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 9,077 ;$$

де F_{max} – фактичне максимальне значення критерію Фішера для значень відгуку;

$F_{табл} = 19,3$ – табличне значення критерію Фішера на рівні значимості $\alpha = 0,05$ і числі ступенів свободи 5 і 2 для більшої і меншої дисперсій.

Питома витрата електроенергії по зразках зі свинини складала по трьох рівнях відповідно 0,16; 0,13 і 0,15 кВт·год/кг, по зразках з яловичини – 0,18; 0,14 і 0,17 кВт·год/кг. Середні значення питомої витрати електроенергії за середнім значенням відгуку при осьовому тиску в кодованих одиницях наведені на рис. 22.

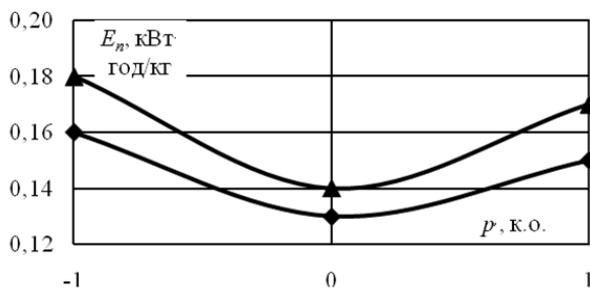


Рис. 22. Результати визначення питомої витрати електроенергії на процес двостороннього жаріння під осьовим тиском в кодованих одиницях зразків, виготовлених з:

◆ – свинини; ▲ – яловичини

Оцінка якості зразків після двостороннього жаріння під осьовим тиском за точками плану за органолептичними показниками показала, що за всіма трьома рівнями по товщині якість однакова, тобто якість виробів після двостороннього жаріння під осьовим тиском не залежить від товщини зразків. Результати

оцінки якості зразків зі свинини і яловичини після двостороннього жаріння під осьовим тиском за точками плану за органолептичними показниками наведена в табл. 18.

Таблиця 18

Результати оцінки якості зразків зі свинини і яловичини після двостороннього жаріння під осьовим тиском за точками плану за органолептичними показниками

Органолептичні показники	Отримані бали за точками плану за тиском, $\pm 0,05$, для зразків, виготовлених з:					
	-1		0		1	
	свинини	яловичини	свинини	яловичини	свинини	яловичини
Колір	4	4	4	4	4	3
Зовнішній вигляд	4	4	4	4	4	4
Запах	4	4	4	4	4	4
Смак	5	4	5	4	3	3
Консистенція	5	5	5	5	3	3
Середній бал	4,4	4,2	4,4	4,2	3,6	3,4

Як видно з табл. 18, якість зразків зі свинини і яловичини за органолептичними показниками після двостороннього жаріння під осьовим тиском, меншим за граничний p_{cp} (точки плану -1 , 0) вища, ніж у зразків після двостороннього жаріння під осьовим тиском, більшим за граничний p_{cp} (точка плану 1).

Аналогічні експерименти за тих же умов на основному рівні за товщиною проводились з м'ясом свинини, нарізаним повздовж волокон. Матриця планування експерименту наведена в табл. 13. Результати за тривалістю τ (с) двостороннього жаріння під осьовим тиском в кодованих одиницях за планом експерименту представлені на рис. 23. Результати за виходом готового продукту z (%) представлені на рис. 24.

Аналіз отриманих даних показує, що розташування м'яса при двосторонньому жарінні під осьовим тиском повздовж волокон недоцільне, так як вихід готового продукту при тиску поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp} не перевищує 63 %. Порівняно невеликий вихід готового продукту при розташуванні його повздовж волокон пояснюється, очевидно, вигнічуванням вологи повздовж волокон і подальшою її втратою.

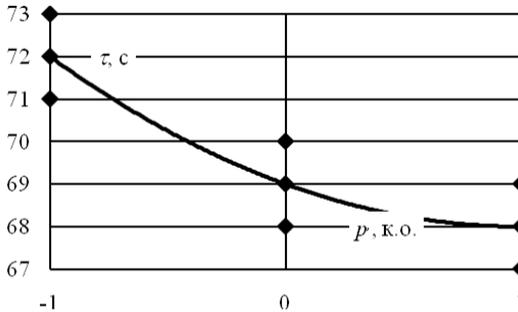


Рис. 23. Результати експериментальних досліджень з визначення тривалості двостороннього жаріння в залежності від осевого тиску в кодованих одиницях зразків, нарізаних повздовж волокон з м'яса свинини

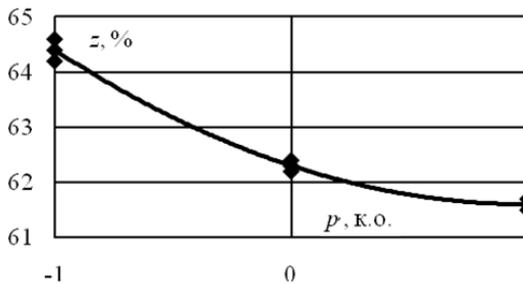


Рис. 24. Результати експерименту за виходом готового продукту при двосторонньому жарінні під тиском поблизу граничного в кодованих одиницях за тиском для зразків, нарізаних повздовж волокон з м'яса свинини

Проведені експериментальні дослідження впливу осевого тиску поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного на тривалість двостороннього жаріння, вихід готового продукту і питому витрату електроенергії дозволяють зробити наступні висновки:

– підтверджено гіпотезу про існування раціональних параметрів тривалості теплової обробки і виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осевим тиском (рис. 2.1) поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса; при цьому м'ясо при виготовленні напівфабрикатів необхідно нарізати впоперек

волокон. Проведення процесу двостороннього жаріння під осьовим тиском, більшим за граничний p_{cp} , призводить до збільшення тривалості жаріння, зменшення виходу готового продукту і погіршення органолептичних показників;

– питома витрата електроенергії на процес двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{cp} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, складає для наведених умов для зразків зі свинини 0,13...0,16 кВт·год/кг, для зразків з яловичини – 0,14...0,18 кВт·год/кг;

– розташування м'яса повздовж волокон при двосторонньому жарінні під осьовим тиском недоцільне, так як раціональні параметри за тривалістю теплової обробки і виходом готового продукту при осьовому тиску поблизу граничного p_{cp} відсутні; проведення процесу двостороннього жаріння під осьовим тиском більшим за граничний p_{cp} знижує вихід готового продукту.

3.3. Математичні моделі впливу величини осьового стиснення на тривалість процесу двостороннього жаріння м'яса і вихід готового продукту

Розрахунок характеристик математичної моделі тривалості теплової обробки для виробів із свинини при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу граничного ($\pm 0,2 \cdot 10^3$ Па) проводився за допомогою функції лінійної і програми Curve Table 3D, що дозволило отримати коефіцієнти моделі: $a_0 = 54$; $a_1 = 22,3$; $a_2 = 0,6$; $a_3 = -1$; $a_4 = 3,5$; $a_5 = -0,3$ з середньоквадратичним відхиленням коефіцієнтів від свого математичного очікування відповідно 0,45; 0,25; 0,43; 0,25; 0,43; 0,30 при значенні критерію Стьюдента для них відповідно 120,91; 90,41; 1,49; 4,05; 8,32; -0,83 і його табличному значенні 3,18. Помилка моделі (середньоквадратичне відхилення залишків) складає $E = 0,604$ при критерії Фішера $F = 1\,652$ і табличному його значенні $F_{табл} = 9,0134$. Таким чином, математична модель тривалості теплової обробки при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу граничного, при якому в м'ясі свинини починається руйнування з'єднувальної тканини, має вигляд

$$\tau_{розп} = 54 + 22,3 \cdot h + 0,6 \cdot h^2 - p + 3,5 \cdot p^2 - 0,3 \cdot h \cdot p, \text{ с; } (9)$$

де h – товщина виробу зі свинини в кодованих одиницях за планом експерименту (див. табл. 11);

p' – осьовий тиск в кодованих одиницях;
і зображена на рис. 25.

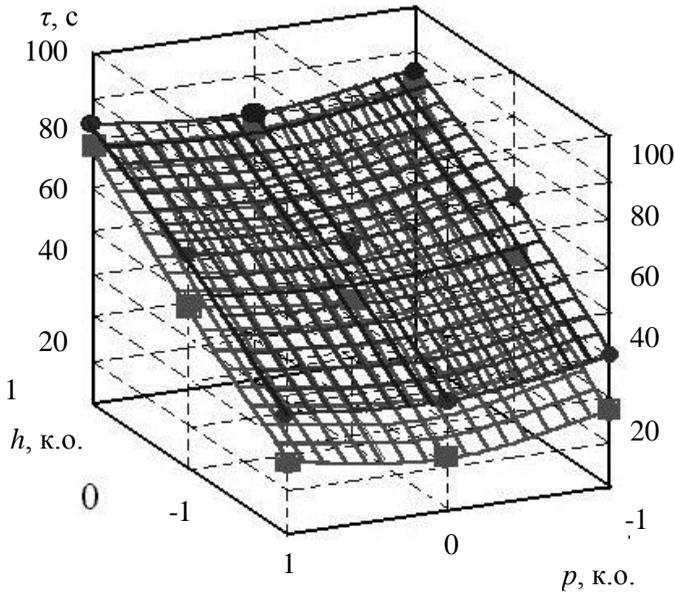


Рис. 25. Залежність тривалості теплової обробки при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу граничного в кодованих одиницях за розрахованою математичною моделлю:

■ – для зразків зі свинини; ● – для зразків з яловичини

В економетричному аналізі регресійної моделі перевірка моделі за критерієм Фішера показала, що модель є достовірною з вірогідністю 0,95, так як $F = 1652 > F_{\text{табл}} = 9,0134$.

Перевірка достовірності коефіцієнтів моделі за критерієм Стьюдента показала, що всі коефіцієнти є достовірними з вірогідністю 0,95, окрім коефіцієнтів a_2 і a_5 , так як для них критерій Стьюдента менший за його табличне значення, тобто вони не відрізняються від нуля.

При визначенні частки впливу кожного фактору встановлено, що найбільш впливовим фактором при заданих умовах є товщина дослідного зразка h . Інші фактори є маловпливовими. Для

факторів h , h^2 , p , p^2 , $h \cdot p$ частка впливу складала відповідно 0,989; $3 \cdot 10^{-4}$; 0,002; 0,008; $8 \cdot 10^{-5}$.

Перевірка адекватності за адекватним критерієм Фішера $F_{ad} = 0,644$ при дисперсіях адекватності $S_{ad}^2 = 0,365$ і відтворювання $S_{\text{вiом}}^2 = 0,567$ показала, що модель є адекватною, так як табличне значення $F_{\text{табл}} = 9,013$ більше F_{ad} .

Розрахунок характеристик математичної моделі виходу готового продукту із свинини при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^5$ Па) граничного проводився за допомогою функції лінійної і програми Curve Table 3D, що дозволило отримати коефіцієнти моделі: $b_0 = 90,1$; $b_1 = 0,2$; $b_2 = -0,1$; $b_3 = 0,3$; $b_4 = -0,4$; $b_5 = -0,3$ з середньоквадратичним відхиленням коефіцієнтів від свого математичного очікування відповідно 0,0916; 0,0502; 0,0869; 0,0502; 0,0869; 0,0615 при значенні критерію Стюдента для них відповідно 983,13; 3,4324; 0,7671; 5,7687; 5,2739; 4,1903 і його табличному значенні 3,1824. Помилка моделі (середньоквадратичне відхилення залишків) складає $E = 0,123$ при критерії Фішера $F = 18,2$ і табличному його значенні $F_{\text{табл}} = 9,0134$. Таким чином, математична модель виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^5$ Па) граничного, при якому починається руйнування структури з'єднувальної тканини м'яса свинини, має вигляд:

$$z_{\text{розр}} = 90,1 + 0,2 \cdot h - 0,1 \cdot h^2 + 0,3 \cdot p - 0,4 \cdot p^2 - 0,3 \cdot h \cdot p, \% \quad (10)$$

де h – товщина виробу зі свинини в кодованих одиницях;
 p – осьовий тиск в кодованих одиницях; і зображена на рис. 26.

В економетричному аналізі регресійної моделі перевірка моделі за критерієм Фішера показала, що модель є достовірною з вірогідністю 0,95, так як $F = 18,2 > F_{\text{табл}} = 9,0134$.

Перевірка достовірності коефіцієнтів моделі за критерієм Стюдента показала, що всі коефіцієнти є достовірними з вірогідністю 0,95, окрім коефіцієнту a_2 , так як для нього критерій Стюдента менший за його табличне значення, тобто він не відрізняється від нуля.

При визначенні частки впливу кожного фактору встановлено, що найбільш впливовими факторами при заданих умовах є осьовий тиск, квадрат осьового тиску, добуток тиску і товщини і товщина виробу. Для факторів h , h^2 , p , p^2 , $h \cdot p$ частка впливу складала відповідно 0,125; 0,006; 0,354; 0,296; 0,187.

Перевірка адекватності за адекватним критерієм Фішера $F_{ad} = 0,391$ при дисперсіях адекватності $S^2_{ad} = 0,015$ і відтворювання $S^2_{відт} = 0,039$ показала, що модель є адекватною, так як табличне значення $F_{табл} = 9,013$ більше F_{ad} .

Розрахунок характеристик математичної моделі тривалості двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного ($\pm 0,2 \cdot 10^3$ Па) для виробів із яловичини проводився за допомогою функції лінійної і програми Curve Table 3D, що дозволило отримати коефіцієнти моделі: $a_0 = 66$; $a_1 = 17,9$; $a_2 = -4,1$; $a_3 = -1,3$; $a_4 = 4,4$; $a_5 = 0,4$ з середньоквадратичним відхиленням коефіцієнтів від свого математичного очікування відповідно 0,9958; 0,5454; 0,9447; 0,5454; 0,9447; 0,668 при значенні критерію Стюдента для них відповідно 66,575; 32,899; 4,3517; 2,3427; 4,6457; 0,6237 і його табличному значенні 3,1824. Помилка моделі (середньоквадратичне відхилення залишків) складає $E = 1,336$ при критерії Фішера $F = 225,8$ і табличному його значенні $F_{табл} = 9,0134$.

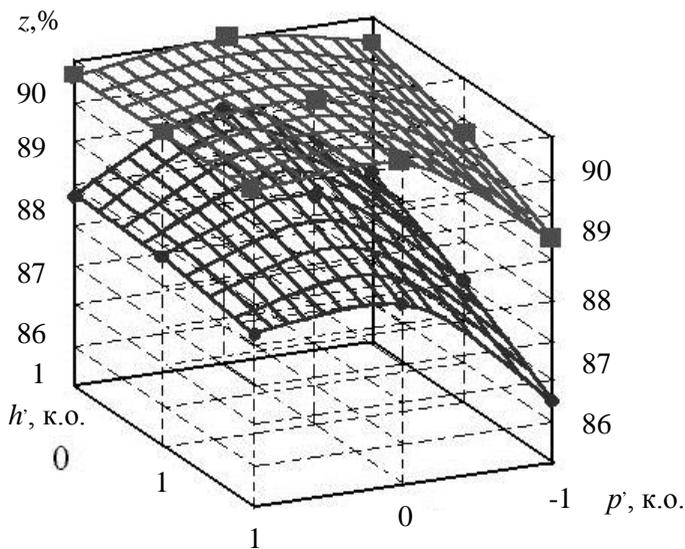


Рис. 26. Залежність виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу граничного в кодованих одиницях за розрахованою математичною моделлю:

■ – для зразків зі свинини; ● – для зразків з яловичини

Таким чином, математична модель тривалості теплової обробки при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починається руйнування структури з'єднувальної тканини яловичини, має вигляд:

$$\tau_{\text{розр}} = 66 + 17,9 \cdot h - 4,1 \cdot h^2 - 1,3 \cdot p' + 4,4 \cdot p'^2 + 0,4 \cdot h \cdot p', \text{ с; (11)}$$

де h – товщина виробу з яловичини в кодованих одиницях;
 p' – осьовий тиск в кодованих одиницях;
і зображена на рис. 25.

В економетричному аналізі регресійної моделі перевірка моделі за критерієм Фішера показала, що модель є достовірною з вірогідністю 0,95, так як $F = 225,8 > F_{\text{табл}} = 9,0134$.

Перевірка достовірності коефіцієнтів моделі за критерієм Стьюдента показала, що всі коефіцієнти є достовірними з вірогідністю 0,95, окрім коефіцієнтів a_3 і a_5 , так як для них критерій Стьюдента менший за його табличне значення, тобто вони не відрізняються від нуля.

При визначенні долі впливу кожного фактору встановлено, що найбільш впливовим фактором при заданих умовах є товщина дослідного зразка h . Інші фактори є маловпливовими. Для факторів h , h^2 , p , p^2 , $h \cdot p$ частка впливу складала відповідно 0,956; 0,017; 0,005; 0,019; $3 \cdot 10^{-4}$.

Перевірка адекватності за адекватним критерієм Фішера $F_{ад} = 0,2667$ при дисперсіях адекватності $S^2_{ад} = 1,785$ і відтворювання $S^2_{відм} = 0,667$ в центральній точці плану показала, що модель є адекватною, так як табличне значення $F_{\text{табл}} = 9,013$ більше $F_{ад}$.

Розрахунок характеристик математичної моделі виходу готового продукту з яловичини після двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного ($\pm 0,2 \cdot 10^3$ Па) проводився за допомогою функції лінійної і програми Curve Table 3D, що дозволило отримати коефіцієнти моделі: $b_0 = 88,7$; $b_1 = 0,4$; $b_2 = -0,03$; $b_3 = 0,4$; $b_4 = -0,8$; $b_5 = -0,3$ з середньоквадратичним відхиленням коефіцієнтів від свого математичного очікування відповідно 0,0989; 0,0542; 0,0938; 0,0542; 0,0938; 0,0664 при значенні критерію Стьюдента для них відповідно 897,32; 7,3929; 0,4085; 8,0184; 8,7379; 4,747 і його табличному значенні 3,1824. Помилка моделі (середньоквадратичне відхилення залишків) складає $E = 0,133$ при критерії Фішера $F = 43,6$ і табличному його значенні $F_{\text{табл}} = 9,0134$.

Таким чином, математична модель виходу готового продукту при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу ($\pm 2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись з'єднувальна тканина м'яса яловичини, має вигляд

$$z_{\text{розр}} = 88,7 + 0,4 \cdot h - 0,03 \cdot h^2 + 0,4 \cdot p - 0,8 \cdot p^2 - 0,3 \cdot h \cdot p, \% \quad (12)$$

де h – товщина виробу зі свинини в кодованих одиницях;
 p – осьовий тиск в кодованих одиницях;
і зображена на рис. 26.

В економетричному аналізі регресійної моделі перевірка моделі за критерієм Фішера показала, що модель є достовірною з вірогідністю 0,95, так як $F = 43,6 > F_{\text{табл}} = 9,0134$.

Перевірка достовірності коефіцієнтів моделі за критерієм Стьюдента показала, що всі коефіцієнти є достовірними з вірогідністю 0,95, окрім коефіцієнту a_2 , так як для нього критерій Стьюдента менший за його табличне значення, тобто він не відрізняється від нуля.

При визначенні частки впливу кожного фактору встановлено, що найбільш впливовими факторами при заданих умовах є осьовий тиск p , квадрат осьового тиску p^2 і товщина дослідного зразка h . Інші фактори є маловпливовими. Для факторів h , h^2 , p , p^2 , hp частка впливу склала відповідно 0,247; $8 \cdot 10^{-4}$; 0,291; 0,345; 0,102.

Перевірка адекватності за адекватним критерієм Фішера $F_{ad} = 0,078$ при дисперсіях адекватності $S_{ad}^2 = 0,018$ і відтворювання $S_{\text{відт}}^2 = 0,226$ в центральній точці плану показала, що модель є адекватною, так як табличне значення $F_{\text{табл}} = 9,013$ більше F_{ad} .

Таким чином, математичні моделі тривалості двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного, виходу готового продукту мають вигляд поліному другого порядку; математичні моделі апроксимують отримані результати з достовірністю 95 %.

