

УДК 658.589:613.26  
№ держреєстрації 0120U105770  
Інв.

Міністерство освіти та науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002  
тел. +38(057) 7003888 [http:// btu.kharkov.ua](http://btu.kharkov.ua), [info@btu.kharkov.ua](mailto:info@btu.kharkov.ua)



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи

Валерій МИХАЙЛОВ

(22.12.2022)

**ЗВІТ**

**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**«Розробка способів та обладнання для виробництва кулінарних  
м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини»  
(остаточний)**

Керівники НДР:

д.т.н., професор

В.М.Михайлов

д.т.н., професор

О.І. Черевко

Рукопис закінчено «19» грудня 2022 р.

Результати роботи розглянуто науково-технічною радою факультету мехатроніки та інжинірингу протокол №2 від 21.12.2022 р.

## Список виконавців

### Керівники :

Михайлов В.М., д.т.н., професор

Черевко О.І., д.т.н., професор



### Відповідальний виконавець :

к.т.н, доцент, Ляшенко Б.В.



### Виконавці:

1. Загорулько О.Є., к.т.н., доцент
2. Загорулько А.М., к.т.н., доцент
3. Маяк О.А., к.т.н., доцент
4. Шевченко А.О., к.т.н., доцент
5. Прасол С.В., к.т.н., доцент
6. Постаджиєв О.І.,аспірант
- 7.Лаврук В.В.,аспірант
8. Ібаєв Е.Б., аспірант
9. Сабадаш С.М., студент



## РЕФЕРАТ

**Мета роботи** – розробка нових енергоефективних способів та обладнання для виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини.

**Очікувані результати** – економія матеріальних та енергоресурсів під час реалізації процесів виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини.

**Місце впровадження** – харчова промисловість, заклади ресторанного господарства.

**Вид продукції** – розробка енергоефективних способів та нового обладнання для виробництва кулінарних м'ясних виробів, заключний звіт.

Розглянуто науково-прикладне завдання підвищення енерго- та ресурсоефективності концентрування та сушіння в процесах виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини. Запропоновано способи приготування асортименту м'ясних кулінарних виробів на основі рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання, НВЧ та ПЧ-обробки, зокрема напівфабрикатів з прямих овочів, овочевих наповнювачів для січених кулінарних виробів. Наведено результати досліджень технологічних показників та показників якості зазначеної продукції. Також розглянуто конструкції та техніко-експлуатаційні показники апаратів для реалізації цих способів.

Запропоновані технології кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини та нові апарати для їх реалізації можуть успішно використовуватися на підприємствах малих харчових, переробних виробництв і ресторанних господарствах України та бути конкурентноспроможними на світовому ринку.

Економічне значення запропонованих науково-технічних рішень у даній роботі визначається їх прикладним характером, оскільки вони не тільки мають наукову новизну, але й доведені до стадії інженерно-технологічних рішень у сфері виробництва та є джерелом економічного ефекту.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
<b>1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА СУШЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ</b>	<b>7</b>
1.1. Характеристика рослинної сировинної бази для виробництва м'ясоовочевих напівфабрикатів	7
1.2 Характеристика процесу сушіння та його технічне забезпечення	11
<b>2. РОЗРОБКА АСОРТИМЕНТУ М'ЯСНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ В РЕЦЕПТУРУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ</b>	<b>18</b>
2.1. Розробка технологічних процесів виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання	18
2.1.1. Комбінований спосіб запікання котлет січених	20
2.1.2. Комбінований спосіб запікання зраз січених	23
2.1.3. Спосіб приготування зраз яловичих фаршированих рисом	25
2.1.4. Комбінований спосіб запікання рулету з макаронами	28
2.1.5. Спосіб приготування биточків	30
2.2. Дослідження технологічних показників та показників якості	32
2.3. Розробка апарату для теплової обробки кулінарних виробів	37
2.4. Розробка апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням	41
2.5. Розробка та дослідження способу виробництва м'ясоовочевих котлет	52
2.5.1. Технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет	52
2.5.2. Процес отримання сушених овочевих наборів для січених кулінарних виробів	56
2.5.3 Дослідження адсорбційних властивостей сушених овочевих наборів для січених кулінарних виробів	66

2.5.4	Вдосконалення пристрою для смаження січених кулінарних виробів з частковим внесенням сушених овочевих наборів	68
2.5.5.	Дослідження технологічних показників смаження м'ясоовочевих котлет та їх хімічного складу	71
<b>ЗАКЛЮЧЕННЯ</b>		<b>75</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>		<b>81</b>

## ВСТУП

Розвиток здорового функціонального харчування є одним із головних напрямків науково-практичних досліджень харчової індустрії для забезпечення сьогоденних потреб споживачів. Раціональне використання природної сировини забезпечує різноманітність асортименту функціонального харчування в умовах енергоефективності та забезпечення високого рівня збереження харчових речовин при застосуванні НВЧ-обробки овочів, електроконтактним нагріванням та ІЧ-обробкою м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинних наповнювачів.

Постійний попит на м'ясні вироби в багатьох країнах світу обумовлює розвиток харчової промисловості шляхом удосконалення способів переробки рослинної сировини та обладнання для теплової обробки різноманітних м'ясних виробів. Основними завданнями під час удосконалення термічної обробки м'ясної сировини з рослинним наповнювачами є обґрунтування раціональних способів виробництва та зменшення технологічних втрат маси виробів на всіх стадіях виробництва з одночасним забезпеченням високоякісних показників. Це можливо лише за умови використання низькотемпературної обробки м'ясних виробів із застосуванням сучасних низькоенерго- та низькометалоємних нагрівальних елементів, зокрема на основі ІЧ-випромінювання.

Зважаючи на вищесказане, набуває актуальності науково-прикладне завдання, пов'язане з підвищенням енерго- та ресурсоефективності технологічного процесу виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини з використанням інноваційних конструктивно-технологічних рішень.