РОЗДІЛ 4. ЯКІСТЬ ГОТОВИХ ВИРОБІВ ПІСЛЯ ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ ПРИ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗНАЧЕННЯХ ОСЬОВОГО СТИСНЕННЯ

4.1. Якість готових виробів за фізико-хімічними показниками

Предметом дослідження були смажені м'ясні натуральні вироби зі свинини після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса.

Мета дослідження – визначення якості і харчової цінності виробів, що пройшли двостороннє жаріння під тиском поблизу граничного p_{gr} , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, за фізико-хімічними показниками.

Завдання дослідження полягало у визначенні фізико-хімічних показників готових виробів, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, і виробів, що пройшли традиційне жаріння в основний спосіб на сковороді, а також напівфабрикатів для контролю і порівняння.

Для оцінки впливу осьового тиску при двосторонньому жарінні на якісні показники і харчову цінність м'яса дослідні зразки потребували фізико-хімічних аналізів. Ці аналізи проводились в акредитованій лабораторії зоохіманалізу (свідоцтво акредитації № 643 від 30 квітня 1998 р.) Інституту свинарства Української академії аграрних наук.

Проведення аналізів не ставило за мету визначення всіх показників харчової цінності. З них було обрано основні, які дають загальну характеристику якості і харчової цінності виробів після жаріння.

При проведенні фізико-хімічних аналізів визначались наступні показники дослідних зразків: початкова, гігроскопічна і загальна вологість; кількість золи, білка, жиру, кальцію, фосфору; кількість триптофану, оксипроліну і співвідношення між ними, яке є так званим якісним показником білку (ЯПБ); рН; вологостримуюча здатність; ніжність; йодне число жиру; число рефракції жиру; температура плавлення жиру початкова і кінцева.

Визначення загальної вологості зразків проводились згідно з [10, 11, 52, 54].

Визначення гігроскопічної вологи проводилось методом висушування в сушильній шафі при температурі 105 °С до постійної маси згідно з [50, 54].

Кількість золи визначалась методом озолення в муфельній печі згідно з [47].

Кількість білка визначалась згідно з [21, 46].

Кількість жиру визначалась за методом Сокслета [131] і згідно з [44].

Кількість кальцію визначалась згідно з [48].

Кількість фосфору визначалась згідно з [53].

Кількість триптофану визначалась за методом Спайза і Чемберза в модифікації Геллера в сухому знежиреному м'ясі згідно з [8, 18].

Кількість оксипроліну визначалась за методом Неймана і Логана згідно з [17, 43].

Значення рН зрізків визначались потенціометрично іонометром ЕВ-74.

Вологоутримуюча здатність визначалась прес – методом Гамм Грау в модифікації Воловинської і Кельман згідно з [32].

Ніжність визначалась за методом Варнера – Братцлера в модифікації Максакова згідно з [86].

Для фізико-хімічних досліджень брались зразки, виготовлені з найдовшого м'язу свинини довжиною 0,08 м, шириною 0,05 м і висотою 0,01 м. Дослідження проводились для зразків із сирого м'яса, смаженого традиційним способом на сковороді при температурі поверхні жаріння 180 °С від температури всередині 15 °С до температури 72 °С і двостороннім жарінням під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} при температурі поверхонь жаріння 150 °С від температури всередині 15 °С до температури 72 °С. Дослідження проводились в трикратній повторності для виключення помилок при проведенні фізико-хімічних аналізів.

Результати досліджень початкової, гігроскопічної і загальної вологості наведені в табл. 19.

Результати досліджень кількості золи, білка, жиру, кальцію, фосфору, триптофану, оксипроліну і співвідношення між ними (ЯПБ) наведені в табл. 20.

Таблиця 19

**Результати досліджень початкової, гігроскопічної
і загальної вологості м'яса**

Найменування зразків	Волога		
	Початкова, % ±0,05	Гігроскопічна, % ±0,05	Загальна, % ±0,05
Свинина сира	75,30	0,83	76,13
Свинина після традиційного жаріння основним способом	53,57	1,69	55,26
Свинина після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp}	67,86	1,64	69,50

Таблиця 20

**Результати досліджень кількості золи, білка, жиру,
кальцію, фосфору, триптофану, оксипроліну і
співвідношення між ними (ЯПБ)**

Найменування зразків	Зола, % ±0,05	Білок, % ±0,05	Жир, % ±0,05	Са, мг% ±0,05	Р, мг% ±0,05	Триптофан, мг% ±0,05	Оксипролін, мг% ±0,05	ЯПБ
Свинина сира	1,05	13,42	9,40	0,049	0,269	435	58,0	7,50
Свинина після традиційного жаріння основним способом	1,03	26,42	14,30	0,063	0,312	376	46,0	8,20
Свинина після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp}	1,80	28,24	9,30	0,065	0,340	387	44,2	8,75

Результати досліджень рН, вологоутримуючої здатності, ніжності м'яса наведені в табл. 21.

Таблиця 21

**Результати досліджень рН, вологостримуючої
здатності і ніжності м'яса**

Найменування зразків	рН $\pm 0,05$	Вологостримуюча здатність $\pm 0,05$	Ніжність, $\text{см}^3/\text{с}$ $\pm 0,05$
Свинина сира	6,70	48,88	12,30
Свинина після традиційного жаріння основним способом	6,85	48,16	16,50
Свинина після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep}	6,95	41,42	16,65

Результати досліджень якості жиру м'яса наведені в табл. 22.

Таблиця 22

Результати досліджень якості жиру

Найменування зразків	Жир			
	Йодне число $\pm 0,05$	Число ре-фракції $\pm 0,05$	$t_{пл.л.}$ $\pm 0,05$	$t_{пл.к.}$ $\pm 0,05$
Свинина сира	61,70	1,4595	28	42
Свинина після традиційного жаріння основним способом	59,61	1,4596	30	41
Свинина після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep}	60,01	1,4598	33	45

Аналіз фізико-хімічних показників, отриманих в ході досліджень, дозволяє зробити наступні висновки:

– кількість вологи у зразків, які піддавались двосторонньому жарінню під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , на 25,7 % вище, ніж при традиційному жарінні,

– кількість білку в дослідних зразках, які піддавались двосторонньому жарінню під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , на 6,8 % вище, ніж при традиційному жарінні, що свідчить про те, що волога втрачається зразком в більшій

мірі у вигляді пари при двосторонньому жарінні, ніж при традиційному;

- кількість жиру в зразках, які піддавались двосторонньому жарінню під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , помітно менше, ніж при традиційному жарінні, через те, що при традиційному жарінні йде поглинання м'ясом жиру, який використовується як рідинне теплопередаюче середовище; однак якість жиру при традиційному жарінні помітно гірша, про що свідчить значення йодного числа і температура плавлення;

- кількість кальцію та фосфору у зразків, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , більше на 1...3 %, ніж у зразках, смажених традиційним способом на сковороді;

- величина рН помітно більше у зразках, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , ніж у зразках, смажених традиційним способом, що свідчить про прискорення зварювання і дезагрегації колагену, що підтверджується також меншою кількістю оксипроліну у зразках, які пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском;

- менша величина (41,42) вологоутримуючої здатності у зразках, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , в порівнянні зі зразками, що пройшли традиційне жаріння (48,16), викликана збільшенням рН і свідчить про більший ступінь денатураційних змін;

- якісний показник білку (ЯПБ) помітно більше (8,75) у зразках, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , ніж у зразках, що пройшли традиційне жаріння (8,2), що є наслідком меншої втрати вологи з розчиненими в ній білками і прискоренням зварювання і дезагрегації колагену при двосторонньому жарінні під осьовим тиском.

Загалом можна зробити висновок, що якість виробів після двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного p_{ep} за фізико-хімічними показниками, обраними для досліджень, вища, ніж у виробів після традиційного жаріння в основний спосіб. Єдиним виключенням є менший вміст жиру у виробках після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} , хоча якість його краще.

4.2. Оцінка ступіня переходу колагену в глютин у готових виробах

Предметом дослідження були смажені натуральні вироби зі свинини і яловичини після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного $p_{сп}$, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса.

Завдання дослідження полягало у встановленні переваг чи недоліків двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, відносно традиційного жаріння основним способом за ступінем переходу колагена в глютин.

Ступінь переходу колагену в глютин оцінювалась за кількістю оксипроліну в зразках до і після двостороннього жаріння під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, а також після традиційного жаріння основним способом, за опором різних м'язів розрізуванню повздовж волокон при різних видах теплової обробки, а також органолептично.

Як сировина для досліджень використовувались внутрішній поясний і напівсухожильний м'язи яловичини. Дослідні зразки однакових геометричних розмірів ($60 \times 60 \times 12$ мм) з цих м'язів піддавалися варінню при 100°C на протязі 1 год., традиційному жарінню до температури всередині зразка 84°C при температурі поверхні жаріння 180°C [3] і двосторонньому жарінню під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного $p_{сп}$, до температури всередині зразка 84°C при температурі поверхонь жаріння 150°C з триразовим повторенням для виключення помилок при проведенні досліджень.

Опір зразків розрізуванню (ніжність) визначався за методом Варнера – Братцлера в модифікації В. Максакова [86].

Органолептично ступінь переходу колагену в глютин оцінювалась за [101].

Результати експерименту з визначенню ступеня переходу колагену в глютин за опором розрізуванню наведені в табл. 23.

Вихід дослідних зразків після теплової обробки становив:

- після варіння внутрішнього поясного м'язу – 60 %, напівсухожильного м'язу – 57 %;
- після традиційного жаріння основним способом внутріш-

нього поясного м'язу – 65 %, напівсухожильного м'язу – 62 %;

Таблиця 23

Опір розрізуванню (ніжність) різних видів м'яса яловичини повздож волокон до і після теплової обробки

Вид м'язу	Опір розрізуванню (ніжність) м'яса, кг/см ² /с ±0,05			
	До теплової обробки	Варене на протязі 1 год.	Після традиційного жаріння	Після двостороннього жаріння під тиском поблизу граничного
Внутрішній поясний м'яз	6,04	3,44	4,34	3,96
Напівсухожильний м'яз	11,49	3,04	6,07	5,61

– після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного р_{гр} внутрішнього поясного м'язу – 90 %, напівсухожильного м'язу – 88 %.

Аналіз табл. 23 і наведених даних дозволяє зробити наступні висновки:

– в результаті будь-якої теплової обробки опір розрізуванню повздож волокон в порівнянні з сирим м'ясом зменшується;

– максимальне зменшення опору розрізуванню повздож волокон спостерігається при варінні на протязі 1 години; він зменшується в 1,76 рази, або на 43,02 % в порівнянні з сирим м'ясом внутрішнього поясного м'язу і в 3,8 рази, або на 73,6 % в порівнянні з сирим м'ясом напівсухожильного м'язу;

– опір розрізуванню повздож волокон після традиційного жаріння основним способом зменшився у 1,4 рази, або на 28,2 % для внутрішнього поясного м'язу і в 1,8 рази, або на 47,2 % для напівсухожильного м'язу;

– опір розрізуванню повздож волокон після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного р_{гр} зменшився для внутрішнього поясного м'язу у 1,5 рази, або на 34,4 %, і для напівсухожильного м'язу у 2 рази, або на 51,2 %.

Таким чином, при двосторонньому жарінні м'яса під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного р_{гр} опір розрізуванню, в порівнянні з традиційним жарінням основним способом, менше на 6,2 % для внутрішнього поясного м'язу, і менше на 4 % для напівсухожильного м'язу; тобто при двосторонньому

жарінні під осьовим тиском колаген переходить у глютин у кількості, більшій на декілька відсотків ніж при традиційному жарінні при зменшенні тривалості теплової обробки у 7...10 разів. Це можна пояснити збільшеним виходом дослідних зразків після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} (невтрачена волога в більшому обсязі йде на зварювання і дезагрегацію колагену) і збільшеним тиском всередині дослідного зразку в результаті утворення водяної пари на межі контакту поверхня жаріння – зразок (м'ясо) [58].

Результати досліджень ступеня переходу колагену в глютин у виробих зі свинини по вмісту оксипроліна наведені в табл. 20.

Результати органолептичної оцінки консистенції за п'ятибальною шкалою виробів зі вказаних м'язів після варіння, традиційного жаріння основним способом і двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} наведені в табл. 24.

Таблиця 24

Результати органолептичної оцінки консистенції виробів після варіння, традиційного жаріння в основний спосіб і двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{sp}

Вид м'язу	Отриманий бал по консистенції виробів після теплової обробки, $\pm 0,05$		
	варіння на протязі 1 год	традиційне жаріння в основний спосіб	двостороннє жаріння під тиском поблизу граничного p_{sp}
Поясний	5,0	4,4	4,8
Напівсухожильний	3,0	1,8	2,1

Як видно з табл. 24, найкращою була консистенція виробів після варіння на протязі 1 год. Вироби з поясного і напівсухожильного м'язів після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного мали кращу консистенцію, ніж вироби після традиційного жаріння основним способом. Це свідчить про більший ступінь переходу колагену в глютин у виробих після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} .

Загалом можна зробити висновок про те, що якість виробів, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{sp} , не нижча, ніж у традиційно сма-

жених виробів.

4.3. Якість готових виробів за мікробіологічними показниками

Предметом дослідження були смажені натуральні вироби зі свинини після двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного $p_{зр}$, традиційного жаріння основним способом і їх напівфабрикати.

Метою дослідження було вивчення впливу двостороннього жаріння м'яса свинини під тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного $p_{зр}$, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, на мікробіологічні показники якості. На дослідження направлялись зразки сирого, смаженого традиційним способом до температури всередині виробу 72°C на сковороді при температурі поверхні жаріння 180°C і смаженого під осьовим тиском поблизу граничного м'яса до температури всередині 72°C при температурі поверхонь жаріння 150°C .

Дослідження проводились зі свіжими зразками і зі зразками після зберігання при температурі 4°C протягом 12 і 24 год.

Бактеріологічні дослідження проводилися за рекомендаціями [41, 42, 49, 51, 84] і «Медико-біологічних вимог і санітарних норм якості продовольчої сировини і харчових продуктів» № 5061-89 від 1.08.1989 р. на відповідність нормативним документам.

Мікробіологічні дослідження проводилися за двома напрямками:

1. Санітарно-бактеріологічна оцінка (БГКП, МАФAM КУО в 1 г [84], стафілокок золотистий у 1 г [41], протей [49], сульфитредуруючі клостридії [42], патогенні мікроорганізми, у т. ч. сальмонели в 25 г [51]);

2. Сапрофітні бактерії і гриби (посів на агаризовані середовища, МПА і сусло-агар.

Використовувалися наступні живильні середовища:

- МАФAM КУО в 1 г – м'ясопептоний агар;
- БГКП – середовище Кесслера, а потім Ендо;
- стафілокок золотистий у 1 г – сольовий бульйон і жовточно-сольовий агар;
- протей – за Шушкевичем;
- сульфитредуруючі клостридії – середовище Вильсон Блер;
- патогенна мікрофлора, у т. ч. сальмонели в 25 г – середовище накопичення, силнітове середовище, Ендо, Плоскирева;
- бактерії – МПА;

– гриби – сусло-агар.

Посіви інкубувались при температурі 30 ± 1 °С в термостаті протягом 72 ± 3 годин в аеробних умовах. Після інкубування посівів підраховували кількість колоній, що виростили на чашках Петрі. Для підрахунку відбирали такі чашки Петрі, на яких виростили колонії. Обробку результатів посіву проводили за [90]. Оцінка проводилася по кожній пробі окремо.

Дослідження в шестикратній повторності проводились в мікробіологічній лабораторії Полтавської обласної санітарно-епідеміологічної станції Міністерства охорони здоров'я України.

Для досліджень використовувалося свіже м'ясо.

Відзначалась повна відсутність патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів при порівняно невеликій чисельності МАФAM КУО в 1 г – від 150 000 до 260 000 (у середньому 220 000). При жарінні традиційним способом МАФAM КУО в 1 г складає від 40 до 120 (у середньому 80), а при двосторонньому жарінні під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp} - від 20 до 40 (у середньому 30) (табл. 25). Порівняння отриманих результатів досліджень показує, що кращим за бактерицидністю виявився спосіб двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp} , що можна пояснити сумарним впливом на мікроорганізми температурного фактору і тиску, а також різким (практично миттєвим) скиданням тиску в обжарюваному продукті, що є характерним для запропонованого способу.

Таблиця 25

Санітарно-бактеріологічна оцінка якості м'яса сирого, смаженого традиційним способом і двостороннім жарінням під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{cp}

Найменування зразка	Санітарно-бактеріологічна характеристика					
	МАФAM КУО в 1 г	БГКП в 1 г	Стафілокок золотистий в 1 г	Протей в 0,001 г	Сульфит-редуючі клостридії в 0,01 г	Патогенна мікрофлора, у т. ч. сальмонели в 25 г
1	2	3	4	5	6	7
М'ясо сире	220 000	–	–	–	–	–

М'ясо (традиційне жаріння)	80	–	–	–	–	–
----------------------------------	----	---	---	---	---	---

Продовж. табл. 25

1	2	3	4	5	6	7
М'ясо (2-стороннє жаріння під осьовим тиском)	30	–	–	–	–	–
Норматив	20 000	не до- пуск.	не допуск.	не до- пуск.	не допуск.	не допуск.

Також були проведені мікробіологічні дослідження з обліку сапрофітних мікроорганізмів (бактерій і грибів) у сирому м'ясі й у м'ясі, смаженому традиційним способом і двостороннім жарінням під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} відразу після обробки і при збереженні їх протягом 12 і 24 годин. Результати досліджень представлені в табл. 26.

Таблиця 26

Вплив способів жаріння м'яса на сапрофітну мікрофлору при зберіганні

Найменування зразка	Терміни досліджень	Чисельність мікроорганізмів, тис/1 г			Процентне співвідношення	
		бактерій	грибів	усього	бактерій	грибів
М'ясо сире	відразу	250	7,5	257,5	97,09	2,91
	через 12 годин	3 400	9,0	3409,0	99,74	0,26
	через 24 години	4 800	12,2	4812,2	99,75	0,25
М'ясо (традиційне жаріння)	відразу	75	5,7	80,7	92,94	7,06
	через 12 годин	110	8,5	118,5	92,83	7,17
	через 24 години	205	10,4	215,4	95,17	4,83
М'ясо	відразу	37	4,7	41,7	88,73	11,27

(2-стороннє жаріння під осьовим тиском)	через 12 годин	70	7,5	77,5	90,32	9,68
	через 24 години	140	8,9	148,9	94,02	5,98

Як впливає з табл. 26, мікрофлора м'яса (як сирого, так і при обробках) представлена в основному бактеріями, гриби займають невелику питому вагу (0,26...11,27 %). При цьому чутливість мікроорганізмів до способів жаріння різна і залежить від їхньої приналежності до фізіологічних груп (більшою чутливістю володіють бактерії, меншою гриби).

Порівняння результатів досліджень при зберіганні м'яса показує, що в процесі зберігання ріст мікроорганізмів за всіма варіантами досліджень різко збільшується, однак ріст мікроорганізмів у варіанті двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу граничного p_{ep} (як при 12-годинному, так і при 24-годинному зберіганні) значно менший (табл. 26).

Так, у сирому м'ясі при зберіганні до 24 годин відбулося збільшення мікроорганізмів з 257,5 тис/1 г до 4812,2 тис/1 г, у м'ясі, смаженому традиційним способом – з 80,7 тис/1 г до 215,4 тис/1 г, а в м'ясі, смаженому з двох боків під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} – з 41,7 тис/1 г до 148,9 тис/1 г. Співставлення отриманих даних показує збільшення мікроорганізмів за термінами подовження зберігання (більше всього виявлено мікроорганізмів при 24-годинному зберіганні). При цьому м'ясо, смажене з двох боків під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} менше засіяно мікроорганізмами, ніж при традиційному жарінні (при традиційному жарінні – 215,4 тис/1 г, а при двосторонньому під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} – 148,9 тис/1 г; для залишкової мікрофлори при зберіганні зберігається вплив особливостей двостороннього жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep}).

Повторні неодноразові дослідження підтвердили отримані результати, що свідчить про наявність переваг двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{ep} перед технологією традиційного жаріння за мікробіологічними показниками [60].

4.4. Висновки за розділом

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено:

– якість готових виробів за фізико-хімічними показниками при двосторонньому жарінні під осьовим тиском вища, ніж при традиційному жарінні в основний спосіб за наступними показниками: вологість, кількість білка, кальцію, фосфору, триптофану і оксипроліну, ЯПБ, рН, ніжність, вологоутримуюча здатність, йодне число і число рефракції жиру, температура плавлення жиру початкова і кінцева. Кількість жиру в готових виробах після двостороннього жаріння під осьовим тиском менша;

– вироби, що пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного p_{gr} за мікробіологічними показниками мають кращу якість, ніж вироби, що пройшли традиційне жаріння основним способом, що можна пояснити спільною дією тиску і температури, а також різким скиданням тиску в процесі теплової обробки, що є характерним для запропонованого способу;

– створення нового експериментального зразка апарата для реалізації двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском є актуальним.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА В УМОВАХ ОСЬОВОГО СТИСНЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ ЙОГО У ВИРОБНИЦТВО

5.1. Обґрунтування і розрахунок обраної конструкції

Подальше підвищення ефективності виробництва у сфері харчування на сучасному етапі здійснюється шляхом використання передової технології, високопродуктивної досконалішої техніки, що, зрештою, сприяє збільшенню продуктивності праці, скороченню витрат на одиницю продукції, зниженню її собівартості і підвищенню її якості.

Одним з напрямків підвищення ефективності процесу жаріння є застосування двостороннього підводу тепла до нижньої і верхньої поверхні виробу.

Проведені дослідження, результати яких наведені в розділі 3, підтвердили існування раціональних параметрів за тривалістю теплової обробки і виходом готового продукту при двосторонньому жарінні м'яса під осьовим тиском при температурі поверхонь жаріння 150 °С в умовах нежорсткої фіксації верхньої поверхні жаріння, за якими тривалість теплової обробки залежить від товщини шматку м'яса і величини прикладеного осьового тиску поблизу (до $0,2 \cdot 10^3$ Па) граничного, при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса, і коливається в межах від 33 с до 78 с для м'яса свинини (див. табл. 11) і від 44 с до 80 с для м'яса яловичини (див. табл. 12) [101]. Дослідженнями підтверджена висока якість виробів після двостороннього жаріння під осьовим тиском за фізико-хімічними і мікробіологічними показниками (див. розділ 4).

Аналіз конструкцій існуючих апаратів для двостороннього жаріння, в тому числі і під осьовим тиском, і проведені дослідження дозволяють сформулювати вимоги до конструкції дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском. Конструкція апарата повинна мати:

- дві поверхні жаріння (верхню і нижню), які повинні мати антиадгезійні властивості і виконані з матеріалу, який не вступає в хімічну взаємодію з харчовими продуктами, навколишнім середовищем і миючими та дезинфікуючими розчинами;
- електричні нагрівальні елементи, які повинні забезпечува-

ти необхідну потужність апарата і рівномірність температурного поля на жарочних поверхнях не більше 20 °С;

- терморегулятор для підтримання постійної температури поверхонь жаріння;

- механізм створення тиску від 0 до $25 \cdot 10^3$ Па в продукті, причому величина тиску повинна регулюватись в залежності від виду м'яса, яке піддається жарінню;

- датчик тиску на продукт, проградуйований в 10^3 Па для контролю створення тиску;

Конструкція апарата повинна забезпечувати:

- сталий тиск в об'ємі шматка м'яса на протязі усього циклу жаріння і в умовах постійних змін тиску у внутрішніх шарах продукту;

- температуру поверхонь жаріння не вище 150 °С для упередження утворення в скоринці продукту гетероциклічних ароматичних амінів;

- необхідну тривалість жаріння;

- мінімальну нерівномірність температурного поля поверхонь жаріння (<20 °С) ;

- зручність санітарної обробки.

Схема апарата для реалізації запропонованого способу жаріння, яка відповідає висунутим вимогам, наведена на рис. 27 [103].

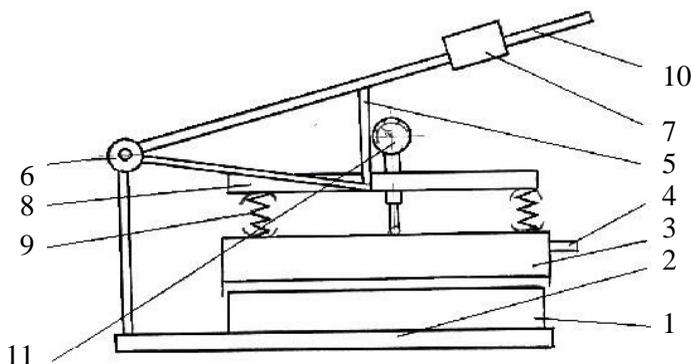


Рис. 27. Схема дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском:

1 – нижня плита жаріння; 2 – опорна плита; 3 – верхня плита жаріння; 4 – ручка; 5 – важелі; 6 – шарнір; 7 – пересувний вантаж; 8 – проміжна платформа; 9 – пружини; 10 – напрямна; 11 – датчик тиску

Апарат обладнаний пересувним вантажем 7, який навантажує напівфабрикат необхідним осьовим тиском поблизу граничного $p_{гр}$. Передавання тиску здійснюється за допомогою важільної системи, яка складається з важелів 5, плити 8 і чотирьох пружин 9. Важелі 5 сполучається з плитою 8 і платформою 2 двома циліндричними шарнірами 6. Пружини дозволяють посереднім способом переміщенням вантажу 7 по напрямним 10 отримувати осьовий тиск на напівфабрикат поблизу граничного $p_{гр}$. Контроль необхідного тиску здійснюється циферблатним індикатором 11.

Нижній 1 і верхній 3 корпуси апарата повинні мати однакові плити для жаріння, виконані з харчової нержавіючої сталі товщиною до 0,007 м для вирівнювання температурного поля. Їх робоча поверхня повинна бути гладкою, тобто поліруватись до шорсткості $0,63 \cdot 10^{-3}$ м. Нижня поверхня повинна мати по периметру канавки для стоку і зливу м'ясного соку і встановлюватись легкознімно. Канавки повинні мати невеликий нахил у бік зливу. Нагрів поверхонь жаріння повинен здійснюватись трубчастими електронагрівальними елементами (ТЕНами). ТЕНи повинні закріплюватись на листовій панелі, яка служить екраном для теплового потоку від ТЕНів до внутрішньої поверхні плит для жаріння.

Всі деталі апарата повинні розміщуватись і закріплюватись у двох корпусах із тонколистової харчової сталі 12Х18Н9Т, створюючи два корпуси 1, 3.

Верхня частина апарата у зборі повинна мати змогу обертатись навколо горизонтальної вісі 6 разом з важільною системою.

Апарат повинен забезпечуватись рукояткою 2 і опорами, що мають елементи для сталого розташування його на робочому столі. Це робиться для того, щоб запобігти перекиданню апарата при переміщенні ваги, або повороту верхньої частини апарата навколо горизонтальної вісі.

Апарат повинен забезпечуватись терморегулятором, за допомогою якого здійснюється вмикання і вимикання, а також регулювання температури в широкому діапазоні, але з обов'язковою можливістю забезпечення температури поверхонь жаріння 150 °С.

Струмоведачі частини апарата повинні бути закритими облицюванням; апарат повинен бути заземленим.

Про вмикання апарата у електромережу повинно свідчити загорання сигнальної лампи.

Для подальшої розробки необхідно провести розрахунок механізму для створення осьового тиску і тепловий розрахунок апарата для двостороннього жаріння.

Розрахунок механізму для створення осьового тиску апарата для двостороннього жаріння

Розрахункова силова схема апарата і важеля представлена на рис. 28 і 29. Схема взаємодії елементів системи представлена на рис. 30.

Розглянемо статичну рівновагу системи (рис. 30), яка відповідає процесу навантаження напівфабрикатів відповідно до рис. 28.

До розглянутих умов 4 паралельні пружини мають жорсткість C ($C_1 = 4C$) [73]. М'ясо можна розглядувати як пружну систему (пружину) з жорсткістю C_2 .

Статичну рівновагу визначимо, користуючись умовами рівноваги системи в узагальнених координатах [94].

У випадку потенціальних сил потенціальна функція системи дорівнюватиме [94]:

$$\Pi = -(F + G_1) \cdot (x_1 - x_2) - (F + G_1 + G_2) \cdot x_2 + \frac{1}{2} C_1 \cdot (x_1 - x_2)^2 + \frac{1}{2} C_2 \cdot x_2^2; \quad (13)$$

де G_6 – вага вантажу;

F' – реакція плити 1.

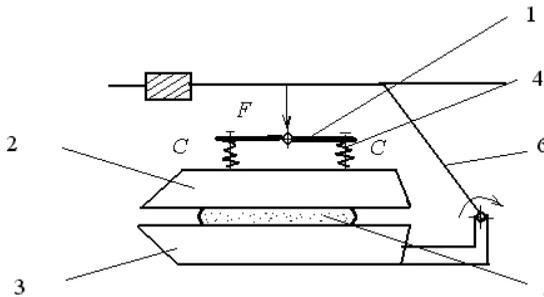


Рис. 28. Розрахункова схема апарата:

1 – плита; 2 – верхня частина апарата; 3 – нижня частина апарата;

4 – пружина; 5 – напівфабрикат з м'яса; 6 – важіль

Для рівноваги механічної системи необхідно і достатньо, щоб усі узагальнені сили, відповідні обраним для системи узагальненим координатам, дорівнювали нулю.

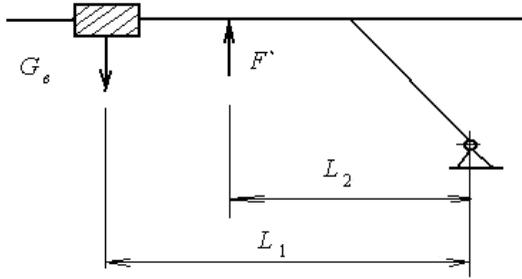


Рис. 29. Розрахункова схема важелю

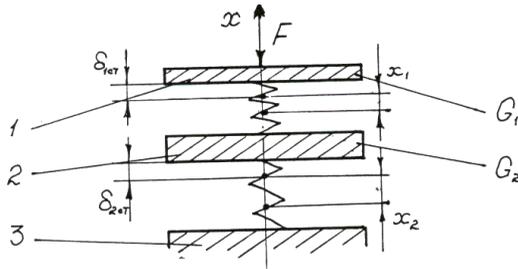


Рис. 30. Схема взаємодії елементів системи:

1 – плита; 2 – верхня поверхня жаріння; 3 – нижня поверхня жаріння; 4 – пружина з жорсткістю C_1 ; 5 – напівфабрикат з м'яса; F – сила, що навантажує плиту 1; G_1 – вага плити 1; G_2 – вага верхньої частини 2; δ_{1cr} – осадка пружин; δ_{2cr} – осадка напівфабрикату з м'яса; x_1 – відстань між витками пружин; x_2 – відстань між шарами м'яса.

Кількість рівнянь типу $Q_i = 0$ має дорівнювати кількості ступенів свободи системи. Отже, якщо розглядати рух системи тільки за вертикаллю, $i = 2$.

Таким чином, узагальнена сила $Q_1 = 0$

$$Q_1 = \frac{\partial \Pi}{\partial x_1} = 0 \Rightarrow -F - G_1 + C_1 \cdot (x_1 - x_2) = 0; \quad (14)$$

$$x_1 = \frac{F + G_1 + C_1 \cdot x_2}{C_1}; \quad (15)$$

Узагальнена сила $Q_2 = 0$:

$$Q_2 = \frac{\partial \Pi}{\partial x_2} = 0 \Rightarrow F + G_1 - (F + G_1 + G_2) - C_1 \cdot (x_1 - x_2) + C_2 \cdot x_2 = 0; \quad (16)$$

$$x_2 = \frac{G_2 + C_1 \cdot x_1}{C_1 + C_2}. \quad (17)$$

Розв'язуючи рівняння (15) і (17) відносно x_1 , бачимо, що функція x_1 є нелінійною відносно C_1 . Вважаючи, що $x_2 \ll x_1$, можна записати (величиною x_2 знехтуємо)

$$x_1 \cong \frac{F + G_1}{C_1}. \quad (18)$$

Тиск на напівфабрикати контролюється за допомогою індикатора (мікрометра). Перед навантаженням напівфабрикату зусиллям, яке забезпечує створення тиску не більш $25 \cdot 10^3$ Па, стрілка індикатору встановлюють на «0», після чого навантажують напівфабрикат. Стрілка індикатора відхилиться на x_1 . При розміщенні напівфабрикату інших розмірів (по площині) з аналогічними пружними характеристиками переміщення пружин при тому ж положенні вантажу зміниться і для забезпечення цього ж тиску необхідно змінити величину зусилля F . Це досягається переміщенням вантажу в нове положення до повернення стрілки індикатору в положення x_1 .

Відповідно з цим проведено градування індикатору в 10^3 Па. Крім того, на індикаторі для зручності нанесено різним кольором рекомендовані зони тиску для різних виробів. В зв'язку з тим, що товщина виробів в більшості своєї маси є близькою до 0,01 м, діапазон тиску в зоні для свинини складає $(10...15) \cdot 10^3$ Па, діапазон тиску для яловичини складає $(14...20) \cdot 10^3$ Па.

Розрахунок пружин (характеристика наведена на рис. 31) здійснюється при наступних вхідних даних:

$$F_1 = 40 \text{ Н}; F_2 = 50 \text{ Н}; \delta = 3 \text{ мм};$$

де F_1 – зусилля попереднього натягнення пружини, яке вибирають в залежності від призначення пружини в відсотках від F_2 ; приймемо $F_1 = 0,8 F_2$;

F_2 – робоче зусилля пружини, Н; попереднє розрахункове значення $F_1 = 50$ Н;

δ – пружне переміщення пружини (робочий ход), мм; приймаємо $\delta = 3$ мм.

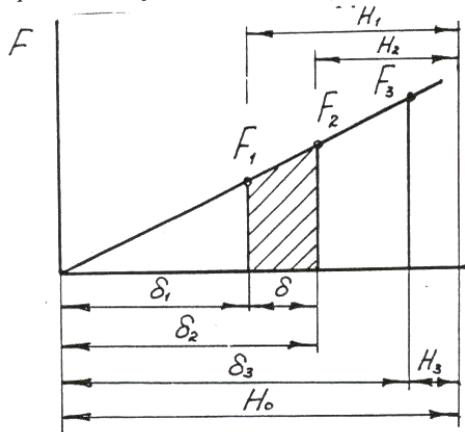


Рис. 31. Характеристика пружини

Зусилля F_2 розраховано при таких значеннях визначних факторів: діаметр напівфабрикату $d_{\text{нф}} = 0,1\text{ м}$; тиск на напівфабрикат $25 \cdot 10^3\text{ Па}$.

Тоді

$$F_2' = 0,785 \cdot d_{\text{нф}}^2 \cdot P = 0,785 \cdot 0,1^2 \cdot 25\,000 = 196 \approx 200\text{ Н}. \quad (19)$$

Тоді $F_2 = 4 \cdot F_2' = 50\text{ Н}$ (при 4-х пружинах).

Матеріал дроту пружини – дріт III кл. за ГОСТ 9389-75; $[\tau]_к = 540 \cdot 10^6\text{ Па}$.

Приймаємо індекс пружини $C = \frac{D_0}{d} = 8$;

де D_0 – середній діаметр пружини, мм;

d – діаметр дроту.

Діаметр дроту визначаємо за формулою

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot F_2 \cdot c}{[\tau]_к}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,19 \cdot 50 \cdot 8}{540}} = 1,5\text{ мм}; \quad (20)$$

де k – коефіцієнт, що враховує кривизну витків і форму перетину.

$$k = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,65}{c} = \frac{4 \cdot 8-1}{4 \cdot 8-4} + \frac{0,65}{8} = 1,19. \quad (21)$$

Приймаємо $d = 1,5$ мм.

Необхідне число витків визначаємо із співвідношення

$$n = \frac{\delta}{\lambda \cdot (F_2 - F_1)}; \quad (22)$$

де λ – осьова податливість одного витку, мм/Н;

$$\lambda = \frac{8c^3}{G \cdot d} = \frac{8 \cdot 8^3}{8 \cdot 10^4 \cdot 1,5} = 0,0341 \text{ мм/Н}; \quad (23)$$

де G – модуль пружності щодо зсуву;

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \approx 0,384E; \quad (24)$$

де μ – коефіцієнт Пуасона (для сталі $\mu = 0,25 \dots 0,3$);

E – модуль пружності першого роду; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;

$G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Тоді

$$n = \frac{3}{0,0341 \cdot (50 - 40)} = 8,8.$$

Приймаємо $n = 9$ витків.

Повне число витків

$$n_1 = n + 1,5 = 9 + 1,5 = 10,5. \quad (25)$$

Довжина пружини при повному стиканні витків з урахуванням зішлифування кожного кінця пружини на $0,75d$

$$H_3 = (n_1 - 0,5) \cdot d = (10,5 - 0,5) \cdot 1,5 = 15 \text{ мм}. \quad (26)$$

Максимальна осадка пружини

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \delta_2 + \delta = n \cdot \lambda \cdot F_3 = [\tau]_k \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2 \cdot n}{k \cdot G \cdot d} = n \cdot \lambda \cdot F_2 + \delta = \\ &= 9 \cdot 0,0341 \cdot 50 + 3 = 18,3 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (27)$$

Шаг пружини

$$t = d + (1,1 \dots 1,2) \frac{\delta_3}{n} = 1,5 + (1,1 \dots 1,2) \frac{18,3}{9} = 3,74 \dots 3,93 \text{ мм}. \quad (28)$$

Приймаємо $t = 3,8$ мм.

Довжина пружини у вільному стані

$$H_0 = H_3 + n \cdot (t - d) = 15 + 9 \cdot (3,8 - 1,5) = 35,7 \text{ мм.} \quad (29)$$

Настановна довжина пружини

$$H_1 = H_0 - n \cdot \lambda \cdot F_1 = 35,7 - 9 \cdot 0,0341 \cdot 40 = 23,4 \text{ мм.} \quad (30)$$

Довжина пружини в робочому стані

$$H_1 = H_0 - n \cdot \lambda \cdot F_2 = 35,7 - 9 \cdot 0,0341 \cdot 50 = 20,4 \text{ мм.} \quad (31)$$

Перевірка

$H_1 - H_2 = \delta$; $\Rightarrow 23,4 - 20,4 = 3$ мм, тобто умова виконується.

Форма і геометричні розміри важеля, плити і інших деталей прийняті конструктивно. Маса вантажу m_e визначена з умови рівноваги важеля (рис. 29):

$$\Sigma M_0 = 0; G_e \cdot L_1 - F' \cdot L_2 = 0. \quad (32)$$

Звідки

$$G_e = \frac{F' \cdot L_2}{L_1} = m_e \cdot g; \quad (33)$$

де G_e – вага вантажу, Н;

m_e – маса вантажу, кг;

F' – реакція плити 1 на важіль;

g – прискорення сили тяжіння;

L_1, L_2 – відстань від моментної точки до точок прикладення сил \bar{F}' і G_2 .

Вважаючи, що ΣG_i проходить через точку прикладення сили F'' , знайдемо недостатню силу до 196 Н.

Таким чином, вантаж G_e повинен додатково навантажувати напівфабрикат силою

$$F'' = 196 - 6 \cdot 9,81 = 137,1 \text{ Н;}$$

де 6 – маса верхньої частини виробу (сумісно з важільною системою), кг.

Вимірами отримуємо $L_2 = 110$ мм.

L_1 приймаємо конструктивно; $L_1 = 247$ мм.