# **1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА СУШЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

## **1.1 Характеристика рослинної сировинної бази для виробництва плодоовочевих напівфабрикатів**

У сучасних умовах значно зросло значення овочів і фруктів, тому що вони сприяють боротьбі з несприятливими факторами, які інтенсивно впливають на людину. Цінність рослинної їжі в тому, що вона містить майже всі поживні і біологічно активні речовини, необхідні для нормального функціонування систем та органів людини.

Кліматичні умови та ґрунти України є сприятливими для розвитку конкурентоспроможного овочівництва та плодівництва, що дає змогу значно розширити асортимент виробів із рослинної сировини підприємств харчової промисловості.

Консервна промисловість переробляє найрізноманітнішу рослинну сировину – овочі, плоди та ягоди. За хімічним складом вони є цінними продуктами харчування, так як містять різні елементи, найнеобхідніші для життєдіяльності організму людини. Плодоовочева сировина в середньому містить сухих речовин приблизно: 93-94%, в тому числі 18-30% білка, 31-59% жиру, 5-20% цукру.

Більш широке виробництво концентрованих продуктів з натуральної плодоовочевої сировини підвищить їх харчову цінність, а виробництво їх на вітчизняних підприємствах, особливо безпосередньо в місцях зростання плодів, овочів і ягід, тобто безпосередньо в сільських господарствах державних і приватних дозволить знизити їх вартість і поліпшити якість кінцевого продукту. Важливим є виробництво концентрованих продуктів на основі наявного досвіду з переробки таких овочів, як буряк, морква, гарбуз, кабачок, та плодово-ягідної сировини, зокрема чорної смородини, малини, вишні, айви, абрикосів, а особливо яблук – як наймасовішої сировини, що має високі споживчі якості. Також для розширення асортименту харчових

виробів є використання нетрадиційної ягідної сировини, яка має високу харчову і біологічну цінність, а саме, журавлини, лохини, калини, обліпихи, аронії чорноплідної, гліду, кизилу та ін.

Овочі – основний вітамінний продукт харчування. У структурі посівних площ у світі овочі займають до 2%, проте значення їх для жителів планети важко переоцінити. Україна вже сьогодні входить до першої п'ятірки з виробництва овочів у світі і виробляє 18% овочів Європи та 33% овочів країн СНД.

Тобто, в умовах «білкової недостатності» овочі є свого роду «страховим полісом» здоров'я, оскільки багатий на овочі раціон оберігає організм людини, запобігає розвитку багатьох хвороб, забезпечує величезну кількість важливих для життєдіяльності речовин: вітаміни групи В, С, фолієву кислоту, калій, клітковину, мінеральні речовини та мікроелементи.

Овочі містять значну кількість важкозасвоюваних вуглеводів – харчових волокон, які є основними регуляторами харчових раціонів і здатні викликати відчуття насичення за незначної енергетичної цінності. Їх добова потреба для дорослої людини становить 25...30% раціону [1; 2]. Вони нормалізують життєдіяльність корисної мікрофлори кишечника, здатні виводити шкідливі речовини з організму, у тому числі надлишок холестерину.

Особливо актуальним і перспективним напрямком отримання оздоровчих харчових продуктів є використання для їх виготовлення каротиновмісних овочів (зокрема, моркви, гарбузу, томатів, перцю солодкого болгарського та ін.). Вони значно виділяються серед іншої рослинної сировини високим вмістом біологічно активних речовин, зокрема, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною та антиокислювальною активністю (рутину, катехінів, оксикоричних кислот та ін.), поліфенольних дубильних речовин, що мають імуномодельючу антиокислювальну детоксикуючу та протипухлинну дію [3–6]. Відомо, що ненасичені кон'юговані сполуки каротиноїдів мають протипухлинну,



протипроменеу дію та значно підвищують захисні сили організму людини, особливо в поєднанні з аскорбіновою кислотою та фенольними сполуками, які в великій кількості містяться в моркві та гарбузі, і є традиційним для України джерелом каротину [4; 5]. Їх використовують як в індивідуальному так і в масовому харчуванні населення, а також в ресторанах, супермаркетах та на підприємствах при виготовленні різних консервованих продуктів харчування, а саме, соків, пюре, соусів, паст, начинок та ін.

В овочах та плодах міститься значна кількість біологічно активних речовин, яка залежно від виду вихідної сировини в 100 г становить: низькомолекулярних фенольних сполук (зокрема, оксикоричних кислот) – 280–680 мг, флавонолових глікозидів (зокрема, рутину) – 55–160 мг, поліфенолів – 185–540 мг. Також всі плоди та овочі містять L-аскорбінової кислоти залежно від виду сировини від 45 до 265 мг в 100г; каротиномісні плоди містять  $\beta$ -каротину у кількості від 9,2 мг до 9,8 мг в 100 г. У всіх плодах та овочах містяться пребіотичні речовини – пектин, целюлоза, білок.

Столова морква є цінним продуктом харчування, оскільки у ній міститься порівняно багато цукру (до 8%), азотистих речовин (до 2%) і мінеральних солей (до 1,2%). Вона є джерелом каротину, який у людському організмі перетворюється у вітамін А. 100 г моркви здатні задовольнити добову потребу у вітаміні А більше, ніж на 120%. У коренеплодах моркви нагромаджуються цукри, білки, жири, пектинові та ефірні сполуки, багато солей, макро- та мікроелементів, майже всі незамінні амінокислоти та інші цінні речовини. Такий склад робить її незамінною у харчуванні [7]. Як продукт, насичений полівітамінами, морква використовується для профілактики та лікування авітамінозу, при анемії, для відновлення сил та підвищення апетиту [8]. У коренеплодах міститься багато клітковини, яка не тільки активізує перистальтику кишківника, але й сприяє виведенню холестерину з організму [9].