Тоді

$$G_g = \frac{137,1 \cdot 110}{247} = 61 \text{ Н};$$

або

$$m_g = \frac{61}{9,81} = 6,2 \text{ кг.}$$

Вантаж прийнято із сталі прямокутної форми з розмірами: 160×75×65 мм.

Мінімальний тиск (при переміщенні вантажу у межах положення за вісь обертання) на м'ясний напівфабрикат складе 0 кПа.

Маса верхньої частини апарату (без вантажу), в тому числі з полегшеною жарочною плитою зі сталі 12Х18Н9Т масою 2,5 кг, складе 5,3 кг.

В цьому випадку:

розрахункове зусилля на напівфабрикат (без використання вантажу) складе

$$F = 5,3 \cdot 9,81 \cong 52 \text{ Н},$$

а тиск (при площі напівфабрикату 0,00785 м²)

$$P = \frac{F}{0,00785} = \frac{52}{0,00785} = 6634 \text{ Н}$$

Тепловий розрахунок апарата для двостороннього жаріння

Тепловий баланс для стаціонарного режиму апарата має вигляд [57]

$$Q' = Q'_1 + Q'_5, \text{ Дж}; \quad (34)$$

де Q' – загальні втрати тепла апаратом при стаціонарному режимі, Дж;

Q'_1 – корисно використане тепло, або тепло, що витрачається на теплову обробку напівфабрикатів, Дж;

Q'_5 – втрати тепла конструкцією апарата в навколишнє середовище, Дж.

Розрахунок втрат тепла при стаціонарному режимі доцільно провести для одного циклу жаріння двох напівфабрикатів з яловичини товщиною 0,01 м і масою 0,1 кг кожний, так як габаритні розміри плит для жаріння дозволяють проводити теплову обробку відразу двох напівфабрикатів такої ваги. Тривалість циклу τ' розраховується за формулою

$$\tau' = \tau'_{з.в.} + \tau'_{м.о.}, \text{ с}; \quad (35)$$

де $\tau'_{m.o.}$ – тривалість теплової обробки напівфабрикату з яловичини, з табл. 13 (розділ 3) $\tau'_{m.o.} = 68$ с;
 $\tau'_{з.в.}$ – час завантаження в апарат напівфабрикатів і вивантаження з нього готових виробів, прийемо $\tau'_{з.в.} = 20$ с.

Таким чином, тривалість циклу $\tau' = 88$ с.

Корисно використане тепло розрахуємо за формулою [57]

$$Q'_1 = G_{нф} [c \cdot z \cdot \Delta t_v + (1 - z) \cdot r \cdot \varepsilon_r], \text{ Дж}; \quad (36)$$

де $G_{нф}$ – маса напівфабрикатів, що завантажуються в апарат, кг;
 c – питома теплоємність напівфабрикатів з яловичини, $c = 3440$ Дж/(кг·°C) [70];
 z – вихід готового продукту, $z = 0,88$;
 Δt_v – середньооб'ємна зміна температури виробів в кінці процесу теплової обробки

$$\Delta t_v = \frac{t_c + t_{ec}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (37)$$

де t_c – температура скоринки просмажування виробу в кінці процесу, $t_c = 135$ °C;

t_{ec} – температура всередині виробу в кінці процесу, $t_{ec} = 84$ °C;

$$\Delta t_v = 109,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

r – теплота пароутворення; при тиску $18 \cdot 10^3$ Па

$$r = 2282000 \text{ Дж/кг};$$

ε_r – коефіцієнт фазового перетворення; для процесів жаріння

$$\varepsilon_r = 0,7 \text{ [57]}.$$

$$Q'_1 = 0,2 \cdot [3 \cdot 440 \cdot 0,88 \cdot 109,5 + (1 - 0,88) \cdot 228 \cdot 200 \cdot 0,7] = 70 \cdot 129,44 \text{ Дж}.$$

Втрати тепла конструкцією апарата в навколишнє середовище розрахуємо за формулою [57]

$$Q_5 = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \cdot F_i \cdot (\bar{t}_{n_i} - t_{нов}) \cdot \tau, \text{ Дж}; \quad (38)$$

де α_i – коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище даним елементом зовнішньої поверхні апарата, Вт/(м²·°C);

F_i – поверхня тепловіддачі i -ї дільниці, м²;

\bar{t}_{n_i} , $t_{нов}$ – відповідно температура i -ї дільниці поверхні і нав-

колишнього повітря, °C; прийmemo $t_{нов} = 20$ °C;

τ – тривалість одного циклу жаріння, с.

Вся нагріта поверхня апарата складається з наступних ділянок:

– горизонтальна поверхня верхнього корпусу з полірованої нержавіючої сталі площею $0,048$ м², яка нагрівається до 60 °C завдяки прошарку повітря між каркасом і відображувачем;

– дві плити для жаріння з полірованої нержавіючої сталі площею кожна $0,048$ м², які нагріваються до температури 150 °C і їх температура підтримується терморегулятором, причому вони втрачають тепло в навколишнє середовище під час завантаження і вивантаження виробів; для розрахунку прийmemo, що верхня плита для жаріння займає вертикальне положення, а нижня – горизонтальне;

– бокова вертикальна поверхня корпусу апарата з полірованої нержавіючої сталі площею $0,033$ м², температура якої не перевищує 60 °C;

– бокова вертикальна поверхня плит для жаріння з полірованої нержавіючої сталі площею $0,00376$ м², нагріта до температури 150 °C.

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхонь розраховується за формулою

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{np}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \quad (39)$$

де α_k – конвективна складова коефіцієнту тепловіддачі, яка для горизонтальної плоскої поверхні розраховується за формулою [25]

$$\alpha_k = 3,42 \cdot (t_n - t_{нов})^{0,25}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \quad (40)$$

для вертикальної плоскої поверхні

$$\alpha_k = A \cdot (t_n - t_{нов})^{0,33}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \quad (41)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні

$$t_m = (t_n - t_{нов})/2, \text{ °C}; \quad (42)$$

α_{np} – промениста складова коефіцієнту тепловіддачі, яка розраховується за формулою Стефана – Больцмана [57]

$$\alpha_{np} = (\varepsilon \cdot c_0 / (t_n - t_{ноє})) \times$$

$$\times [((273 + t_n) / 100)^4 - ((273 + t_{ноє}) / 100)^4], \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \quad (43)$$

де ε – ступінь чорноти повного нормального випромінювання для різних матеріалів;

c_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,
 $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}^4)$.

Для горизонтальної поверхні верхнього корпусу

$$\alpha_k = 3,42 \cdot (60-20)^{0,25} = 8,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (60-20)) \times$$

$$\times [((273+60)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha = 11,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для горизонтальної плити жаріння

$$\alpha_k = 3,42 \cdot (150-20)^{0,25} = 11,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (150-20)) \times$$

$$\times [((273+150)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 4,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha = 16,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для вертикальної плити жаріння

$$\alpha_k = 1,42 \cdot (150-20)^{0,33} = 7,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

де 1,42 – коефіцієнт для середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні;

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (150-20)) \times$$

$$\times [((273+150)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 4,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha = 11,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для бокової вертикальної поверхні корпусу апарата

$$\alpha_k = 1,58 \cdot (60-20)^{0,33} = 5,34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

де 1,58 – коефіцієнт для середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні;

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (60-20)) \times$$

$$\times [((273+60)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$\alpha = 8,34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}).$$

Для бокової поверхні плит жаріння

$$\alpha_k = 1,42 \cdot (150-20)^{0,33} = 7,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

де 1,42 – коефіцієнт для середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні;

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (150-20)) \times$$

$$\times [((273+150)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 4,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$\alpha = 11,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}).$$

Втрати тепла в навколишнє середовище

$$\begin{aligned} Q'_5 &= 11,6 \cdot 0,048 \cdot (60-20) \cdot 88 + 16,17 \cdot 0,048 \cdot (150-20) \cdot 20 + \\ &+ 11,7 \cdot 0,048 \cdot (150-20) \cdot 20 + \\ &+ 8,34 \cdot 0,033 \cdot (60-20) \cdot 88 + 11,7 \cdot 0,00376 \cdot (150-20) \cdot 88 = 6 \ 910,15 \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Загальні втрати тепла при стаціонарному режимі

$$Q' = 70 \ 129,44 + 6 \ 910,15 = 77 \ 039,59 \text{ Дж}.$$

Потужність ТЕНів при стаціонарному режимі

$$P = Q' / \tau' = 77 \ 039,59 / 88 = 875,45 \text{ Вт}. \quad (44)$$

Для забезпечення необхідного темпу підводу тепла до напівфабрикатів необхідна потужність ТЕНів

$$P = Q' / \tau'_{m.o.} = 77 \ 039,59 / 68 = 1 \ 132,94 \text{ Вт}. \quad (45)$$

Для компенсації неврахованих втрат тепла приймаємо потужність ТЕНів

$$P = 1 \ 400 \text{ Вт}.$$

Тепловий баланс для нестационарного режиму має вигляд [57]

$$Q = Q_5 + Q_6, \text{ Дж}; \quad (46)$$

де Q – загальні втрати тепла апаратом при нестационарному режимі, Дж;

Q_5 – втрати тепла конструкцією апарата в навколишнє середовище, Дж;

Q_6 – втрати тепла на розігрів конструкцій апарата, Дж.

Втрати тепла конструкцією апарата в навколишнє середовище розраховуємо за формулою [57]

$$Q_5 = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \cdot F_i \cdot (\bar{t}_{n_i} - t_{нов}) \cdot \tau, \text{ Дж}; \quad (47)$$

де α_i – коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище даним елементом зовнішньої поверхні апарата, Вт/(м²·°C);

F_i – поверхня тепловіддачі i -ї ділянки, м²;

\bar{t}_{n_i} – середня розрахункова температура i -ї ділянки поверхні тепловіддачі апарата, °C;

$$\bar{t}_{n_i} = \frac{t_{n_i}^{нов} + t_{n_i}^к}{2}, \text{ °C}; \quad (48)$$

$t_{n_i}^{нов}$, $t_{n_i}^к$ – відповідно початкова і кінцева температура i -ї ділянки поверхні тепловіддачі апарата, °C;

$t_{нов}$ – температура навколишнього повітря, °C;

τ – тривалість нестационарного режиму, с.

Орієнтовно прийmemo тривалість нестационарного режиму 480 с.

При нестационарному режимі верхній корпус апарата опущено на нижній і втрат тепла від робочих поверхонь апарата не відбувається.

Для горизонтальної поверхні верхнього корпусу

$$\alpha_k = 3,42 \cdot (40-20)^{0,25} = 7,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (40-20)) \times$$

$$\times [((273+40)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 2,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$\alpha = 9,95 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Для бокової вертикальної поверхні корпусу апарата

$$\alpha_k = 1,58 \cdot (40-20)^{0,33} = 4,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

де 1,58 – коефіцієнт для середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні;

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (40-20)) \times \\ \times [((273+40)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 2,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}); \\ \alpha = 6,97 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

Для бокової поверхні плит жаріння

$$\alpha_k = 1,46 \cdot (85-20)^{0,33} = 5,79 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С});$$

де 1,46 – коефіцієнт для середньої температури пограничного шару повітря t_m біля нагрітої поверхні;

$$\alpha_{np} = (0,43 \cdot 5,67 / (85-20)) \times \\ \times [((273+85)/100)^4 - ((273+20)/100)^4] = 3,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}); \\ \alpha = 9,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

Втрати тепла в навколишнє середовище

$$Q_5 = 9,95 \cdot 0,048 \cdot (40-20) \cdot 480 + 6,97 \cdot 0,033 \cdot (40-20) \cdot 480 + \\ + 9,19 \cdot 0,00376 \cdot (85-20) \cdot 480 = 7871,15 \text{ Дж}.$$

Втрати тепла на розігрів конструкцій апарата розраховуються за формулою [57]

$$Q_6 = \sum_{i=1}^{i=n} c_i \cdot m_i \cdot (t_i^k - t_i^{noc}), \text{ Дж}; \quad (49)$$

де m_i – маса i -го елемента конструкції апарата, кг;

c_i – теплоємність i -го елемента конструкції апарата, Дж/(кг·°С);

t_i^k , t_i^{noc} – кінцева і початкова температури i -го елемента конструкції апарата, °С.

В апараті розігріваються наступні елементи конструкції:

– дві плити для жаріння масою кожна 2,5 кг від температури 20 °С до температури 150 °С;

– корпус апарата, який нагрівається від 20 °С до 60 °С і виконаний з нержавіючої сталі товщиною 0,001 м загальною площею 0,129 м²; його маса становить

$$m = V \cdot \rho = 0,129 \cdot 0,001 \cdot 7\,900 = 1,02 \text{ кг}; \quad (50)$$

де 7 900 – щільність нержавіючої сталі [57], кг/м³;

– два відображувачі з алюмінію товщиною 0,002 м і площею 0,048 м² кожний, які нагріваються від 20 °С до 150 °С; маса

кожного становить

$$m = V \cdot \rho = 0,002 \cdot 0,048 \cdot 2\,670 = 0,26 \text{ кг};$$

де 2 670 – щільність алюмінію [57], кг/м³;

$$Q_6 = 2 \cdot 2,5 \cdot 460 \cdot (150 - 20) + 1,02 \cdot 460 \cdot (60 - 20) + 2 \cdot 0,26 \cdot 900 \cdot (150 - 20) = 378608 \text{ Дж};$$

де 460 – теплоємність нержавіючої сталі, Дж/(кг·°C) [57];

900 – теплоємність алюмінію, Дж/(кг·°C) [57].

Загальні втрати тепла при нестационарному режимі

$$Q = 7\,871,15 + 378\,608 = 386\,479,15 \text{ Дж}.$$

Для врахування неврахованих втрат тепла (на розігрів терморегулятора, важелів та ін.) збільшимо загальні втрати на 30 %

$$Q = 386\,479,15 \cdot 1,3 = 502\,422,9 \text{ Дж}.$$

Перевіримо тривалість нестационарного режиму за обраною в стаціонарному режимі потужністю ТЕНів

$$\tau = Q / P = 502\,422,9 / 1\,400 = 360 \text{ с}. \quad (51)$$

Коефіцієнт корисної дії для стаціонарного режиму роботи апарата становить

$$\eta' = 100 \% \cdot Q'_1 / Q' = 100 \% \cdot 70\,129,44 / 77\,039,59 = 91,03 \%. \quad (52)$$

Продуктивність по антрекотах з яловичини (маса напівфабрикату 0,1 кг [118])

$$M = 2 \cdot 3\,600 / \tau' = 2 \cdot 3\,600 / 88 = 82 \text{ порцій в годину}. \quad (53)$$

5.2. Дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення і його експлуатація. Результати його випробувань в умовах діючого виробництва

5.2.1. Опис дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення і його експлуатація

На підставі проведених розрахунків і запропонованої схеми апарата було розроблено технічну документацію на рівні ескізного проекту на виготовлення дослідно-промислового зразка

апарату для двостороннього жаріння м'яса, витяг з якої наведено в дод. А.

За основу при розробці документації взятий аналог – апарат для двостороннього жаріння м'яса De'Longhi SpA Gat. CG IYP: CG144 фірми Treviso – Italia, виготовлений за патентом промислової групи SEB (Франція) [111].

За розробленою технічною документацією на базі студентського науково-технічного центру ПУСКУ було виготовлено дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

Фотографія виготовленого дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса наведена на рис. 33.



Рис. 33. Дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском

Відміна дослідно-промислового зразку апарата від аналога полягає в тому, що він обладнаний вагою 56 (див. додаток А), яка додатково навантажує напівфабрикат з м'яса осьовим тиском поблизу граничного p_{gr} . Передавання тиску здійснюється за допомогою важільної системи, яка складається з важелі 51, плити 52 і чотирьох пружин 62. Важіль сполучається з плитою двома циліндричними шарнірами. Пружини дозволяють посереднім способом переміщенням ваги 56 отримувати тиск на напівфабрикат поблизу граничного. Контроль величини створеного тиску здійснюється циферблатним індикатором 25.

Апарат має дві однакові плити для жаріння 64, виконані з листової харчової нержавіючої сталі 12Х18Н9Т. Їх робоча поверхня полірувалась до шорсткості 0,63 мкм. Вони мають по периметру канавки для стоку і зливу м'ясного соку з невеликим нахилом у бік зливу і встановлюються легкознімтно. Нагрів по-

верхонь жаріння здійснюється трубчастими електронагрівальними елементами (ТЕНами) 1, які з'єднуються послідовно і мають загальну потужність 1,4 кВт. ТЕНи закріплюються на штампованій листовій панелі 8, яка служить екраном для теплового потоку від ТЕНів у навколишнє середовище.

Всі деталі апарата розміщуються і закріплюються на двох штампованих із сталі 12Х18Н9Т облицюваннях 54, 55, створюючи дві схожі за будовою частини апарата.

Верхня частина апарата у зборі має змогу обертатися навколо горизонтальної вісі сумісно з важільною системою.

Апарат забезпечується ручками 84, 85 і опорами 78, 82, які мають елементи для закріплення його на робочому столі для запобігання перекидання апарата при переміщенні ваги, або повороту верхньої частини апарата навколо горизонтальної вісі.

Живильний кабель – двожилийний з проводом заземлення. Усі струмоведучі частини апарата з'єднані з проводом заземлення.

Апарат забезпечується тепловим реле і перемикачем 27, за допомогою якого здійснюється вмикання і вимикання, а також регулювання потужності на «сильний», «малий» і «середній» нагрів.

Струмоведучі частини апарата закриті облицюванням; апарат заземляється.

Про вмикання апарата у електромережу свідчить загорання сигнальної лампи 30.

Конструкція апарата розрахована на серійне виробництво, тому її основні деталі виготовляються штампуванням, литтям під тиском із пластмас і т. ін. Інші деталі виготовляються з використанням існуючого обладнання і інструменту. Їх виробництво розраховане на використання робочої сили середньої кваліфікації. Конструкція апарата відповідає експлуатаційній і ремонтній технологічності. Це досягається відповідним вибором матеріалів (нержавіюча сталь, термостійкі пластмаси, застосування захисних покриттів, надійних ТЕНів і т. ін.), посадок, якості поверхонь, відсутністю паяних з'єднань, легкістю збирання і розбирання, швидким виявленням пошкоджень, швидкозмінністю вузлів та деталей.

Конструкція апарата відповідає вимогам безпечної експлуатації і виробничої санітарії. Це досягається за рахунок того, що всі струмоведучі частини апарата захищені металевими кожухами, а кожухи заземлені. Проводи мають термостійку ізоляцію (250 °С), електроконтактні з'єднання мають підвищену надій-

ність. ТЕНи оснащені екранами для запобігання сприймання теплових потоків кожухами і їх нагріву до високих температур. Плити для жаріння легко знімаються і легко піддаються санітарній обробці.

Апарат повинен встановлюватись на робочому столі на неспалимій підставці. До апарата повинен підводитись електричний струм напругою 220 В з заземленням. Монтаж електропроводки має бути виконаний згідно ПУЕ (Правил улаштування електроустановок).

Правила безпечної експлуатації дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів складаються з наступних операцій:

– Перед початком роботи необхідно:

1. Перевірити надійність закріплення верхньої плити для жаріння до корпусу апарата;

2. Встановити пересувний вантаж, для чого необхідно викрутити на ньому рукоятки, поставити вантаж на напрямні і зафіксувати за допомогою рукояток; вантаж необхідно встановлювати так, щоб через його проріз проходила планка вимірювача тиску;

3. Перевірити санітарний стан плит для жаріння;

4. Приєднати за допомогою виделки і шнура апарат до електричної мережі (220 В);

5. За допомогою рукоятки терморегулятора увімкнути апарат в електромережу, встановивши її у положення «мах»; тривалість розігріву апарату 6...8 хвилин; про його закінчення свідчить погасання сигнальної лампи.

– Під час роботи необхідно:

1. Підняти верхню частину корпусу, встановити циферблат вимірювача тиску на положення «0»;

2. Змастити поверхні жиром;

3. На нижню поверхню жаріння покласти підготовлені напівфабрикати; опустити верхню частину і пересувним вантажем створити тиск на напівфабрикати таким чином, щоб показуюча стрілка зайшла в зону, яка відмічена на циферблаті відповідним кольором (жовта зона – для напівфабрикатів зі свинини, червона – для напівфабрикатів з яловичини);

4. Тривалість процесу жаріння складає від 50 до 90 с в залежності від товщини напівфабрикату (чим товстіше напівфабрикат, тим триваліший процес);

5. Після закінчення циклу жаріння необхідно підняти верх-

ню частину за напрямні і, утримуючи їх, вивантажити готові вироби;

б. Змастити поверхні жаріння жиром і, з урахуванням вищезазначеного, завантажити нову партію напівфабрикатів.

– Після закінчення роботи необхідно:

1. За допомогою рукоятки терморегулятора вимкнути апарат з електромережі, від'єднати за допомогою виделки і шнура апарат від електричної мережі;

2. Після остигання поверхонь жаріння до температури нижче 60 °С їх зняти, для чого необхідно відігнути заскочки і вийняти поверхні; провести їх санітарну обробку, а також санітарну обробку корпусу апарата.

5.2.2. Результати виробничих випробувань дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском

Для визначення технічних характеристик експериментального зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів на базі навчально-виробничого комбінату Полтавського університету споживчої кооперації України (нині – Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі») згідно з наказом ректора університету № 105 від 12 грудня 2000 р. 15 грудня 2000 р. було проведено виробничі випробування за розробленою програмою і методикою.

Мета виробничих випробувань полягала у визначенні технічних характеристик дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском і якості готових виробів після обробки в ньому.

Об'єктом випробувань був дослідно-промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

Програма виробничих випробувань передбачала методи і методику виробничих випробувань дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском за наступними етапами:

етап 1. Визначення теплових і експлуатаційних показників роботи апарата;

етап 2. Оцінка якості смажених натуральних виробів з м'яса за органолептичними показниками.

Для проведення випробувань за етапом 1 згідно з наказом № 105 від 12.12.2000 р. було створено комісію у складі:

Черевко О. І. – голова комісії, ректор Харківської держав-

- ної академії технології та організації харчування, д.т.н., професор;
- Михайлов А. В. – заступник голови комісії, директор навчально-виробничого комбінату;
- Пивоваров П. П. – д.т.н., професор кафедри технології продуктів громадського харчування ХДАТОХ;
- Носов О. В. – начальник управління інвестицій і нової техніки Укоопспілки;
- Манжура В. О. – перший заступник голови правління Полтавської ОСС;
- Оберемок В. М. – завідувач кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, к.т.н., доцент;
- Бичков М. Ф. – доцент кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, к.т.н.;
- Рогова А. Л. – завідувач кафедри технології та організації громадського харчування, к.е.н., доцент;
- Семендяєв О. Є. – начальник експериментально-виробничої дільниці студентського науково-технічного центру.

На першому етапі визначались наступні показники:

- 1) маса апарата;
- 2) споживана потужність апарата;
- 3) час виходу апарата на режим;
- 4) температура поверхонь жаріння апарата;
- 5) вихід готових продуктів;
- 6) продуктивність апарата при виготовленні різних продуктів;
- 7) питома витрата електроенергії на процес жаріння.

Маса апарата визначалась на вагах ВНШ-50 як середнє арифметичне за результатами трьох зважувань.

Споживана потужність апарата визначалась за допомогою ватметра шляхом підключення ватметра в схему електрозабезпечення пристрою. Показники ватметра визначаються як середнє арифметичне за результатами трьох вимірювань при включеному в електромережу апараті в режимі розігрівання.

Час виходу на режим визначався від моменту вмикання апарата в електромережу до моменту вимикання пристрою терморегулятором за допомогою секундоміру як середнє арифметичне за результатами трьох вимірювань. Після першого і другого вимірювання апарат охолоджується до початкової температури

при першому вимірюванні.

Температура поверхонь жаріння визначалась за допомогою трьох хромель-копелевих термопар ХК1 і потенціометру КСП-4 шляхом встановлення між плитами для жаріння апарата першої термопари в центрі гріючих поверхонь, другої і третьої термопар на відстані 50 мм від першої на одній лінії. Температура визначалась як середнє арифметичне температур під час вимикання апарата з електромережі терморегулятором і в час повторного вмикання апарата в електромережу терморегулятором за результатами трьох вимірювань.

Вихід готового продукту визначався за формулою (4).

Готовність виробів визначалась за допомогою 2 термопар ХК-1, встановлених в центр напівфабрикату, і потенціометра КСП-4 при досягненні температури в центрі виробів зі свинини 72 °С і в центрі виробів з яловичини 84 °С.

Продуктивність апарата визначалась за формулою

$$Q = \frac{n}{\tau}, \text{ шт. / год}; \quad (54)$$

де n – кількість виробів, шт.;

τ – тривалість теплової обробки виробів з урахуванням часу завантаження і розвантаження, год;

шляхом визначення тривалості процесу жаріння трьох антрекотів з яловичини і трьох лангетів зі свинини з урахуванням часу завантаження напівфабрикатів і часу розвантаження готових виробів з трикратною повторністю за допомогою секундоміру як середнього арифметичного за результатами дев'яти вимірювань по виробках з яловичини і дев'яти вимірювань по виробках зі свинини.

Витрата електроенергії визначалась за допомогою секундоміру шляхом визначення часу вмикання електронагрівальних елементів і подальшого визначення витрати електроенергії як середнє арифметичне за результатами дев'яти вимірювань по виробках зі свинини і дев'яти вимірюванням по виробках з яловичини під час дослідження з визначення продуктивності апарата.

Розрахунки проводились з результатами дев'яти вимірювань по виробках з яловичини і дев'яти вимірювань по виробках зі свинини як середнє арифметичне значення. Дані брались з визначення попередніх показників.

Питома витрата електроенергії на процес жаріння (кВт·год/кг) визначалась за формулою (6).

Для проведення випробувань за етапом 1 згідно з наказом № 105 від 12.12.2000 р. було створено комісію у складі:

- Пивоваров П. П. – голова комісії, д.т.н., професор кафедри технології продуктів громадського харчування ХДАТОХ;
- Бельчина Л. М. – заступник голови, головний технолог управління громадського харчування і торгівлі Полтавської ОСС;
- Манжура В. О. – перший заступник голови правління Полтавської ОСС;
- Рогова А. Л. – завідувач кафедри технології та організації громадського харчування, к.е.н., доцент;
- Дорохіна М. О. – професор кафедри технології та організації громадського харчування, к.т.н.;
- Шаповал Н. І. – доцент кафедри технології та організації громадського харчування, к.т.н.;
- Оберемок В. М. – завідувач кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, к.т.н., доцент;

На другому етапі якість готових виробів оцінювалась спеціальною дегустаційною комісією у складі 7 осіб відповідно до розробленої в розділі 3 методики і розробленої бальної шкали показників (табл. 8). Для кожного члена комісії на дегустацію представлявся один виріб з яловичини (№ 1) і свинини (№ 3), які пройшли традиційну теплову обробку (жаріння основним способом) і один виріб з яловичини (№ 2) і свинини (№ 4), які пройшли теплову обробку в апараті для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском.

Кожний член комісії результати дегустаційної оцінки заносив в дегустаційну карту за п'ятибальною шкалою. Середня оцінка виробам за п'ятибальною шкалою визначалась як середнє арифметичне балів по показниках.

Результати оцінки комісією якості виробів, які пройшли теплову обробку традиційним способом і в апараті для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском, за органолептичними показниками оформлювались актом.

Результати випробувань за першим етапом оформлювались актом, наведеним в дод. Б.

За результатами виробничих випробувань за першим етапом встановлені технічні характеристики дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів, які наведені в табл. 27.

Таблиця 27

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

Характеристика	Одиниця вимірювання	Значення
Продуктивність (в чисельнику – по виробках зі свинини, в знаменнику – по виробках з яловичини)	кг/год	2,074/1,659
Час виходу на режим	С	477
Вихід готового продукту (в чисельнику – по виробках зі свинини, в знаменнику – по виробках з яловичини)	%	87,4/82,45
Питома витрата електроенергії (в чисельнику – по виробках зі свинини, в знаменнику – по виробках з яловичини)	(кВт·год)/кг	0,20/0,27
Маса	кг	15,545
Температура жарочних поверхонь	°С	150
Споживана потужність	Вт	1 383

Розбіжність досліджених в розділі 3 і розрахованих в розділі 4 характеристик з отриманими складає 2,5...4,5 %, що знаходиться в межах допустимого. Розбіжність можна пояснити тим, що в ході випробувань поверхня жаріння завантажувалась лише одним виробом, а величина граничного тиску p_{cp} напівфабрикатів не визначалась.

Результатом виробничих випробувань стала рекомендація дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском для впровадження в підприємствах громадського харчування, а також для серійного виготовлення на підприємствах харчового машинобудування.

Виробничими випробуваннями було визначено основні характеристики дослідно промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса (табл. 27), а також недолік його конструкції: великий диференціал терморегулятора і, як наслідок, велика нерівномірність температурного поля (до 20 °С).

На другому етапі якість готових виробів оцінювалась спеціальною дегустаційною комісією у складі 7 осіб відповідно до розробленої методики і бальної шкали показників (див. табл. 8).

Результати оцінки комісією якості виробів, які пройшли теплову обробку традиційним способом і в апараті для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском, оформлювались актом, наведеним в дод. В, і дозволили встановити наступне:

1) середній бал за п'ятибальною шкалою по органолептичних показниках для виробів із свинини, які пройшли теплову обробку традиційним способом на сковороді склав 3,63, для виробів з яловичини – 4,457;

2) середній бал за п'ятибальною шкалою по органолептичних показниках для виробів зі свинини, які пройшли двостороннє жаріння під осьовим тиском в дослідно-промисловому зразку апарата, склав 3,74, для виробів з яловичини – 4,628.

Комісія вважала за необхідне рекомендувати для впровадження на підприємствах громадського харчування розроблений спосіб приготування виробів двостороннім жарінням під осьовим тиском в апараті для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском з режимами: температура поверхонь жаріння – 150 °С, тиск на продукт – поблизу граничного без попереднього розпушування м'яса, тривалість процесу жаріння – 60...120 с в залежності від виду сировини і маси напівфабрикату.

5.3. Впровадження конструктивних заходів для зменшення нерівномірності температурного поля поверхонь жаріння в апараті для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення

У ході виробничих випробувань було встановлено, що терморегулятор дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском має значний диференціал і, як наслідок, нерівномірність температурного поля доходить до 20 °С, через що знижується якість готових виробів (менший вихід, скоринка просмажування нерівномірна). Це стало підставою для проведення дослідження температурних полів поверхонь жаріння з метою розробки і впровадження конструктивних заходів для усунення вказаного недоліку.

Як показав аналіз конструкцій апаратів для двостороннього жаріння, в якості нагрівачів в них використовуються спіралі в керамічному намисті, конфорки, трубчасті електронагрівачі (ТЕНи) і інфрачервоні випромінювачі. Найбільше розповсюдження мають ТЕНи через відносно невелику вартість і можливість швидкої їх заміни у випадку виходу з ладу, хоча температурне поле поверхонь жаріння, для нагріву яких вони використовуються, надзвичайно нерівномірне.

В результаті проведеного дослідження температурних полів поверхонь жаріння дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском, для якого використовувались 12 термопар ХК-0,5 і потенціометр КСП-4 (схема встановлення термопар на поверхнях жаріння наведена на рис. 34), встановлено температурні поля поверхонь. На рис. 35 наведено температурне поле поверхні жаріння в момент найбільшого значення температур (вимикання ТЕНів терморегулятором).

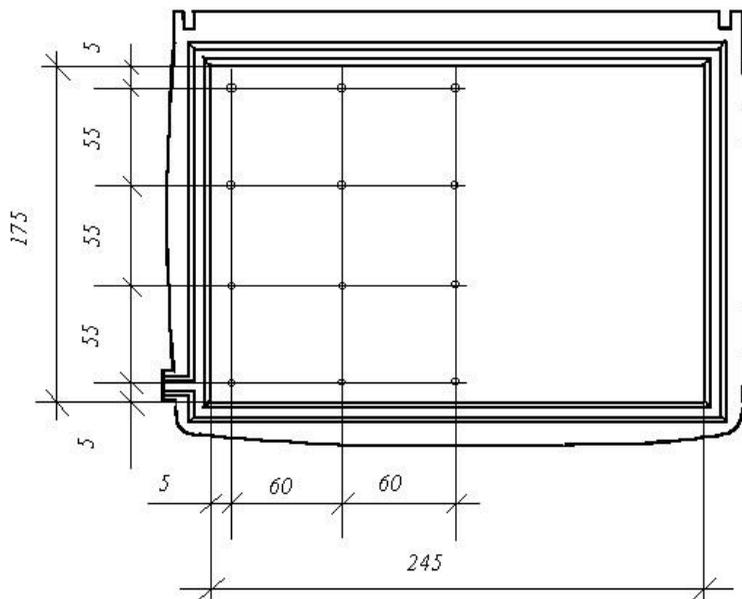


Рис. 34. Схема встановлення термопар на поверхні жаріння

Нерівномірність поля складала в цьому випадку 20 °С.

На рис. 36 наведено температурне поле поверхні жаріння в момент найменшого значення температур (вмикання ТЕНів терморегулятором).

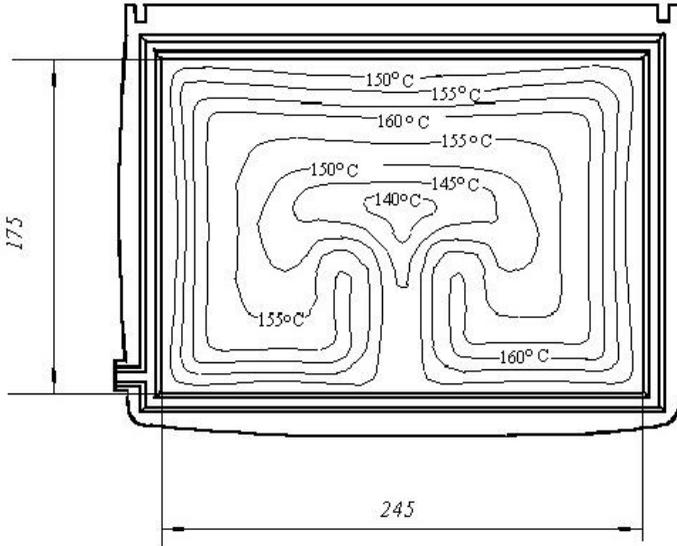


Рис. 35. Температурне поле поверхні жаріння в момент найбільшого значення температур (момент вимикання ТЕНів терморегулятором).

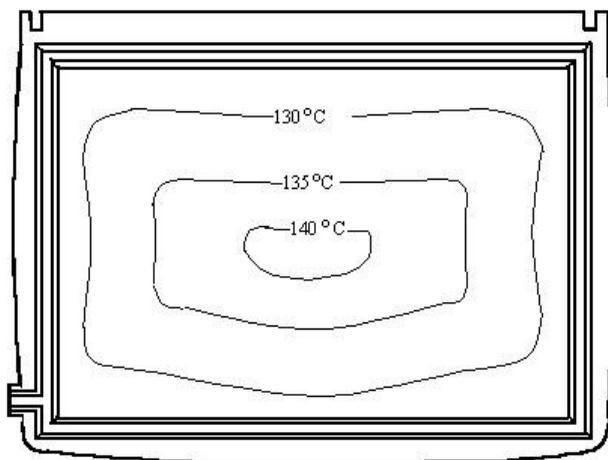


Рис. 36. Температурне поле поверхні жаріння в момент найменшого значення температур (момент вмикання ТЕНів терморегулятором).

Аналіз температурних полів, зображених на рис. 35 і 36 показує, що в період між вимиканням і вмиканням ТЕНів відбувається перерозподіл температури поверхонь жаріння внаслідок теплопровідності матеріалу і його вирівнювання з одночасним падінням температури.

Загальна нерівномірність температурного поля за цикл між вимиканням і вмиканням ТЕНів терморегулятором складає 30 °С.

Як показали дослідження, в процесі двостороннього жаріння характер температурного поля відповідає наведеному на рис. 35; відбувається лише падіння температури на 20 °С. Це може пояснюватись тим, що в процесі жаріння відбувається інтенсивне зняття тепла із поверхні жаріння продуктом, яке перевищує теплопровідність матеріалу, і температура не встигає перерозподілитись по поверхні. На рис. 35 чітко просліджується конфігурація П-подібних ТЕНів, встановлених в апараті.

В апаратах для жаріння основним способом при значній тривалості процесу нерівномірність температурного поля відчутно згладжується жиром, який має великий термічний опір. В апаратах для двостороннього жаріння при тривалості процесу від 38 до 80 с використання жиру проблематично через неможливість утворення шару жиру більше декількох мкм.

В умовах двостороннього жаріння 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 тепла до різних частин одного виробу призводить до неоднакового їх прогрівання, внаслідок чого у виробі відбувається також і перерозподіл вологи. При цьому органолептичні показники знижуються (відсутня рівномірна скоринка просмажування), а оцінка ступеню готовності виробу за температурою всередині продукту стає проблематичною. Через вказані причини використання П-подібних ТЕНів для нагріву поверхонь жаріння при двосторонньому жарінні недоцільне, що стало підставою для проведення пошуку альтернативних нагрівачів.

В результаті проведеного пошуку встановлено, що в Україні існує технологія виготовлення фольгових плоских електронагрівачів на слонопластовій основі [93, 106]. Сумісно з представниками ТОВ «Сімеб», яке займається виготовленням вказаних нагрівачів, було розроблене технічне завдання на розробку і виготовлення серії нагрівачів електричних фольгових двох типорозмірів і потужності – НЕФ-ГК-0,5/110 і НЕФ-ГК-1,1/110 для однопорційного і двопорційного апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском. Згідно з технічним завданням в 2001 р. 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», за узгодженою програмою і методикою (дод. Д) проведені виробничі випробування нагрівачів установчої серії (протокол попередніх випробувань наведено в дод. Е) і вироблена серія нагрівачів вказаних типорозмірів і потужності. Фотографія електричного фольгового плоского нагрівачі НЕФ-ГК-1,1/110 наведена на рис. 37.

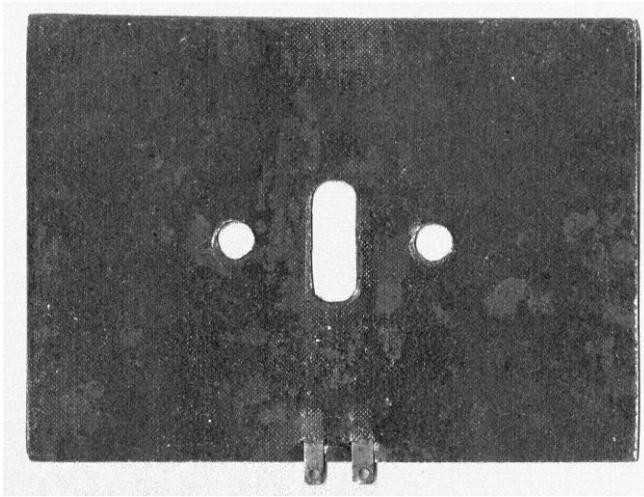


Рис. 37. Электрический фольговый плоский нагреватель
НЕФ-ГК-1,1/110

Для вирівняння температурного поля поверхонь жаріння апаратів для двостороннього жаріння використовують спеціальні покриття (наприклад, тефлон), які, окрім великого термічного опору, мають і високі антиадгезійні властивості. Використання розроблених нагрівачів і нанесення шару тефлону товщиною 50 мкм на поверхні жаріння дозволило знизити нерівномірність температурного поля до 5 °С (рис. 38)

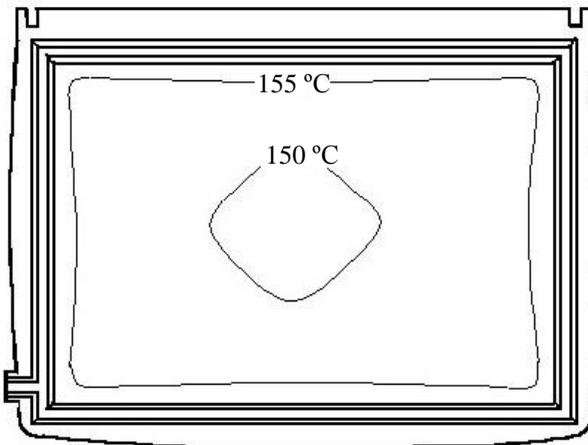


Рис. 38. Температурне поле поверхні жаріння з шаром тефлону товщиною 50 мкм в момент найбільшого значення температур (момент вимикання НЕФів терморегулятором).