Гарбуз багатий харчовими волокнами – пектиновими речовинами, клітковиною, геміцелюлозами, які адсорбують і виводять з організму

ксенобіотики, особливо важкі метали та радіонукліди. Найбільшу цінність гарбузові надає  $\beta$ -каротин та інші каротиноїди, зумовлюючи його жовтий чи жовтогарячий колір м'якоті. За вмістом  $\beta$ -каротину він перевищує інші овочі (14,0–35,0 мг/100 г) і має невелику енергетичну цінність (28 ккал/100 г), тому його включають до більшості дієт [10]. Гарбуз має великий вміст пектинових речовин, які володіють добрими структуроутворюючими властивостями.

Буряк столовий володіє лікувальними та дієтичними властивостями, що обумовлено його хімічним складом: цукри 7,5-10,0%, клітковина 0,7-0,9%, азотисті речовини 1,3-3,5%, мінеральні речовини (зола) 0,8-1,0%. Калорійність столового буряку становить 39,9 ккал, у ньому міститься (на 100 г): води – 86,0, білків – 1,5, жирів – 0,1, вуглеводів – 8,8, моно- та дицукридів – 8,7, крохмалю – 0,1, харчових волокон – 2,5, органічних кислот – 0,1, золи – 1,0. Цінним є вітамінний склад буряку, (мг/100 г): А – 0,01, В1 – 0,02, В2 – 0,04, В3 – 0,1, В6 – 0,07, В9 – 13,0, С – 10,0, Е – 0,1, РР – 0,2. Буряк багатий також на мінеральні речовини (мг/100 г): Fe – 1,4, К – 288,0, Са – 37,0, Mg – 22,0, Na – 46,0, P – 43,0, Cl – 43,0, В – 280,0, I – 7,0, Mn – 660,0, Cu – 140,0, F – 20,0, Zn – 425,0 та інші [11]. Буряк містить найбільше йоду серед усіх овочів, тому його широко застосовують для профілактики та лікування захворювання щитоподібної залози. Він позитивно впливає на роботу нирок і печінки, нормалізує діяльність шлунково-кишкового тракту. Діабетики цінують буряк за високий вміст цинку, який збільшує тривалість дії інсуліну. Цей овоч також поліпшує пам'ять при атеросклерозі, використовується для лікування неврозів, безсоння, анемії та гіпертонії, виводить з організму токсини і важкі метали. На відміну від інших овочів, він і у вареному вигляді значною мірою зберігає свої корисні властивості завдяки стійкості флавоноїдів, які мають протиракову дію [12].

Також серед овочевих рослин, які входять у раціон харчування людини, перець солодкий займає одне з головних місць, оскільки його плоди мають високі смакові, дієтичні та поживні властивості [8]. За вітаміном В перець солодкий займає серед овочів перше місце. В ньому вітаміну В1 міститься 60

мг на 100 г сирої речовини, В2 – відповідно 30 мг і В9 – 17мг. Для задоволення добової потреби дорослої людини у вітаміні В1 достатньо споживати до їжі 40 г солодкого перцю [7].

За кількістю провітаміну А (каротин) перець порівнюється з морквою та цибулею, його міститься 3,5...12 мг на 100 г сирої речовини. По мірі досягнення плодами біологічної стадії стиглості його вміст зростає більш ніж у 10 разів у порівнянні з технічною стадією стиглості. Плоди перцю солодкого містять також вітамін РР (нікотинову кислоту): 0,6 мг на 100 г – у нестиглих та 0,85 мг на 100 г – у стиглих плодах [13; 14]. Особливою цінністю плоди перцю солодкого завдячують високому вмісту в них вітаміну С. За кількістю вітаміну С вони дорівнюють смородини, поступаючись лише шипшині, й в 6 разів переважають цитрусові [15].

## **1.2 Характеристика процесу сушіння та його технічне забезпечення**

Традиційні способи переробки рослинної сировини характеризуються або високими енерговитратами та низькою продуктивністю, або великою кількістю відходів та низькою якістю отриманого продукту. Високий вміст вологи в рослинній сировині є причиною їх нестійкості при зберіганні, внаслідок бактеріального, ферментативного та хімічного псування.

Сушіння є найбільш раціональним способом консервування, оскільки в сушених продуктах сповільнюються мікробіологічні процеси, а склад поживних та біологічно цінних речовин залишається близьким до природного.

Сушіння – це видалення рідини (найчастіше вологи-води, рідше інших рідин, наприклад летючих органічних розчинників) з речовин і матеріалів тепловими способами. Здійснюється шляхом випаровування рідини і відведення утворених парів при підводі до матеріалу, який піддається сушінню, теплоти, найчастіше з допомогою так званих сушильних агентів (нагріте повітря, топкові гази та їх суміші з повітрям, інертні гази, перегрітий

пар). Сушінню піддають вологі тіла: тверді-колоїдні, зернисті, порошкоподібні, кускові, гранульовані, листові, тканні та ін.; пастоподібні; рідкі суспензії, емульсії, розчини.

Однак слід зазначити, що цей процес є одним з найбільш енергоємних у харчових виробництвах [79; 80]. Так, за час сушіння питомі витрати теплоти становлять 3...6 МДж. Лише 40...50% теплоти, що генерується, є корисно використовуваною, оскільки значна її кількість видаляється з відпрацьованим теплоносієм, а також через поверхні конструкційних елементів апарата. З огляду на це та внаслідок тенденції до підвищення вартості енергоносіїв, не менш актуальними є завдання, пов'язані з розробкою заходів із підвищення енергоефективності виробництва, поліпшення експлуатаційних характеристик використовуваного обладнання [16–18].

Також актуальним є питання інтенсифікації технології сушіння, яке пов'язане з виключенням основних недоліків цього процесу, а саме: пересушування та перегрів поверхневих зон продукту, утворення скоринки, втрата ряду біологічно активних речовин, що досить негативно позначиться на якості готового продукту.

Відомі різні способи сушіння: природне (сонячно-повітряне) та штучні – конвективне, контактне, розпилювальне, терморадіаційне (інфрачервоне), струмами високої частоти у НВЧ-полі, сублімаційне, сушіння зі змішаним теплопідведенням (ЗТП-сушіння), у зваженому шарі та ін. [19–23]. На виробничих підприємствах використовують штучні способи сушіння за допомогою сушарок. Всі вони відрізняються конструктивними параметрами обладнання для їх проведення, способами вологовидалення та мають свої переваги та недоліки.