Таким чином, за результатами проведеного дослідження і конструктивних заходів було усунуто недолік, виявлений виробничими випробуваннями дослідно-промислового зразка апарату для двостороннього жаріння під осьовим тиском, і забезпечене рівномірне поле поверхонь жаріння (нерівномірність температурного поля не перевищує 5 °С).

5.4. Промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення

Виробничі випробування дослідно-промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском підтвердили його спроможність реалізувати розроблений спосіб жаріння [101]. За результатами випробувань отримано рекомендації щодо впровадження апарата в серійне виробництво (див. дод. Б), а також рекомендації щодо впровадження розробленої технології двостороннього жаріння під осьовим тиском в практику підприємств харчування (див. дод. В).

Використання в конструкції апарата для створення необхідного тиску на продукт важкого вантажу викликає деякі незручності в процесі його експлуатації, і тому для серійного виробництва апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском розроблено його нову схему (рис. 39).

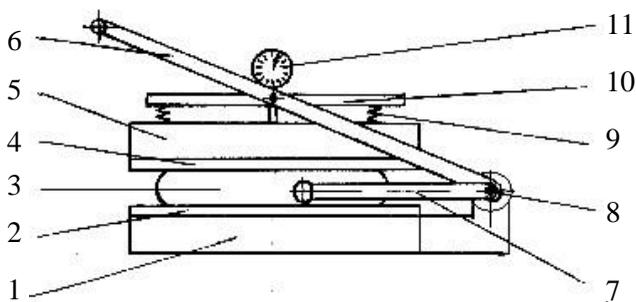


Рис. 39. Принципова схема апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском без вантажу:

1 – каркас; 2 – нижня поверхня жаріння; 3 – продукт; 4 – верхня поверхня жаріння; 5 – корпус; 6 – важіль натискний; 7 – рукоятка гальмівна; 8 – шарнір з фрикційною парою; 9 – система пружин; 10 – платформа; 11 – датчик тиску.

Перед початком жаріння в апараті за новою схемою (див. рис. 39) розігріваються поверхні жаріння 2 і 4 за допомогою плоских електричних нагрівачів на слюдопластовій основі (НЕФів) до температури $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, яка підтримується постійною за допомогою терморегулятора або термореле, після чого за допомогою важеля 6 верхня частина апарата з поверхнею жаріння 4 підіймається і на нижню поверхню жаріння 2 кладеться м'ясо або м'ясопродукт 3, після чого верхня частина апарата опускається і за допомогою важеля 6 створюється осьовий тиск поблизу граничного p_{sp} , який фіксується датчиком тиску 11 і важіль 6 закріплюється в цьому положенні рукояткою 7 шарніра з фрикційною парою. Сталий тиск у м'ясі забезпечується за допомогою системи пружин 9, яка дозволяє в процесі жаріння скидати надлишок пари в навколишнє середовище. По закінченню процесу жаріння важіль 6 розгальмовується рукояткою 7, верхня частина апарата підіймається важелем 6 і готовий продукт виймають.

Запропонована схема апарата дозволяє забезпечити виконання способу двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском [101] зі зниженою металосмістю, меншими габаритами і кращими експлуатаційними зручностями.

Виходячи з рекомендацій за результатами виробничих випробувань і за розробленою схемою апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском без вантажу ПУСКУ разом з

конструкторським бюро ВАТ «Полтавамаш» було розроблене технічне завдання на розробку технічної документації і виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском для приготування однієї порції.

Згідно технічного завдання конструкція промислового зразка апарата повинна мати:

- дві поверхні жаріння (верхню і нижню), які повинні мати антиадгезійні властивості і виконані з матеріалу, який не вступає в хімічну взаємодію з харчовими продуктами, навколишнім середовищем і миючими та дезинфікуючими розчинами;

- два електричних нагрівальних елементи НЕФ-ГК-0,5/110;

- терморегулятор для підтримання постійної температури поверхонь жаріння;

- механізм створення тиску від 0 до $25 \cdot 10^3$ Па в продукті, причому величина тиску повинна регулюватись в залежності від виду м'яса, яке піддається жарінню;

- датчик тиску, проградуєований в 10^3 Па для контролю створення тиску;

Конструкція промислового зразка апарата повинна забезпечувати:

- сталий тиск в об'ємі шматка м'яса на протязі усього циклу жаріння;

- температуру поверхонь жаріння не вище 150 °С для упередження утворення в скоринці продукту гетероциклічних ароматичних амінів;

- необхідну тривалість жаріння;

- мінімальну нерівномірність температурного поля поверхонь жаріння;

- зручність санітарної обробки.

5.5. Впровадження промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення

За технічним завданням у ВАТ «Полтавамаш» здійснено розробку проектної документації, витяг з якої наведено в дод. Ж. Тривають роботи з виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском і з підготовки серійного виробництва апарата (дод. З).

Матеріали дослідження впроваджені в навчальний процес

Полтавського університету споживчої кооперації України (нині – ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі») і використовуються при викладанні курсів «Обладнання підприємств громадського харчування» (нині – «Технологічне обладнання галузі») для студентів спеціальності 7.0917.11 (нині – напрям підготовки 6.051701.. «Харчова технологія і інженерія», програма професійного спрямування «Технологія продукції громадського харчування») і «Технологічне обладнання підприємств м'ясного виробництва» (нині «Технологічне обладнання галузі») для студентів спеціальності 7.0917.07 (нині – напрям підготовки 6.051701.. «Харчова технологія і інженерія», програма професійного спрямування «Технологія зберігання, переробки та консервування м'яса»).

Економічна ефективність від впровадження у виробництво на підприємствах харчування розробленого апарата полягає в істотній економії електроенергії і сировини.

Розрахунок економічної ефективності від впровадження апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском зведено в табл. 28.

Таблиця 28

Розрахунок примірної економічної ефективності від впровадження апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском

Показник	Добова реалізація 25 порцій м'ясних виробів масою 100 г смажених:	
	на сковороді СЕСМ-02	в розробленому апараті
1	2	3
Питома витрата електроенергії, кВт·год/кг	1	0,2
Вихід готового продукту, %	65...70	85...90
Плата за електроенергію за добу (при вартості 1 кВт·год 0,20 грн), грн	3,00	0,60
Плата за електроенергію за рік (312 робочих днів), грн	936,00	187,20

Продовж. табл. 28

1	2	3
---	---	---

Економія по електроенергії від впровадження апарату, грн	–	748,80
Добова економія м'яса через збільшений вихід на 20 %, кг	–	0,5
Добова економія по м'ясу через збільшений вихід (при вартості 1 кг 55,00 грн), грн	–	27,50
Економія по м'ясу за рік (312 робочих днів)	–	8 580,00
Сумарний економічний ефект за рік від впровадження апарата, грн	–	9 328,80

На досить невеликих підприємствах громадського харчування за добу реалізується біля 10 кг виробів з м'яса і м'ясопродуктів. Приблизно 25 % від цієї кількості складають смажені порційні вироби (2,5 кг) – антрекоти, ескалопи, біфштекси натуральні та ін. На процес жаріння традиційним способом на сковороді витрачається 1 кВт-год електроенергії на 1 кг м'яса, що дасть сумарну витрату по підприємству 2,5 кВт-год за добу. Плата за електроенергію в цьому випадку за добу (на 01.12.2011 р.) тільки на процес жаріння порційних виробів складе $2,5 \times 1,20 = 3,00$ грн. За рік (312 робочих днів) це складе 936,00 грн.

При впровадженні апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском замість традиційних сковорід на процес жаріння порційних виробів буде витрачатись до 0,2 кВт-год електроенергії на 1 кг м'яса, що дасть сумарну витрату електроенергії за добу $0,2 \times 2,5 = 0,5$ кВт-год. Плата за добу за неї складе $0,5 \times 1,20 = 0,60$ грн, а за рік (312 робочих днів) 187,20 грн. Реальна економія коштів за рік по платі за електроенергію складе 748,80 грн.

Вихід смажених порційних виробів традиційним способом складає 65...70 %, а при використанні апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском – 85...90 %. Впровадження цього апарата дозволяє зекономити 20 % готових виробів, що за добу складе на підприємстві 0,5 кг. Середня ціна на м'ясо без кості (високосортна свинина, телятина, яловичина) на 01.11.2011 р. складає не менше 55,00 грн, тобто економія коштів від впровадження апарата по готовим виробам за добу складе 27,50 грн (без врахування втрат і витрат виробництва), а за рік 8 580,00 грн.

Мінімальна сумарна економія по підприємству від впровадження апарата для двостороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском по електроенергії і м'ясу складе 9 328,80 грн. При середній вартості пристрою 3 000...4 000 грн він повністю окупиться за 3...4 місяця, а вивільнені кошти можна використати на розвиток МТБ і зниження собівартості продукції.

Наведені витрати порівняні з традиційним спеціалізованим апаратом для жаріння – сковородою. При використанні жаріння в наплитному посуді (на електричній плиті) питомі витрати електричної енергії будуть ще більшими (приблизно на 15...20 %). Потрібно відзначити, що сьогодні в малих і середніх підприємствах харчування найбільш широко використовуються, в тому числі і для процесів жаріння, саме електричні плити, і тому впровадження в них пристрою для двостороннього жаріння під осьовим тиском дасть ще більший за наведений економічний ефект.

Оснащення розробленим апаратом 100 малих підприємств громадського харчування з добовою реалізацією 25 порцій смажених кулінарних виробів в одній області України дасть сумарний економічний ефект 932 880,00 грн.

Витрати з приготування 1 000 кг смажених виробів при використанні традиційного жаріння в основний спосіб на сковородах складаються, окрім інших, з плати за електроенергію (1 000 кВт·год) у розмірі 1 200,00 грн і вартості м'ясної сировини при виході готового продукту 65...70 % у розмірі 71 500,00...74 250,00 грн.

Витрати з приготування 1 000 кг смажених виробів при використанні розробленого апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском за запропонованою технологією складаються, окрім інших, з плати за електроенергію (200 кВт·год) у розмірі 240,00 грн і вартості м'ясної сировини при виході готового продукту 85...90 % у розмірі 60 500,00...63 250,00 грн.

Економія з приготування 1 т смажених виробів при впровадженні розробленого апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском по електроенергії складає 960,00 грн, а по витратам на м'ясну сировину – 11 000,00 грн. Сумарна економія від впровадження розробленого апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском складає 11 960,00 грн.

Використання температури жарочних поверхонь біля 150 °С попереджує димоутворення в процесі жаріння, і тому стає меншою потреба у вентиляції гарячих цехів, тобто додатковий економічний ефект дає економія по електроенергії на вентиляцію.

Вироби, що пройшли теплову обробку в розробленому апараті, безпечні для здоров'я людини, так як в них не міститься сполук ендогенної природи. В цьому полягає соціальний ефект від впровадження апарату.

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_{ep} 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_{ep} 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 °C під осьовим тиском на попередньо нерозпушений напівфабрикат поблизу граничного p_{ep} , 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 гине 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 5 000,00 грн на 1 000 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.

№ зведення	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	№ вказ.	Примітка
1			Документація загальна			
2						
3			заново розроблені			
4						
5	*	ПЖМ25-00.00.000 В3	Креслення загального вигляду	6		5 арк.
6						
7		ПЖМ25-00.00.000 Е3	Схема електрична			
8			принципова	1		
9	A4	ПЖМ25-00.00.000 П3	Пояснювальна записка			
10						
11						
12			Документація по складальних одиницям			
13						
14						
15		ПЖМ25-01.00.000 В3	Вагіль у зборі			
16			креслення загального вигляду	1		
17		ПЖМ25-02.00.000 В3	Плита у зборі			
18			креслення загального вигляду	1		
19		ПЖМ25-03.00.000 В3	Гвинт спеціальний			
20			креслення загального вигляду	1		
21						
ПЖМ25-00.00.000 ЕП						
см. Арк.	у берчум.	Підп.	Дата	Пристрій для обв'язування м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском		Лист Арк. Аркуші
Розроб. Пере В.	Порхунів	ПЖ	19.05.05	Відомість ескізного проєкту		1 2
Н. конст. Зинь	Україник Шеляков	ПЖ	19.05.05			ПКІ, кафедри ЗТД

Продовж. дод. А

№	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
13		Діод	1	3 К-ти 2. ДІОДИ СХОЖ 3 ПДЗ.
14		Кольовка клемна	1	3 К-ти 2. КОЛЬОВКА СХОЖ 3 ПДЗ.
15		Крема	3	" Схожа з ПДЗ.
16		Гвинт спеціальний	6	" Схожий з ПДЗ.
17		Важіль поворотний	1	" Схожий з ПДЗ.
18		Обойма	6	" Схожа з ПДЗ.
19		Кронштейн	1	" Схожий з ПДЗ.
20		Кронштейн	1	" Схожий з ПДЗ.
21		Скоба закріплювальна	2	" Схожа з ПДЗ.
22		Плосон	1	" Схож. з ПДЗ.
23		Скобачка	2	" Схожа з ПДЗ. 70
24		Екран дротяний	1	" Схожий з ПДЗ. 70
25		Індикатор габдинкового типу	1	
26		Вилка	1	ЕВРО Стандарт
27		Термореле	1	"
28		Колодка цешанова	1	ЕВРО Стандарт
29		Розетка	9	"
30		Пампа електрична	3	"
		арматура	1	STANAL ELEX 230V; T 120°
				Док.
Зм.	Лек.	№ докум.	М.Д.П.	3

ЛЖА-25-00.06.2003 ВЗ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
			<i>XP1</i>	<i>Вилка (євро стандарт)</i>		
			<i>XA</i>	<i>Ковзний елемент вилки</i>		
			<i>XS1-XS8</i>	<i>Роз'ємні з'єднання</i>		
			<i>EK1-EK2</i>	<i>Нагрівальні елементи</i>		
			<i>T°</i>	<i>Контакти термореле</i>		
			<i>HL</i>	<i>Сигнальна лампа</i>		
ПЖМ 25-00.00.000Е3						Лист
Схема електрична принципова						7
№	Лист	№ докум	Підп.	Дата		

Додаток Б

Акт виробничих випробувань

21 грудня 2000 р.

АКТ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА АПАРАТУ ДЛЯ ДВОХСТОРОНЬОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ ПІД ОСЬОВИМ ТИСКОМ

Ми, що нижче підписалися, комісія в складі:

- Голови: Черевко О.І. – ректора Харківської державної академії технологій та організації харчування, д.т.н., професора,
заступника голови: Михайлова А.В. – директора навчально-виробничого комбінату Полтавського кооперативного інституту,
членів: Дейниченка Г.В. – завідувача кафедри устаткування підприємств харчування Харківської державної академії технологій та організації харчування, д.т.н., професора,
Пивоварова П.П. – д.т.н., професора кафедри технологій продуктів громадського харчування Харківської державної академії технологій та організації харчування,
Носова О.В. – начальниці управління інвестицій і нової техніки УКООПСПІЛКИ,
Манжури В.О. – першого заступника голови правління Полтавської ОСС,
Оберемка В.М. – завідувача кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі Полтавського кооперативного інституту, к.т.н., доцента,
Бичкова М.Ф. – доцента кафедри технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі Полтавського кооперативного інституту, к.т.н.,
Рогової А.Л. – завідувача кафедри технологій та організації громадського харчування Полтавського кооперативного інституту, к.е.н., доцента,
Семедяєва О.Є. – начальниці експериментально-виробничої ділянки студентського науково-технічного центру Полтавського кооперативного інституту

склали цей акт в тому, що 21 грудня 2000 р. на базі навчально-виробничого комбінату Полтавського кооперативного інституту проводились виробничі випробування апарату для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском, розробленого на кафедрі технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі відповідно до науково-дослідної теми № 090/96 "Розробка технологій, проектування і організація цехів малої потужності по переробі сільськогосподарської продукції". Під час виробничих випробувань були визначені значення наступних теплових і експлуатаційних показників роботи апарату при одночасному жарінні одного виробу масою до 100 г:

1. маса апарату - 15,545 кг;
2. споживана потужність апарату - 1383 Вт;
3. час виходу пристрою на режим - 477 с або 0,13 год.;
4. температуру гріючих поверхонь апарату - 150 °С;
5. вихід готових продуктів зі свинини - 87,4 %, з яловичини - 82,45 %;
6. продуктивність апарату по виробам зі свинини - 2,074 кг/год., по виробам з яловичини - 1,659 кг/год.;
7. питома витрата електроенергії по виробам зі свинини - 0,2 кВт·год./кг; по виробам з яловичини - 0,27 кВт·год./кг
8. коефіцієнт корисної дії апарату по виробам зі свинини - 76,3 %, по виробам з яловичини - 70,82 %.

Рекомендації щодо поведення експериментального зразка апарату:

В процесі випробувань виявлено, що терморегулятор апарату має значний диференціал, і тому комісія вважає за необхідне рекомендувати використати в апараті для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском терморегулятор з мінімальним диференціалом.

Комісія вважає за необхідне рекомендувати апарат для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском для впровадження в підприємствах громадського харчування, а також для серійного виготовлення на підприємстві харчового машинобудування.



Голова комісії: Черевко О.І.
Заступник голови: Михайлова А.В.
Члени комісії: Дейниченко Г.В., Пивоваров П.П., Носова О.В., Манжура В.О., Оберемка В.М., Бичкова М.Ф., Рогова А.Л., Семедяєва О.Є.

Додаток В

Акт дегустаційної оцінки виробів

21 грудня 2000 р.

АКТ
ДЕГУСТАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ ВИРОБІВ, ЩО ПРОЙШЛИ ТЕПЛОВУ ОБРОБКУ ТРАДИЦІЙНИМ СПОСОБОМ НА СКОВОРОДІ І В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ЗРАЗКУ АПАРАТУ ДЛЯ ДВОХСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ ПІД ОСЬОВИМ ТИСКОМ

Ми, що нижче підписалися, комісія в складі:

Голови: Пивоварова П.П. – д.т.н., професора кафедри технології продуктів громадського харчування Харківської державної академії технології та організації харчування,
заступника голови: Бельчиної Л.М. – головного технолога управління громадського харчування і торгівлі Полтавської ОСС,

членів: Дейниченка Г.В. – завідувача кафедри устаткування підприємства харчування Харківської державної академії технології та організації харчування, д.т.н., професора,

Манжури В.О. – першого заступника голови правління Полтавської ОСС,

Рогової А.Л. – завідувача кафедри технології та організації громадського харчування Полтавського кооперативного інституту, к.е.н., доцента,

Дорохіної М.О. – професора кафедри технології та організації громадського харчування Полтавського кооперативного інституту, к.т.н.,

Шаповал Н.І. – доцента кафедри технології та організації громадського харчування Полтавського кооперативного інституту, к.т.н.,

Оберемка В.М. – завідувача кафедри технологічного обладнання харчових виробництва і торгівлі Полтавського кооперативного інституту, к.т.н., доцента,

склали цей акт в тому, що при дегустаційній оцінці виробів, що пройшли теплову обробку традиційним способом на сковороді і двохстороннім жарінням під осьовим тиском в експериментальному зразку апарату, розробленого на кафедрі технологічного обладнання харчових виробництва і торгівлі відповідно до науково-дослідної теми № 090/96 "Розробка технологій, проектування і організація цехів малої потужності по переробці сільськогосподарської продукції", яка проводилась на базі навчально-виробничого комбінату ПКІ, встановлено наступне:

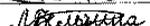
1) середній бал за п'ятибальною шкалою по органолептичних показниках для виробів із свинини, які пройшли теплову обробку традиційним способом на сковороді склав 3,63, для виробів з яловичини - 4,457.