Природне або сонячно-повітряне сушіння є одним із найдавніших способів сушіння. В основному воно поширене у районах з жарким та сухим літом. Перевага сонячно-повітряного сушіння полягає в тому, що для нього не потрібно споруджувати великих капітальних приміщень і витрат на паливо, плоди та ягоди краще зберігають натуральний аромат, не мають

карамельних тонів у смаку і запаху, менше зазнають дії цукрових реакцій [21]. Недоліком такого сушіння є довготривалість процесу та залежність від природно-географічних умов.

Найбільш поширеним є конвективний спосіб сушіння [22], де в якості сушарного агента виступає атмосферне повітря або топкові газу. Існують наступні конструктивні типи сушарок: конвеєрні, тунельні, шахтні, сушильні шафи. За принципом дії їх підрозділяють на сушарки безперервної чи періодичної дії. Недоліком цих сушарок є громіздка конструкція та невисока якість отриманої продукції за рахунок довготривалості процесу, що призводить до пересихання та часткового розтріскування поверхневих шарів продукту і втрати біологічно активних речовин вихідної сировини. Переваги цього способу – сушіння значних обсягів сировини.

При контактному (або кондуктивному) методі передача теплоти відбувається під час зіткнення продукту з нагрітою поверхнею, унаслідок чого утворюється водяна пара, яка видаляється в навколишнє середовище [24; 25; 26]. Даний спосіб реалізується на виробництві з використанням одного та двовальцьових сушарок. Особливістю застосування є висока швидкість видалення вологи, простота конструкції та можливість висушування різноманітних продуктів. Однак цей спосіб сушіння характеризується наступними негативними явищами, які зумовлюють отримання сушених напівфабрикатів невисокої якості: високі температурні режими процесу та нерівномірність прогрівання матеріалу, що висушується, внаслідок чого відзначається порушення структури продукту.

Розпилювальне сушіння [27] передбачає розпилення рідини, що приводить до значного збільшення кількості дрібнодисперсних частинок, які висушуються в потоці гарячого повітря (120...180°C). Розпилювальні сушарки застосовують для сушіння соків, екстрактів тощо. Розпилювальна сушарка проводить швидке сушіння з можливим використанням для термолабільних продуктів, її можна застосовувати для одержання порошку без подрібнення. Недоліком розпилювальної сушарки є її складність у будові

за рахунок пилоуловлювачів, а також значна витрата електроенергії на її роботу.

На сьогодні широкого використання набуває спосіб терморадіаційної обробки природної сировини з використанням інфрачервоної енергії різних діапазонних хвиль. Використання ІЧ-випромінювання як одного зі способів переробки природної сировини забезпечує використання 98% підведеної теплової енергії безпосередньо до природної складової сировини, забезпечуючи високий коефіцієнт корисної дії (ККД) технологічного процесу та простоту устаткування, на відміну від інших відомих способів сушіння [28–31].

Сушіння термовипромінюванням здійснюється в полі ІЧ-випромінювання і дозволяє, порівняно з конвективним сушінням, значно інтенсифікувати процес унаслідок збільшення густини теплового потоку на поверхні продукту і проникнення променів углиб висушуваної сировини [31–34]. Найчастіше сушіння термовипромінюванням комбінують з іншими способами для інтенсифікації процесу.

У сучасних ІЧ-сушарках як ІЧ-випромінювачі використовують ТЕНи, трубчасті кварцові лампи, керамічні електронагрівачі, гнучкі плівкові резистивні електронагрівачі випромінюючого типу (ГПРЕНВТ) [30].

Існуючі ІЧ-сушарки характеризуються тривалістю термічної обробки, нерівномірністю розподілу теплових потоків на приймальних поверхнях (сітчастих піддонах з плодюгідною сировиною), відсутністю енергозберігаючих властивостей, що призводить до підвищення енерговитрат, зниження якості сировини та підвищення ціни на отримувані напівфабрикати.

Зважаючи на складне становище в Україні, головною метою харчових виробництв є збереження енергоресурсів під час проведення технологічних процесів сушіння на існуючому обладнанні за рахунок його модернізації або створення принципово нового устаткування.

Беручи до уваги недоліки існуючого обладнання, можна зробити

висновки, що більшість сушарних апаратів мають значну енерго- та металоємність. Лише деякі окремі групи цього обладнання є енергозберігаючими.

Існуючі конструкції сушарок здебільшого витрачають енергію на перетворення електричної енергії в теплову під час використання ІЧ-випромінювачів, а також на нагрівання внутрішньо-камерного об'єму повітря за рахунок кондуктивних методів безпосередньо від поверхонь металевих сітчастих піддонів. При цьому більшість апаратів не використовують вторинний теплоносій (гаряче повітря) та здебільшого спрямовують його у довкілля.

До основних недоліків існуючого устаткування (табл. 1.1) належить:

- неможливість забезпечення рівномірності розподілу теплових потоків від ІЧ-випромінювачів за рахунок складності виготовлення рефлекторних блоків з раціональною формою;

- збільшення металоємності апаратів за рахунок використання рефлекторних блоків;

- неврахування спектрально-оптичної складової об'єктів – «плодоягідна сировина – ІЧ-випромінювач»;

- відсутність енергозбереження та використання вібрації і вторинного теплоносія для інтенсифікації процесу ІЧ-сушіння.

Зазначені недоліки існуючого устаткування належать лише до конструктивно-апаратурних не доопрацювань, що впливають на отримувану якість сушіння плодово-ягідних напівфабрикатів. Тому є актуальним розробка сучасних автоматизованих раціональних ІЧ-сушарок безперервної та періодичної дії з енергозберігаючими комплексами.