2) середній бал за п'ятибальною шкалою по органолептичних показниках для виробів зі свинини, які пройшли двохстороннє жаріння під осьовим тиском в експериментальному зразку апарата, склав 3,74, для виробів з яловичини - 4,628.

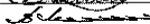
Комісія вважає за необхідне рекомендувати для впровадження на підприємствах громадського харчування розроблений спосіб приготування виробів двохстороннім жарінням під осьовим тиском в апараті для двохстороннього жаріння м'яса і м'ясопродуктів під осьовим тиском з режимами: температура жарочних поверхонь - 150 °С, тиск на продукт - біля модуля пружності м'яса без попереднього розм'якшення м'яса, тривалість процесу жаріння - 60-120 с в залежності від виду сировини і маси напівфабрикату.

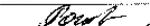


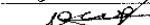
 (Пивоваров П.П.)

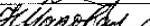
 (Бельчиная Л.М.)

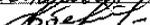
 (Дейниченко Г.В.)

 (Манжура В.В.)

 (Рогова А.Л.)

 (Дорохіна М.О.)

 (Шаповал Н.І.)

 (Оберемок В.М.)

Додаток Д

Програма і методика випробувань нагрівачів НЕФ-ГК-1,1/110 і НЕФ-ГК-0,5/110

Согласовано
Ректор Полтавского кооперативного
Института



Утверждаю
Директор ООО «СИМЕБ»



НАГРЕВАТЕЛИ ТИПА НЭФ

Программа и методика испытаний

14336028 – 04 – 01 ПМ

на 10 листах

Име. № испит.	Посл. п. дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Листы и дата

Зав. лаборатории Полтавского
Кооперативного института
О.П.Шеляков
«23» марта 2001г.

Разработала:
Инженер-технолог П.кат.
С.М.Змигская
«24» марта 2001г.

г. Киев

Настоящая программа и методика испытаний (в дальнейшем ПМ) предназначена для предварительных испытаний опытных образцов нагревателей НЭФ-ГК –1,1/110 и НЭФ-ГК-0,5/110 предназначенных для установки в контактный электрогриль с рабочей температурой 150+10°С.

Предварительные испытания опытных образцов нагревателей производятся для определения соответствия их техническому заданию, требованиям стандарта и технической документации, а также решения вопроса о возможности представления опытных образцов на приемочные испытания.

Приемочные испытания опытных образцов нагревателей производятся для определения соответствия их техническому заданию, требованиям стандарта и технической документации, а также определения возможности постановки нагревателей на производство.

				I4336028 - 04 - 01 ПМ		
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		
Разраб.	Зминова		<i>[Signature]</i>			
Провер.	Юрина		<i>[Signature]</i>			
Созд.	<i>Скряпник</i>		<i>[Signature]</i>			
Т. контр.						
Утв.р.	Велицкий					
ПРОГРАММА и МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ					Литера	Лист
						10
					ООО "СИМБ"	

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Предварительные испытания, испытания на надежность и приемочные испытания оформляются в виде протоколов.

Испытание нагревателей на надежность производит Заказчик в составе изделия на стадии производства с привлечением разработчика и изготовителя изделия.

После завершения приемочных испытаний оформляется акт приемки опытного образца.

Условия испытаний

1.4.1 Испытания опытных образцов нагревателей проводят при следующих значениях факторов внешней среды.

температура - $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$;

относительная влажность воздуха - $(45 - 80)\%$;

атмосферное давление - $84,0 - 106,7$ кПа ($600 - 800$) мм рт. ст.

Объем и последовательность испытаний изложены в табл. 1.

Перечень документов, на которые даны ссылки, приведен в Приложении 1.

Перечень средств испытаний приведен в Приложении 2.

					І43360282-04-01 ПМ	Лист
Изм/Лист	№ документа	Подпись	Дата			

2. ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

2.1. Испытания рекомендуется проводить в последовательности, изложенной в табл.1

Допускается изменить последовательность испытаний, если воздействия, которым подвергаются образцы нагревателей при испытании не оказывают влияния на результаты последующих испытаний.

2.2. Предварительные испытания проводятся на 3-х образцах НЭФ –ГК-1,1/110 и на 3-х образцах НЭФ-ГК-0,5/110.

2.3. Приемочные испытания проводятся на 4-х образцах нагревателей каждого типоразмера.

2.4. Испытаниям на надежность подвергаются 8 образцов нагревателей каждого типоразмера.

2.5. Программа предварительных и приемочных испытаний изложена в табл.1.

Таблица 1

Наименование испытаний	Вид испытаний		Техничес-кие требо-вания по ТЗ	Методы испытаний по ПМ
	Предва-рительные	Прие-мочные		
1. Испытание на механическую прочность при транспортировании	-	+	п.5.10	п. 4.1 ГОСТ 21622-84
2. Внешний осмотр	+	+	п.п.5.2.1;	п.3.1 ГОСТ 21622-84
3. Измерение электрической прочности изоляции в холодном состоянии	+	+	п. 5.5.1	п.4.2 ГОСТ 21622-84 и 14087-80
4. Измерение номинальной потребляемой мощности	-	-	П.5.3.2	П.3.5

					I4336028-04-01 ПМ	Лист 4
Изм/Лист	№ документа	Подпись	Дата			

Додаток Е

Протокол попередніх випробувань дослідних зразків нагрівачів НЕФ-ГК-1,1/110 і НЕФ-ГК-0,5/110



П Р О Т О К О Л

предварительных испытаний опытных образцов
нагревателей НЕФ-ГК-1,1/110 и НЕФ-ГК-0,5/110
для контактных электрогривей.

Комиссия назначенная приказом № 04 от 06 июня 2001г. по ООО "СІМЕБ" в составе Кардашука М.Д. - председателя и членов комиссии - Иориней А.М., Змиевской С.М., Бєлицькей С.В., и Колтык Ю.Р. провела испытания опытных образцов нагревателей НЕФ-ГК-1,1/110 и НЕФ-ГК-0,5/110 разработанных и изготовленных ООО "СІМЕБ".

Испытания проводились на 3-х образцах каждого типоразмера нагревателей по методике и программе испытаний № I4336028-04-01 ПМ по пунктам 5 - I4 таблицы I и показали следующие результаты, сведенные в таблицу.

Наименование испытаний	№1	№2	№3	Требования по ТЗ и ГОСТа	Соответствует
НЕФ -ГК-1,1/110					
1. Внешний осмотр	соотв.	соотв.	соотв.	п.5.2.1 ААВО.697476.019СБ	соответ.
2. Габаритные размеры, мм	250x180;	251x180;	250x181	п.5.2.6	соответ.
3. Масса, кг	0,16	0,15	0,17	п.5.2.5	соответ.
4. Электрическая прочность изоляции в холодном состоянии, В	1250	1250	1250	п.5.6.1	соответ.
5. Электрическая прочность изоляции в горячем состоянии, В	1000	1000	1000	п.5.6.1	соответ.
6. Ток утечки в холодном и горячем состоянии, мА	< 0,5	< 0,5	< 0,5	п.5.6.2	соответ.
7. Влагостойкость	по группе м 23 ГОСТ I7516-72				соответ.
НЕФ -ГК-0,5/110					
1. Внешний осмотр	соотв.	соотв.	соотв.	п.5.2.1 ААВО.697476.020 СБ	соответ.
2. Габаритные размеры, мм	140x80;	139x80;	140x 81	п.5.2.6	соответ.
3. Масса, кг	0,04	0,05	0,06	п.5.2.5	соответ.

- 2 -

Наименование испытаний	№ I	№2	№3	Требования по ТЗ и ГОСТа	Соответствует
------------------------	-----	----	----	--------------------------	---------------

НЭФ -ГК-0,5/IIО

4. Электрическая прочность изоляции					
в холодном состоянии, В	I250	I250	I250	п.5.6.1	соответств.
в горячем состоянии, В	I000	I000	I000	п.5.6.1	соответств.
5. Ток утечки в холодном и горячем состоянии не более, мА					
	0,5	0,5	0,5	п.5.6.2	соответств.
6. Влагостойкость					
	по группе М23 ГОСТ			17513-72	соответств.

Комиссия рекомендует

1. Изготовить 2 комплекта нагревательной каждой типоразмера для проведения приемо-испытаний в составе 2-х типов имитаторов грилей контактных.

2. Откорректировать конструкторскую документацию на литеру "0" после проведения Заказчиком испытаний нагревателей в составе имитаторов контактных грилей.

3. Представить опитине образцы нагревателей НЭФ-ГК-I, I/IIО и НЭФ-ГК-0,5/IIО по 4 образца каждого типоразмера на приемо-испытания

Председатель комиссии

Члены комиссии

М.Д.Кардашук

А.М.Иорика

С.М.Зылевская

С.В.Белицкая

Ю.Коптяк

ПРОТОКОЛ № 1

Проверка габаритных размеров и внешний осмотр нагревателей

Требования Методика испытаний! Измерительные инструменты соответствуют! Критерий соответствия! Кд. изме. -! ----- Результаты испытаний

ТЗ	Оборудование	стандарт	Факт	№1обр. №2обр. №3обр. №4обр. №5обр.	
п.5.2.1	п.3.1	Визуально	Соответствует	Кд	соответствует
п.5.2.6	п.3.2	Штангенциркуль ШД-250-0,1 ГОСТ 166-80	габаритные размеры толщина обмотки более	мм	НЭФ-ТК-1, I/IIO 251x180 250x180,5 250x180 250,5x181
				мм	НЭФ-ТК-0,5/IIO 140x81 140,5x80 140x80,5 140x80

Испытание проводил:
 Инженер-технолог
Зина С.М. Зиневская
 Техник
Виз С.В. Беллицкая

От заказчика
 Завлаборатории
[Подпись] О.П. Шеликов

ПРОТОКОЛ № 3
проверка на функционирование и потребляемой мощности нагревателей

Грешованя! Методика ! Испитательсье ! Критерий соответ- ! Ед. изме- ! Результат испитаний
ТЗ ! Испитаний ! Оборудование ! ствия ! рення ! Обр. № 1 ! Обр. № 2 ! Обр. № 3 ! Обр. № 4 ! Вывод

И. 5.3.2	п. 3.5	Амперметр 0-10 А кл. т. 0,5	По нагревателю должен протекать рабочий ток	протекает	соответствует
		Вольтметр 0-500 В кл. т. 0,5	Мощность должна быть	кВт	
				1,0	НЭФ-ГК-1, I/110 I, 15 I, 2 I, I
				0,55	НЭФ-ГК-0,5/110
				0,47	0,6 0,5
					соответствует

Испытания проводили:

Инженер-технолог
 А. М. Иорина
 Сл. сборщик
 В. С. Пузенко

От заказчика
 Зав. лабораторией
 О. П. Шеляков

П Р О Т О К) Д № 4

Проверка электрической прочности изоляции нагревателей

Требования: Методика вып.-Испытательное! Критерий ответ-! Эл.наме-! Результаты испытаний
 ТЗ ! таный ! оборудование ! ствия ! рения ! обр. №100В. №2! обр. №3! обр. №4! Выводы

п. 5.6.1	ГОСТ	УЛУ - ДИ	Электрическая	НЭВ-УК-1, I/110 и НЭВ-УК-0,5/110
	12.2.025-76	Универсальная	прочность изоля- ции в холодном	
			состоянии	В 1250 1250 1250 1250 соответствует.
			в горячем состоянии	В 1000 1000 1000 1000 соответствует.

Испытание проводили:

Руководитель ТК

М. Д. Кардашук

Сл. сборщик

В. С. Пузенко

От заказчика

Замасборатори

О. П. Шелляков

Продовж. дод. Е

П Р О Т О К О Л № 7

Проверка нагревателей на механическую прочность при транспортировании

Требования: Методика испытаний Испытательное оборудование: Критерий соответствия: Результаты испытаний: ТЗ: Оборудование: рения: Обр. №1 Обр. №2 Обр. №3 Обр. №4 Обр. №5

п. 5.10

п. 4.1

ГОСТ
21622-84

После воздействия
транспорных
нагрузок: НЭФ-ГК-1, I/IIO и НЭФ-ГК-0,5/IIO да да да да да да
- упаковка не повреждена да да да да да да
- механические повреждения нагревателей визуально не обнаружены да да да да да да
- при проверке работоспособности ток потребляется, да да да да да да
нагрев происходит

Испытание проводили:

Инженер-технолог

Зинь С.М. Зинь С.М. Зинь С.М.

Техник

Белицкая С.В. Белицкая С.В. Белицкая

заказчика

Завлаборатории

Шеляков О.П. Шеляков

Продовж. дод. Е

П Р О Т О К О Л № 10

Определение равномерности нагрева рабочей поверхности

Требования Методика испытаний Испытательное оборудование - Измерительные приборы и средства измерений
 ТЗ Оборудование

П. 4.8
 ГОСТ 21622-84

Равномерность
 нагрева рабочей
 поверхности элект-
 рогириля не более
 $\pm 70^{\circ}\text{C}$

НЭФ-ГК-1,1/110

гр. 7,5 7,0 7,5 7,3 соответ

НЭФ-ГК-0,5/110

гр. 7,3 7,5 7,0 7,5 соответ

Испытание проводили:

Руководитель ТК

М.Д. Карлачук

Инженер-технолог

С.М. Эмильская

От заказчика

Зашлаборатория

О.П. Шеляков

Продовж. дод. Е

Продовж. дод. Ж

Формат		По	Обозначения	Наименование	Кол-во	Примеч.
Зонт	Лист					
		23	К7-ФДЖ.00.09	Опора	2	
		24	К7-ФДЖ.00.11	Втулка	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		28		Валит М4-6916.21.12Х18Н10Т ГОСТ 1477-75	1	
		29		Валит ВМ5-69110.21.12Х18Н10Т ГОСТ 17473-80	4	
		30		Шайба А5.21.12Х18Н10Т ГОСТ 81371-78	4	
		31		Шайба В-18Н10Т ГОСТ 11648-65	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
		35		Индикатор ИЧ.0-10 ИЧ.2.034.02.21.811.027-90	1	
				<u>Материалы</u>		
		38		Пробер МРСТ-1,00 ТУ 16-505,292-77	1	2-07м
		39		Львыр ПБС 183,078-250-4 10 ГОСТ 28244-89	1	
					Итого	
К7-ФА.Ф00.00					2	

Додаток 3

Акт прийняття до розробки та виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса в умовах осьового стиснення

165

 **“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Голова ПУСКУ
Дорохін В.О.
_____ 2002 р.

 **“ЗАТВЕРДЖУЮ”**
Голова ВАТ
Вигоренко О.М.
_____ 2002 р.

АКТ

прийняття до розробки та виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском

Полтавський університет споживчої кооперації України, в подальшому ПУСКУ, і відкрите акціонерне товариство “Полтавамаш”, в подальшому ВАТ “Полтавамаш” склали цей акт в тому, що ПУСКУ передав, а ВАТ “Полтавамаш” прийняв технічне завдання до розробки і виготовлення промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

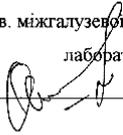
ПУСКУ в особі завідуючого міжгалузевої науково-дослідної лабораторії Шелякова О.П. зобов'язується здійснювати авторський нагляд за розробкою і виготовленням промислового зразка апарата для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

ВАТ “Полтавамаш” в особі завідуючого конструкторським бюро Селютіна В.А. зобов'язується розробити технічну документацію на виготовлення і виготовити промисловий зразок апарата для двостороннього жаріння під осьовим тиском.

“ 9 ” січня 2002 р.

Від ПУСКУ:

Зав. міжгалузевої науково-дослідної лабораторії

 Шеляков О.П.

Від ВАТ “Полтавамаш”:

Зав. конструкторського бюро

 Селютін В.А.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Beer Grill AG: Ein sicherer wert für den gastro-profi // Gourmet. – 1995. – № 11. – P. 108–109.
2. Bouton P.E., et al. Pressure – heat treatment of meat: effect of prior aging treatments an shear properties // Journal of food science. – 1977. – Vol. 42, № 1. – P. 132–135.
3. Box G. E. P. Exploreation and Exploitation of Response Surfaces // Biometrics. – 1954. – № 10. – P. 16–60.
4. Box G. E. P. Hunter J. S. Multifactor Experimental Desingns // Ann, Math, Stat. – 1957. – № 28. – P. 195.
5. Box G. E. P., Youle P. V. Exploreation and Exploitation of Response Surfaces // Biometrics. – 1955. – № 11. – P. 287–322.
6. Chu C.F., Pellet M. The compressive behavior of solid food specimens with small height to diameter rations // Texture Stud.– 1986. – Vol. 16, № 4. – P. 451–464.
7. Herz W., Shallenberger R. Ароматы, образующиеся при простом взаимодействии с сахаром // Food Research. – 1960. – № 4. – P. 23–27.
8. Höller H. Arch. f. Method определения содержания триптофана // Tierernährung. – 1958. – Vol. 8, № 3. – P. 348–354.
9. Hoover Dolls Cr., Metrics Caroline Papillae Anne M. // Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms // Food Technology. – 1989. – Vol. 43, № 9. – P. 99–107.
10. ISO 711-85. Зерно та зернові продукти. Визначення вмісту вологи. – Введ. 01.12.00. – Львів : Леонорм, 2000. – 12 с.
11. ISO 712-85. Зерно та зернові продукти. Визначення вмісту вологи. Введ. 01.12.00. – Львів : Леонорм, 2000. – 9 с.
12. Iso Naowichi. Suites on the rheological properties of heated meats // J. Jap. Soc. Food Shi and technol. – 1985. – Vol. 32, № 8. – P. 547–552.
13. Lepetit S., Sale P. Analise du compotement reologique de la viande par une metode de compression sinusoida // Sci. Alim. – 1985. – Vol. 5, № 4. – P. 521–540.
14. Macfarlane J.J., Mc.Kenzie J.J. Pressure – accelerated changes in the proteins of muscle and their influence on Warner – Bratzler shear venues // Journal of Food Science. – 1986. – Vol. 51, № 2. – P. 17, 516–525.
15. Macfarlane J.J., Mc.Kenzie J.J., Turner R.H. Pressure – heat treatment of meat: changes in myofibrils proteins and ultrastructure // Meat Science. – 1986. – Vol. 17, № 3. – P. 161–176.

16. Morgan Douglas J. Effects of muscle h pH on pressure induced changes in the sarcoplasmic reticulum // *Meat Science*. – 1987. – Vol. 19, № 4. – P. 285–292.
17. Neuman R.E., Logan M.A. J. Метод определения содержания оксипролина // *Biol. Chem.* – 1950. – Vol. 186. – P. 549–556.
18. Spies J., Chambers D. An. Метод определения содержания триптофана // *Chem.* – 1949. – Vol. 21, № 10. – P. 12–15.
19. Sugimura T. Overview of carcinogenic heterocyclic amines // *Mutation Research*. – 1997. – Vol. 376. – P. 211–219.
20. Walfare M.R., Cooper J., Bassendine M.F., Daly A.K. Relation – ship between acetylated status, smoking, diet and colorectal risk in the northeast of England // *Carionogenesis*. – 1997. – Vol. 7. – P. 1351–1354.
21. Алехина Л. Т. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов / Л. Т. Алехина, А. С. Большаков, Н. К. Журавская. – М. : Агропромиздат, 1985. – 295 с.
22. Антипова Л. В. Биохимия мяса и мясопродуктов : учебное пособие / Л. В. Антипова, Н. А. Жерабцов. – Воронеж : Изд-во Воронеж, 1991. – 183 с.
23. Баранов А. Ф. Исследование структурно-механических свойств (консистенции) мяса говядины : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.15 / Баранов А. Ф. ; Моск. ин-т нар. хоз-ва. – М., 1975. – 24 с.
24. Баранов В. С. Технология производства продукции общественного питания / В. С. Баранов. – М. : Экономика, 1986. – 400 с.
25. Беляев М. И. Тепловое оборудование / М. И. Беляев // Оборудование предприятий общественного питания : в 3 т. – М. : Экономика, 1990. – Т. 3. – 559 с.
26. Беляев М. И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки продуктов / М. И. Беляев, П. Л. Пахомов. – Х. : ХИОП, 1991. – 160 с.
27. Беляев М. И. Совершенствование процессов тепловой обработки продуктов в общественном питании / М. И. Беляев, Л. З. Шильман. – М. : Экономика, 1975. – 112 с.
28. Большаков А. С. Тепловая обработка мяса / А. С. Большаков, Н. С. Митрофанов, В. И. Хлебников. – М. : ЦНИИТЭИ, 1968. – 51 с.
29. Большаков А. С., Рейн Л. М. Технология мяса и птицепродуктов / А. С. Большаков, Л. М. Рейн, Н. П. Янушкин. – М. : Пищевая пром-сть, 1966. – 276 с.

30. Бражников А. М. Теория термической обработки мясопродуктов / А. М. Бражников. – М. : Агропромиздат, 1987. – 271 с.
31. Беляев М. И. Влияние температурных полей жарочных поверхностей на удельные расходы жира и качество изделий / Беляев М. И., Загоскина В. Г. // Общественное питание. – 1972. – № 8. – С. 37–45.
32. Воловинская В. П. Метод определения влагоудерживающей способности мяса / В. П. Воловинская, Б. Я. Кельман // Мясная индустрия СССР. – 1960. – № 6. – С. 47.
33. Волькенштейн М. И. Биофизика / М. И. Волькенштейн. – М. : Наука, 1988. – 592 с.
34. Вышелесский А. Н. Тепловое оборудование предприятий общественного питания / А. Н. Вышелесский. – М. : Экономика, 1976. – 400 с.
35. Вышелесский А. Н. Источник тепла ТЭН, залитый в металл / А. Н. Вышелесский, М. И. Беляев // Общественное питание. – 1966. – № 11. – С. 23–27.
36. Вышелесский А. Н. К вопросу исследования электросковорода / А. Н. Вышелесский, М. И. Беляев // Сборник трудов МИНХа. – М. : МИНХ, 1967. – С. 18–20.
37. Вышелесский А. Н. Сковорода с ТЭНами, залитыми в днище / А. Н. Вышелесский, М. И. Беляев // Общественное питание. – 1967. – № 6. – С. 41–42.
38. Гинзбург А. С. Сушка пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М. : Пищепромиздат, 1960. – 683 с.
39. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 384 с.
40. Горбатов А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов : справочник / А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
41. ГОСТ 10444.2-94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества *Staphylococcus aureus*. – Введ. 01.01.98. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 85–90.
42. ГОСТ 10444.7-88. Продукты пищевые. Метод определения *Clostridium perfringens*. – Введ. 01.01.90. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 106–110.
43. ГОСТ 23.041-78. Мясо и продукты мясные. Метод определения содержания оксипролина. – Введ. 01.01.79. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 176–178.

44. ГОСТ 23041-78. Мясо и продукты мясные. Метод определения жира. – Введ. 01.01.88. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 9 с.
45. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. – Введ. 01.01.81. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 18 с.
46. ГОСТ 25011-81. Мясо и продукты мясные. Метод определения белка. – Введ. 01.07.88. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 18 с.
47. ГОСТ 26226-84. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания золы. – Введ.01.01.85. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.
48. ГОСТ 26570-85. Продукты мясные. Метод определения содержания кальция. – Введ. 01.01.86. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.
49. ГОСТ 28560-90. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*. – Введ. 01.07.91. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 217–221.
50. ГОСТ 29.144-91. Продукты мясные. Метод определения содержания гигроскопичной влаги. – Введ.01.01.91. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 15 с.
51. ГОСТ 30519-97 (ИСО 6579-83). Продукты пищевые. Метод выявления бактерий *Salmonella*. – Введ.01.01.98. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 254–260.
52. ГОСТ 9793-74. Продукты мясные. Методы определения влаги. – Введ. 01.01.75. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 37–40.
53. ГОСТ 9794-74. Продукты мясные. Методы определения содержания общего фосфора. – Введ. 01.01.76. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 41–45.
54. ГОСТ 9959-91. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки. – Введ. 01.01.93. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 62–68.
55. А. с. 446268 СССР, МКИ А 47 J 37/06. Двухвальная жаровня для приготовления пищи / М. И. Беляев, П. Я. Коган (СССР). – № 1886097/28-13 ; заявл. 22.03.73 ; опубл. 25.10.74, Бюл. № 38. – 3 с.
56. Дедух Н. Н. Исследование состава мясного сока и продуктов пирогенетического разложения его составных частей : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.16 / Н. Н. Дедух ; Моск. ин-т нар. хоз-ва. – М., 1975. – 19 с.

57. Дорохин В. А. Тепловое оборудование предприятий общественного питания / В. А. Дорохин. – К. : Выща школа, 1987. – 407 с.
58. Дорохін В. О. Вплив двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском на ступінь переходу колагену в глютин / В. О. Дорохін, М. Я. Троцький, В. О. Скрипник // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. пр. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – Ч. 2. – С. 256–259.
59. Дорохін В. О. Дослідження двосторонньої жарки м'ясопродуктів / В. О. Дорохін, О. П. Шеляков, В. О. Скрипник // Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини : праці міжнар. наук.-практ. конф. – Полтава : ПКІ, 1998. – С. 195–199.
60. Дорохіна М. О. Результати мікробіологічних досліджень м'ясних виробів, смажених з двох боків під оптимальним осьовим тиском / М. О. Дорохіна, Р. М. Фірсова, В. О. Скрипник // Наукові праці УДУХТ. – 2001. – № 10. – Ч. 1. – С. 149–150.
61. Дэниел К. Применение статистики в промышленном эксперименте / Дэниел К. – М. : Мир, 1979. – 299 с.
62. Жаринов А. И. Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса: Краткий курс / А. И. Жаринов. – М. : Экономика, 1994. – Ч. 1. – 154 с.
63. Железняк К. Д. Исследование пищевой ценности некоторых блюд из жареной говядины : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 / К. Д. Железняк ; Моск. ин-т нар. хозва. – М., 1980. – 23 с.
64. Зависимость сопротивления резания и модуля упругости мяса от температуры / Пелеев А. И., Клименко М. Н. // Мясная индустрия СССР. – 1965. – № 6. – С. 44.
65. Закс Л. Статистическое оценивание / Закс Л. – М. : Статистика, 1976. – 598 с.
66. Заявка 2575913 Франция, МКИ А 47 J 37/06. Dispositif pour cuisson de deux faces d'aliments sur un grill / Thaddeus J. Kabowski, Richard W. Dorr, Robert A. Novy (Франция). – № 8600373; Заявл. 13.01.86; Опубл. 18.07.86. – 6 с.
67. Заявка 2584893 Франция, МКИ А 21 В 5/00, А 47 J 37/06. Appareil de cuisson de produits alimentaires destines en

- particuliera / Freuchet Artoine (Франция). – № 2584893; Заявл. 18.07.85; Опубликовано. 23.01.87. – 8 с.
68. Пелеев А. И. Исследование структурно-механических свойств мяса / Пелеев А. И., Клименко М. Н. // Известия вузов СССР: Пищевая технология. – 1966. – № 2. – С. 82.
 69. Кармас Э. Технология свежего мяса / Кармас Э.; пер. с англ. – М.: Пищевая пром-сть, 1979. – 335 с.
 70. Карпов А. М. Теплофизические и физико-химические характеристики продуктов: справочник / А. М. Карпов, А. В. Саруханов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 223 с.
 71. Клименко М. Н. Исследование процесса резания мяса лезвием: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: спец. 05.18.15 / М. Н. Клименко; Моск. технол. ин-т мяс. и мол. пром. – М., 1966. – 16 с.
 72. Беляева М. А. Компьютерное моделирование тепловой денатурации белков мяса / Беляева М. А. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. – № 4. – С. 28–29.
 73. Кошляков В. Н. Короткий курс теоретичної механіки: Кінематика, кінетика: підручник / В. Н. Кошляков. – К.: Вища школа, 1993. – 311 с.
 74. Красников В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. – М.: Энергия, 1973. – 288 с.
 75. Крылов Н. Н. Биохимия мяса / Н. Н. Крылов, Ю. Н. Ляскова. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 211 с.
 76. Левантин Д. Л. Некоторые особенности качества мяса бычков / Левантин Д. Л., Бугрим Л. Н., Журавская Н. К. // Мясная пром-сть. – 1995. – № 1. – С. 21–22.
 77. Лисовенко А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах / А. Т. Лисовенко. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 214 с.
 78. Литвина Л. М. Тепловое оборудование предприятий общественного питания / Л. М. Литвина, К. Н. Фролова. – М.: Экономика, 1989. – 387 с.
 79. Лобанов Д. И. Технология приготовления пищи / Д. И. Лобанов. – М.: Гос. изд-во торговой литературы, 1960. – 344 с.
 80. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
 81. Лыков А. В. Теория тепло- и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.

82. Мазуров В. Н. Биохимия коллагеновых белков / В. Н. Мазуров. – М. : Медицина, 1979. – 201 с.
83. Мглинец А. И. Изменение пищевой ценности натуральных полуфабрикатов из говядины при жаренье / А. И. Мглинец, К. Д. Железняк // Известия вузов СССР: Пищевая технология. – 1979. – № 5. – С. 58.
84. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10444.15-94. Пищевые продукты. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введ.01.01.97. – Львів : Леонорм, 2000. – С. 111–113.
85. Месхи А. И. Биохимия мяса, мясопродуктов и птицепродуктов / Месхи А. И. – М. : Легкая пром-сть, 1984. – 280 с.
86. Методические рекомендации по оценке мясной продуктивности, качества мяса и подкожного жира свиней. – М. : ВАСХНИЛ, 1987. – С. 22–23.
87. Михайлов В. М. Удосконалення процесу смаження м'ясних січених виробів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.12 / В. М. Михайлов ; Харк. ін-т гр. хар-ня. – Х., 1994. – 19 с.
88. Михайлов Ю. А. Сушка перегретым паром / Ю. А. Михайлов. – М. : Энергия, 1967. – 513 с.
89. Монтгомери Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных / Монтгомери Д. К. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.
90. Мудрецова-Висс К. А. Микробиология / Мудрецова-Висс К. А. – М. : Экономика, 1985. – 88 с.
91. Мякишев А. И. Агрегат для жарки цыплят табака / А. И. Мякишев // Общественное питание. – 1989. – № 10. – С. 13.
92. Мясная промышленность – зарубежный опыт. Экспресс-информация. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1992, вып. 15. – С. 2.
93. Нагреватели электрические фольговые на слоупластовом основании (НЭФ): Информационный листок № 130-96. – К. : КиївЦНТЕІ, 1996. – 4 с.
94. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики / Н. Н. Никитин. – М. : Высшая школа, 1990. – 607 с.
95. Новое в науке о мясе / Ивашов В. И., Рошупкин В. И., Андреевков В. А. и др. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1990. – 36 с.
96. Орешкин Е. Ф. Водоудерживающая способность мяса и пути ее повышения / Е. Ф. Орешкин, М. А. Борисова. – М. : АгроНИИТЭИММП, 1989. – 51 с.

97. Пат. 2036599 РФ; МКИ А 47 J 37/10. Электросковорода «Умница» / И. Т. Ловяников (РФ). – № 4953890/13; Заявл. 03.06.91; Оpubл. 09.06.95, Бюл. № 16. – 4 с.
98. Пат. 2825404 ФРГ, МКИ А 47 J 37/06. Elektrischer Bratroms mit zwei aneinardergelenkten Heizplatten / Prinn E., Houser G., Leiser G. (ФРГ). – № 7718165; Заявл. 14.06.77; Оpubл. 24.06.82. – 4 с.
99. Пат. 2915153 ФРГ, МКИ А 47 J 37/06. Elektriseh beheizbares Grillgerat / Heinrich E., Walter K. (ФРГ). – № P29151539/16; Заявл. 12.04.79; Оpubл. 09.12.82. – 8 с.
100. Пат. 2915153 ФРГ, МКИ А 47 J 37/06. Elektriseh beheizbares Grillgerat / Heinrich E., Walter K. (ФРГ). – № P29151539/16; Заявл. 12.04.79; Оpubл. 09.12.82. – 8 с.
101. 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; Оpubл. 16.04.01; Бюл. № 3. – 3 с.
102. Пат. 3682655 США, МКИ А 22 С 18/00. Way pressure – heat treatment of meat / A. R. Touba (США); General Mills Inc. – № 412807; Заявл. 08.08.72; Оpubл. 12.10.72; НКІ 99/107. – 3 с.
103. 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; Оpubл. 15.05.01; Бюл. № 4. – 3 с.
104. Пат. 4031218 Германия, МКИ А 47 J 37/06. Waffeleisen / Theimer Hubert, Albrecht Hans–Peter (Германия); ABC – Elektrogeräte Volz. GmbH & Co. – № 3382117; Заявл. 04.10.90; Оpubл. 16.04.92 № 16; НКІ Р 40 31 218.6. – 16 с.
105. Пат. 4-23535 (JP), МКИ А 47 J 37/06. Жаровня для двухсторонней кулинарной обработки / Рестронг Текнолоджи Инк. – № 62-47323; Заявл. 20.08.86; Оpubл. 22.04.92. – 9 с.
106. Пат. 43634 А Україна, МКВ 7 Н 05 В 3/28. Плоский резистивний електронагрівник та спосіб його виготовлення / М. Є. Беліцький (Україна); ТОВ СІМЕБ. – № 2002042566; Заявл. 17.04.2001; Оpubл. 17.12.2001, Бюл. № 11. – 4 с.
107. Пат. 4662273 США, МКИ А 47 J 37/04. Greaseless cooker for food items / Marchioni Barbara K. (США). – № 796081; Заявл. 07.11.85; Оpubл. 05.05.87; НКІ 99/426. – 6 с.

108. Пат. 4763571 США, МКИ А 47 J 37/06. Apparatus for two-sided cooking / Berling Craid L., Ewald Henri T., Horton Douglas J., Hoverman James L., Weller Berthold L. (США). – № 782963; Заявл. 02.10.85; Оpubл. 18.08.88; НКИ 99/349. – 16 с.
109. Пат. 5355779 США, МКИ А 47 J37/06. Обжарочное устройство / William J. Obrien (США); Griller. – № 34093/93; Заявл. 10.07.92; Оpubл. 09.03.93. НКИ 11/67. – 3 с.
110. Пат. WO 92/10127 (PCT), МКИ А 47 J 37/08. Electric grilling appliance / Masel Ruben (NL); WILDBERRY GROUP. – № 98359; Заявл. 09.12.91; Оpubл. 25.06.92. – 14 с.
111. Пат. EP 0 462 872 (EПB), МКИ А 47 J 37/06. Appliance for the preparation of meat or similar products / Coppier, Michel, Etercy (FR); SEB S.A. – № 91401556.5; Заявл. 12.06.91; Оpubл. 27.12.91. – 5 с.
112. Пат. EP 0 487 257 (EПB), МКИ А 47 J 37/06. Sandwich toaster or grille / McClean, John William (AU); BREVILLE R & D PTI LIMITED. – № 91310519.3; Заявл. 14.11.91; Оpubл. 27.05.92 № 22; НКИ AU 3429/90. – 7 с.
113. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. посіб. Ч. I. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – X. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
114. Ратушный А. С. Пищевые гетероциклические амины как потенциальные мутагены и канцерогены : научный доклад / А. С. Ратушный, А. Т. Ширшов, А. А. Соляков. – М. : Из-во РЭА им. Г. В. Плеханова. – 1996. – 48 с.
115. Ратушный А. С. Потенциально опасные гетероциклические ароматические амины в жареных мясных изделиях / А. С. Ратушный, А. Т. Ширшов, А. А. Соляков // Вісник ДонДУЕТ (Серія «Технічні науки»). – Донецьк : ДонДУЕТ. – 1999. – № 4. – С. 47–51.
116. Рогов И. А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов. – М. : Пищевая пром-сть, 1974. – 584 с.
117. Ростовский В. С. Технология производства продукции общественного питания : учебное пособие / В. С. Ростовский. – К. : Выща школа, 1991. – 200 с.

118. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – М. : Экономика, 1981. – 720 с.
119. Скалинский Е. И. Микроструктура мяса / Е. И. Скалинский, А. А. Белоусов. – М. : Пищевая пром-сть, 1978. – 175 с.
120. Скрипник В. О. До питання двостороннього смаження м'ясопродуктів в умовах віського стиснення / В. О. Скрипник // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2000. – Ч. 1. – С. 196–203.
121. Соколов А. А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов / А. А. Соколов. – М. : Пищевая пром-сть, 1965. – 492 с.
122. Теплові процеси та апарати на підприємствах громадського харчування : навч. посіб. / Юлін О. В., Пересічний М. І., Тарасенко І. І. та ін. – К. : ІСДО, 1995. – 176 с.
123. Технологический режим и основные параметры жарения мяса крупным куском / Яремаченко М. А. // Общественное питание. – 1975. – № 11. – С. 102–104.
124. Технология мяса и мясопродуктов / Алехина Л. Т., Большаков А. С., Боресков В. Г. и др. ; под ред. И. А. Рогова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 575 с.
125. Технология мяса и мясопродуктов / под общ. ред. Соколова А. А. – М. : Пищевая пром-сть, 1979. – 740 с.
126. Тимошук И. И. Совершенствование технологии мясных продуктов / И. И. Тимошук. – К. : Урожай, 1988. – 189 с.
127. Туменов С. Н. Обработка мясных продуктов давлением / С. Н. Туменов, А. В. Горбатов, В. Д. Косой. – М. : Агропромиздат, 1991. – 207 с.
128. Тышкевич С. Исследование физических свойств мяса / Тышкевич С. ; пер. с польск. – М. : Пищевая пром-сть, 1972. – 96 с.
129. Устройство для двухстороннего обжаривания пищевых продуктов: А.с. 2018252. РФ, МКИ А 47 J 37/06 / Е. А. Анисимов, А. Г. Карамнов, П. А. Ивлева (РФ). – № 5058056/13; Заявл. 10.08.92; Опубл. 30.08.94, Бюл. № 16. – 6 с.
130. Устройство для приготовления пищи: А.с. 1736419 СССР, МКИ А 47 J 37/00. / И. Т. Ловяников (СССР). – № 4793167/13/154182; Заявлено 25.12.89; Опубл. 30.05.92, Бюл. № 20. – 4 с. ил.

131. Физико-химический и бактериологический контроль в мясной промышленности / М. Б. Коган, Л. С. Пожарская, В. П. Рыднина, Е. М. Фредлин ; под ред. М. Б. Когана. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 464 с.
132. Хлебников В. И. Тепловая обработка мяса и мясопродуктов / Хлебников В. И., Кахоров М. К., Муталов Х. Н. – М. : ЦНИИИТЭИ, 1984. – 58 с.
133. Черевко О. І. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів : навч. посіб. / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна. – Х. : Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування, 2000. – 332 с.
134. Эпштейн Б. Н. Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов / Эпштейн Б. Н. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 495 с.

Монографія

Скрипник В'ячеслав Олександрович

**РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ
ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ЖАРІННЯ М'ЯСА
В УМОВАХ ОСЬОВОГО СТИСНЕННЯ**

Головний редактор М. П. Гречук
Комп'ютерна верстка Г. А. Бжікян

Підписано до друку 21.12.2011 р.
Формат 60×84/16. Тираж 300 прим. Ум. друк. арк. 10,8
Папір 70 г/м². Гарнітура «Таймс». Зам. № 010/597

Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»

36014, Полтава-14, вул. Коваля, 3, кімн. 115

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 3827 від 8.07.2010 р.

Видруковано з оригінал-макета у
Вищому навчальному закладі Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»
36014, Полтава-14, вул. Коваля, 3, кімн. 115