У сучасних ІЧ-сушарках в якості ІЧ-випромінювачів використовують ТЕНи, кварцові лампи та інші електричні джерела випромінювання. Але під час використання даних випромінювачів виникає потреба у використанні рефлекторних блоків з різними геометричними формами, по-перше, для фокусування теплових потоків на приймальних поверхнях, а, по-друге, в

якості захисних екранів, оскільки відомі різновиди випромінювачів характеризуються високими температурами робочих поверхонь (табл. 1.5). Використання рефлекторних блоків в тепловому устаткуванні забезпечує підвищення спектрально-оптичної та конструктивної ефективності апарату, але при цьому призводить до вимушеного збільшення металоємності конструкції, а отже її вартості.

При виборі рефлекторних блоків необхідно враховувати конструктивні параметри апарату, умови роботи його теплотехнічної системи та довжину хвилі ІЧ-випромінювача ( $\lambda$ ), оскільки саме ці параметри впливають на віддзеркалювальну здатність рефлекторних поверхонь та його енергоефективність.

Під час використання в ІЧ-сушарках високотемпературних ІЧ-випромінювачів призводить до нагрівання рефлекторних блоків до значних температур. Під час здійснення технологічних процесів сушіння. Тому для виготовлення рефлектору використовують: мідь, нержавіючу сталь та алюміній з подальшою механічною обробкою поліруванням для отримання необхідного коефіцієнта віддзеркалення .

Найпоширенішими геометричними формами рефлекторів для ІЧ-сушарок є: циліндрична, синусоїдальна, параболічна та інші. На сьогоднішній день існує значна кількість досліджень з визначення раціональних форм рефлекторних блоків в залежності від їх геометричної форми, просторового розміщення та типу використовуваного ІЧ-випромінювача, що наведено в роботах науковців, таких як Гінзбург А. С., Лебедев П. Д., Блох А. Г., Тормосов Ю. М., Плевако В. П., Костенко С. М., Саєнко С. Ю., Завалій О. О. та інших, але загальних методів з вирішення даної задачі з досягнення рівномірності розподілу теплового поля від ІЧ-випромінювача та рефлекторних блоків на приймачі ще не знайдено. Розв'язання даної задачі залежить від конструктивних, спектрально-оптичних, енергетичних, просторових умов, необхідних для виконання технологічних вимог процесу для забезпечення рівномірності розподілу теплових потоків на приймальні поверхні.



Рефлектори забезпечують штучне збільшення металоємності та зменшення корисної площі апарату, тому необхідно удосконалювати сушарне устаткування шляхом використання їх раціональних геометричних форм в залежності від просторового розміщення та намагання створення безрефлекторного устаткування з рівномірним розподілом теплових потоків. Аналіз ІЧ-випромінювачів обумовлює необхідність досліджень використання ГПРЕнВТ для створення сучасних низькотемпературних, безрефлекторних ІЧ-сушарок.

ГПРЕнВТ конструктивно являє собою ніхромові прямокутні смуги з певним кроком між ними, призначеним для нейтралізації появи можливого, але не підтвердженого електромагнітного поля від випромінюючих (гріючих) смуг, з'єднаних з мідною шиною за допомогою захисного срібного напилення, що перешкоджає нагріванню безпосередньо мідної шини, а отже забезпечує її довговічність. Випромінювач здатен забезпечувати максимальне повторення будь-якої конструктивної форми робочої камери ІЧ-сушарки з максимальним кутом згинання ГПРЕнВТ  $\approx 10^\circ$ . ГПРЕнВТ являє собою ізотермічну поверхню, що дозволяє використовувати його для створення безрефлекторних ІЧ-сушарок.

Аналіз апаратів для виробництва РК зумовлює необхідність удосконалення вакуум-випарних апаратів з метою інтенсифікації тепло-масообмінного процесу, а також обумовлює необхідність досліджень використання ГПРЕнВТ для створення сучасних низькотемпературних, безрефлекторних ІЧ-сушарок рослинної сировини.

Таким чином, наведений вище аналіз свідчить про досить широке різномаяття способів сушіння, вибір яких залежить як від властивостей сировини, так і від кінцевого продукту. Тому велике значення має розробка та впровадження ефективного обладнання, використання якого забезпечить виробництво високоякісних порошкоподібних напівфабрикатів за рахунок використання щадних температурних режимів і скорочення тривалості технологічного процесу.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА АСОРТИМЕНТУ М'ЯСНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ З ДОДАВАННЯМ В РЕЦЕПТУРУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЇХ АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ

#### 2.1. Розробка технологічних процесів виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання

В основу технологічних розробок процесів виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН покладено завдання зменшити під частеплової обробки втрати маси, поліпшити якісні та органолептичні показники продукції, зменшити енерговитрати та забезпечити збалансованості впливу теплових потоків поверхневого, інфрачервоного нагрівання та ЕКН.

Поставлене завдання з розробки нових способів реалізується додаванням до складу фаршу рослинної сировини та комбінованою тепловою обробкою сформованих напівфабрикатів збалансованим впливом теплових потоків від поверхневого, інфрачервоного нагрівання та ЕКН, або суто ЕКН для отримання продукції з властивостями вареної на пару.

Параметри технологічних процесів визначали за умов моделювання ЕКН та режиму комбінованої обробки ЕКН з поверхневим нагріванням. Орієнтовне значення напруги ЕКН та тривалість процесів визначали за конкретних вихідних параметрів для окремого напівфабрикату (геометричних розмірів; маси; питомої електропровідності; теплової енергії, що витрачається на нагрівання внутрішніх та зовнішніх шарів; температур: початкової, скоринки та центру наприкінці процесу).

Для визначення тривалості нагрівання  $\tau$  використовували рівняння

$$\tau = \frac{Q_{нов.} \cdot \left( \frac{\delta_{ск.}}{\lambda_{ск.}} + \frac{\delta_{в.ш.}}{\lambda_{в.ш.}} \right)}{\Delta t_{сер.} \cdot F}, \text{ с,} \quad (3.1)$$

де  $Q_{нов.}$  – кількість енергії, що витрачається на поверхневе нагрівання з одного боку напівфабрикату, Дж;

$\delta_{ск.}$ ,  $\delta_{в.ш.}$  – відповідно, товщина поверхневого шару (скоринки) та 50 % від загальної товщини внутрішніх шарів, м;

$\lambda_{ск.}$ ,  $\lambda_{в.ш.}$  – відповідно, середнє значення коефіцієнту теплопровідності поверхневого шару (скоринки) та внутрішнього шару, Вт/(м·К);

$\Delta t_{сер.}$  – середня різниця температур, °С;

$F$  – площа контакту напівфабрикату з поверхнею нагрівання, м<sup>2</sup>.

Значення напруги  $U$  для ЕКН визначали з виразу

$$U = \sqrt{\frac{Q_{ЕКН}}{\sigma_{с.пум.} \cdot l \cdot \tau}}, \text{ В,} \quad (3.2)$$

де  $Q_{ЕКН}$  – кількість енергії, що витрачається на нагрівання внутрішнього шару від ЕКН, Дж;

$\sigma_{с.пум.}$  – середня питома електропровідність, (Ом·м)<sup>-1</sup>;

$l = \frac{S_{ел.}}{h}$  – лінійний розмір, м;

$S_{ел.}$  – площа контакту електроду з напівфабрикатом, м<sup>2</sup>;

$h$  – міжелектродна відстань, м.

Експериментальне відпрацювання режимів здійснювали за отриманого в розрахунку часу процесу у кратності не менше 10 проробок. При цьому перевіряли температуру центральних шарів напівфабрикату, що має

відповідати кулінарній готовності. У разі невідповідності температури, час нагрівання в наступних проробках змінювали. Після обробки також оцінювали органолептичні показники продукції.

*2.1.1. Комбінований спосіб запікання котлет січених* відноситься до способів запікання харчових продуктів з комбінацією поверхневого, інфрачервоного нагрівів та ЕКН, може використовуватися на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості.

Розглянемо звичайний спосіб запікання котлет січених. Він полягає в тепловій обробці сформованих напівфабрикатів у вигляді панірованих або непанірованих котлет до досягнення стану кулінарної готовності. Процес запікання здійснюють у жарильній шафі за температури 250...280 °С до утворення скоринки на поверхні та температури всередині виробу 90 °С. Тривалість процесу складає близько 15...20 хв.

Недоліком цього способу, як і взагалі процесу запікання є значна тривалість, втрата маси вихідного продукту за рахунок інтенсивного випаровування вологи та високі питомі витрати теплоти.

Реалізація процесу запікання можлива за умов комбінованої теплової обробки способом згідно [35, 36], що не має перелічених вище недоліків. Однак, за рахунок нагрівання поверхневим, інфрачервоним методами та методом ЕКН, які за цим способом у сукупності реалізують комбіновану теплову обробку, можливе надмірне нагрівання, або навпаки, недостатня теплова обробка для доведення продукту до стану кулінарної готовності, тобто незбалансованість теплових потоків.

Напівфабрикати котлет січених готують згідно рецептури 663 [37] з фаршу, до якого входять основні компоненти (м'ясо, хліб, вода). Комбінований спосіб запікання котлет січених, що пропонується передбачає наступне відсоткове співвідношення компонентів фаршу:

- яловичина (котлетне м'ясо) – 58 %;
- хліб пшеничний – 15 %;

- вода підсолена – 20 %;
- відварена овочева сировина на вибір (баклажани, солодкий перець, морква, буряк) – 7 %.

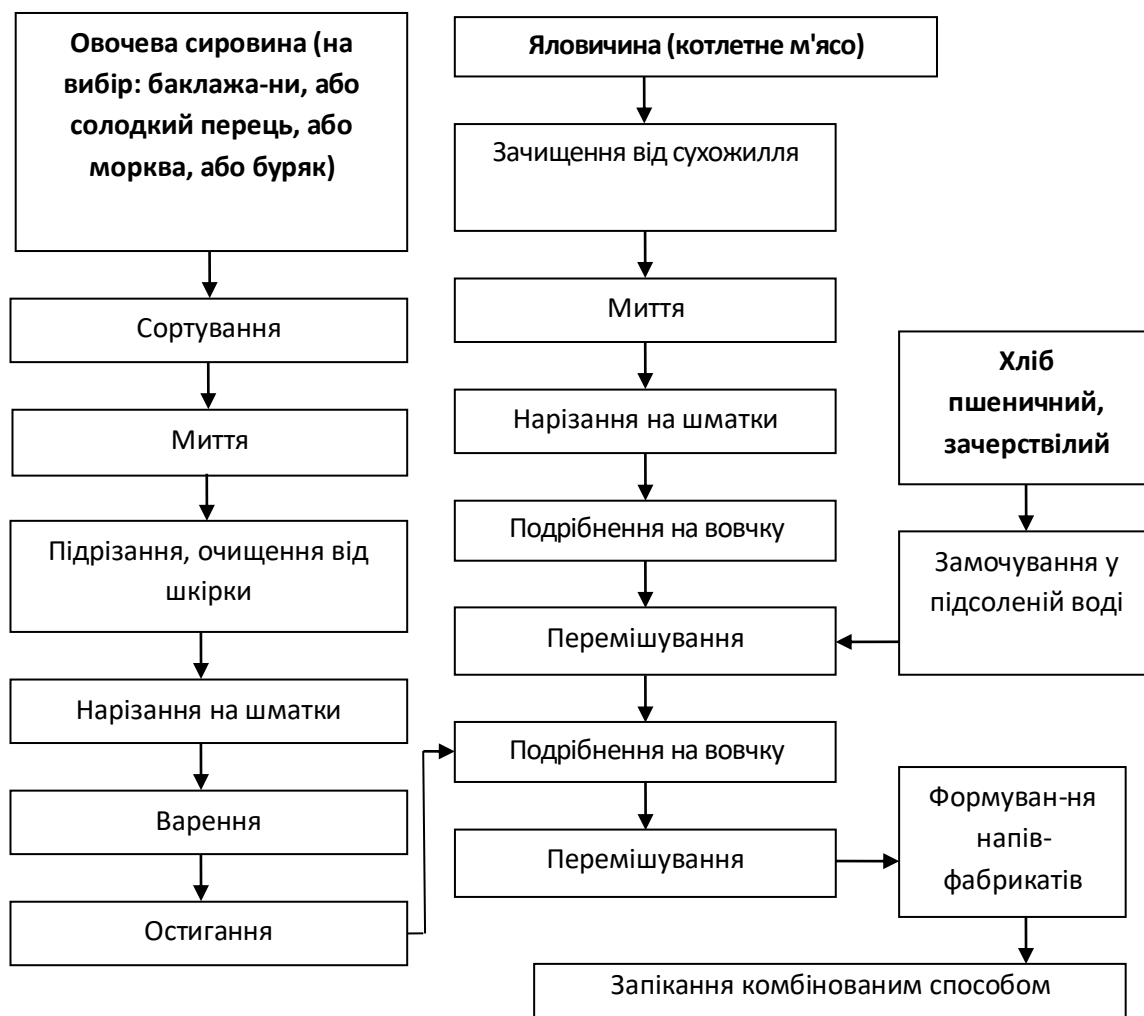
Теплову обробку напівфабрикатів загальною масою 1 кг здійснюють протягом 10 хв за умов поєднання поверхневого нагрівання потужністю 1,2 кВт, інфрачервоного нагрівання з густиною теплового потоку 11 кВт/м<sup>2</sup>, ЕКН змінним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц за наступних значень напруги (В [вольт]) у залежності від виду овочевої сировини:

- для котлет січених з баклажаном – 36 В;
- для котлет січених з солодким перцем – 38 В;
- для котлет січених з морквою – 32 В;
- для котлет січених з буряком – 34 В.

Таким чином, відміна даного способу від звичайного полягає у тому, що з метою запікання котлет січених з додаванням рослинної сировини до складу фаршу додають на вибір відварені баклажани, солодкий перець, моркву або буряк; з метою забезпечення збалансованого впливу теплових потоків, поєднуються зазначені вище методи нагрівання за визначених параметрів, при цьому напруга ЕКН встановлюється залежно від обраної овочевої сировини.

Технологічний процес (рис. 2.1) складається з наступних етапів: складання рецептури, підготовка сировини, приготування фаршу, формування напівфабрикатів, запікання комбінованим способом.

Котлетне м'ясо яловичини зачищають від сухожилля, миють, нарізають на шматки та подрібнюють на вовчку. Хліб пшеничний попередньо замочують у підсоленій воді. Січене м'ясо перемішують з хлібом. Овочеву сировину сортують, миють, підрізають торці, очищують від шкірки, нарізають на шматки та варять до напівготовності.



**Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва котлет січених з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання**

До змішаного січеного м'яса з хлібом додають спеції за смаком, остиглу овочеву сировину та ще раз подрібнюють на вовчку, й знову перемішують. З отриманого фаршу готують напівфабрикати та запікають комбінованим способом. Для цього електродні секції розміщують перпендикулярно до робочої поверхні деки. Перед початком запікання жарильну поверхню розігрівають та встановлюють потужність її нагрівання на 1,2 кВт. Після цього між електродними секціями розміщують напівфабрикати. До електродів подають електричний струм прямокутної

форми частотою 50 Гц з заданою відповідно до виду рослинної сировини напругою, що передається до напівфабрикатів та здійснює рівномірне нагрівання внутрішніх шарів за всім об'ємом. Одночасно вмикають інфрачервоні нагрівачі, попередньо встановивши потужність теплового потоку на рівні 11 кВт/м<sup>2</sup>. За рахунок теплоти від нагрівальної поверхні та ІЧ променів здійснюється тепловий вплив на зовнішні шари напівфабрикатів та відповідне формування скоринки. Тривалість теплової обробки складає 10 хв. За скінченням цього часу процеси нагрівання припиняють.

*2.1.2. Комбінований спосіб запікання зраз січених* відноситься до способів запікання харчових продуктів з комбінацією поверхневого, інфрачервоного нагрівів та ЕКН, може використовуватися на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості.

Розглянемо звичайний спосіб приготування зраз січених. Він полягає в формуванні котлетної маси у вигляді пласта товщиною 1 см, на середину якого кладуть начинку. Краї пласту поєднують, утворюючи овально-приплюснуту форму з наступною паніровкою. Теплова обробка сформованих таким чином напівфабрикатів здійснюється шляхом запікання за температури 180 °С протягом 20...25 хв. до утворення скоринки на поверхні.

Заумов нового комбінованого способу запікання зраз січених напівфабрикати готують згідно рецептури 664 [37]. До складу котлетної маси напівфабрикатів входять такі основні компоненти, як котлетне м'ясо – яловичина (66 %), хліб пшеничний (14 %) та вода підсолена (20 %). Фарш начинки готують з таких основних компонентів: подрібнена пасерована цибуля (15 % від складу начинки), зелень (5 % від складу начинки) та січені варені яйця (30 %). У якості решти фаршу начинки (50 % від складу начинки) пропонується овочева сировини на вибір: пюре картоплі, відварена терта морква або тушкована капуста.

Теплову обробку напівфабрикатів загальною масою 1 кг здійснюють протягом 15 хв за умов поєднання поверхневого нагрівання потужністю

1,2 кВт, інфрачервоного нагрівання з густиною теплового потоку 11 кВт/м<sup>2</sup>, ЕКН змінним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц за наступних значень напруги у залежності від виду овочевої сировини:

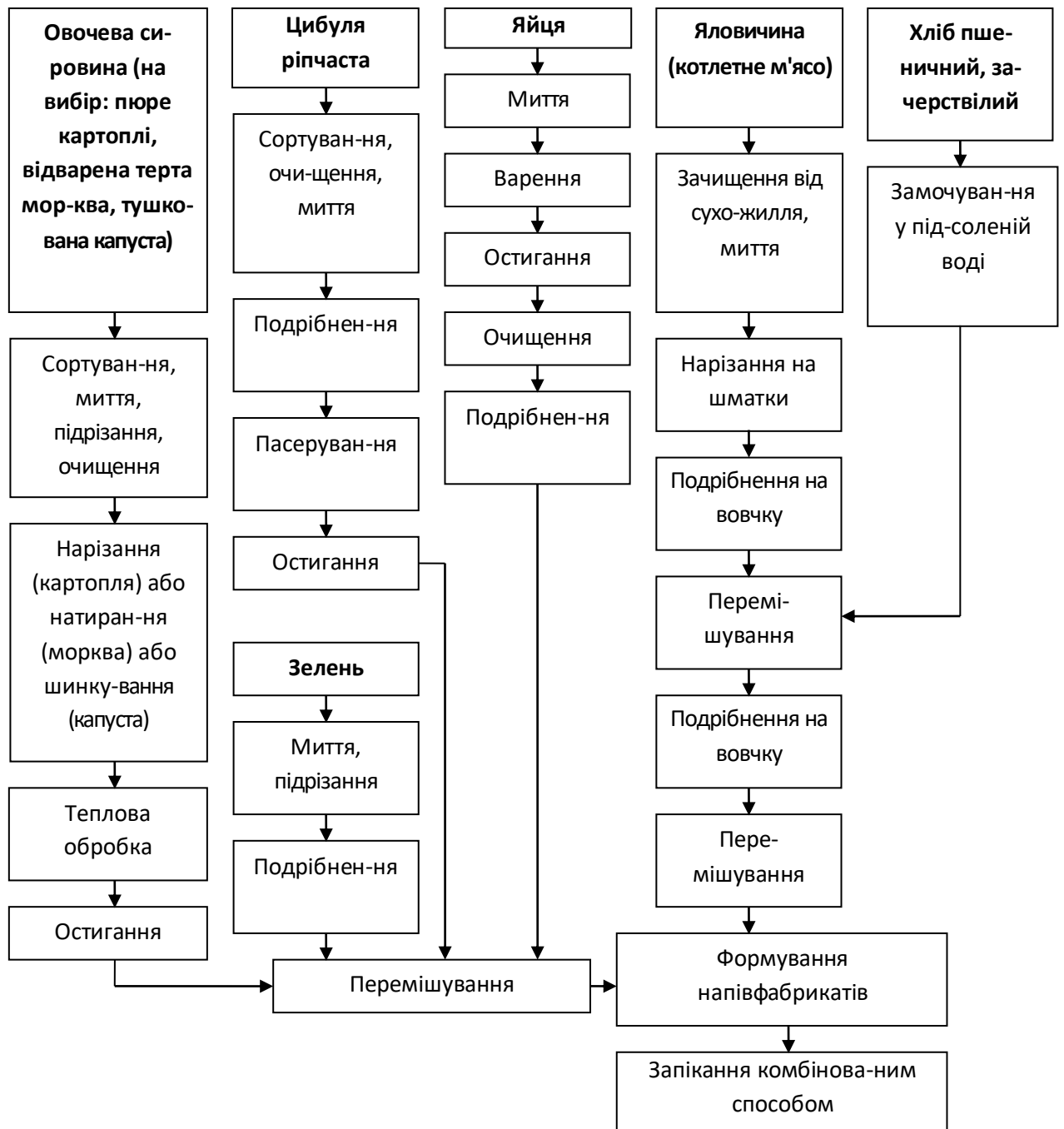
- для зраз січених з пюре картоплі – 32 В;
- для зраз січених з відвареною тертою морквою – 28 В;
- для зраз січених з тушкованою капустою – 30 В.

Таким чином, відміна даного способу від звичайного полягає у тому, що з метою запікання зраз січених з додаванням рослинної сировини до складу фаршу начинки додають на вибір пюре картоплі, відварену терту моркву або тушковану капусту; з метою забезпечення збалансованого впливу теплових потоків, поєднуються зазначені вище методи нагрівання за визначених параметрів, при цьому напруга ЕКН встановлюється залежно від обраної овочевої сировини.

Технологічний процес (рис. 2.2) складається з наступних етапів: складання рецептури, підготовка сировини, приготування котлетної маси, приготування фаршу начинки, формування напівфабрикатів, запікання комбінованим способом. Приготування котлетної маси та підготовка з тепловою обробкою овочевої сировини здійснюється таким же чином, що й для котлет січених. При цьому у випадку картоплі здійснюють її нарізання на шматки, моркви – натирання на терці, капусти – шинкування. Цибулю ріпчасту сортують, очищують, миють та подрібнюють, потім пасерують. Яйця миють та варять в круту. Після остигання яйця очищують та подрібнюють. Коли всі компоненти начинки остигнуть, здійснюють їх перемішування з додаванням попередньо підготовленої зелені.

Далі готують пласти напівфабрикатів, на які вкладають начинку та утворивши правильну форму запікають комбінованим способом. Підготовка та здійснення способу запікання також аналогічні до приготування котлет січених. Тривалість теплової обробки складає 15 хв. За скінченням цього часу процеси нагрівання припиняють.





**Рисунок 2.2 – Технологічна схема виробництва зраз січених з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання**

2.1.3. *Спосіб приготування зраз яловичих фаршированих рисом.* Цій спосіб відноситься до способів приготування харчових продуктів (вироби

аналогічні виробам, приготовленим на пару) з ЕКН, може використовуватися на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості.

Звичайний спосіб приготування зраз яловичих фаршированих рисом передбачає розміщення напівфабрикатів на решітці парової коробки та варення на пару при закритій кришці 15...20 хв.

Запропонований спосіб є аналогічним до розглянутого вище способу приготування зраз з таким же відсотковим складом котлетної маси. Напівфабрикати зраз готують згідно рецептури 665 [37].

Фарш начинки готують з основного компоненту – припущеного рису, заправленого жиром (80 % від складу начинки). У якості решти фаршу начинки (20 % від складу начинки) пропонується додавання овочевої сировини на вибір: відварена терта морква або тушкована капуста.

Теплову обробку напівфабрикатів (1 кг) здійснюють протягом 10 хв заумов ЕКН змінним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц за наступних значень напруги у залежності від виду овочевої сировини:

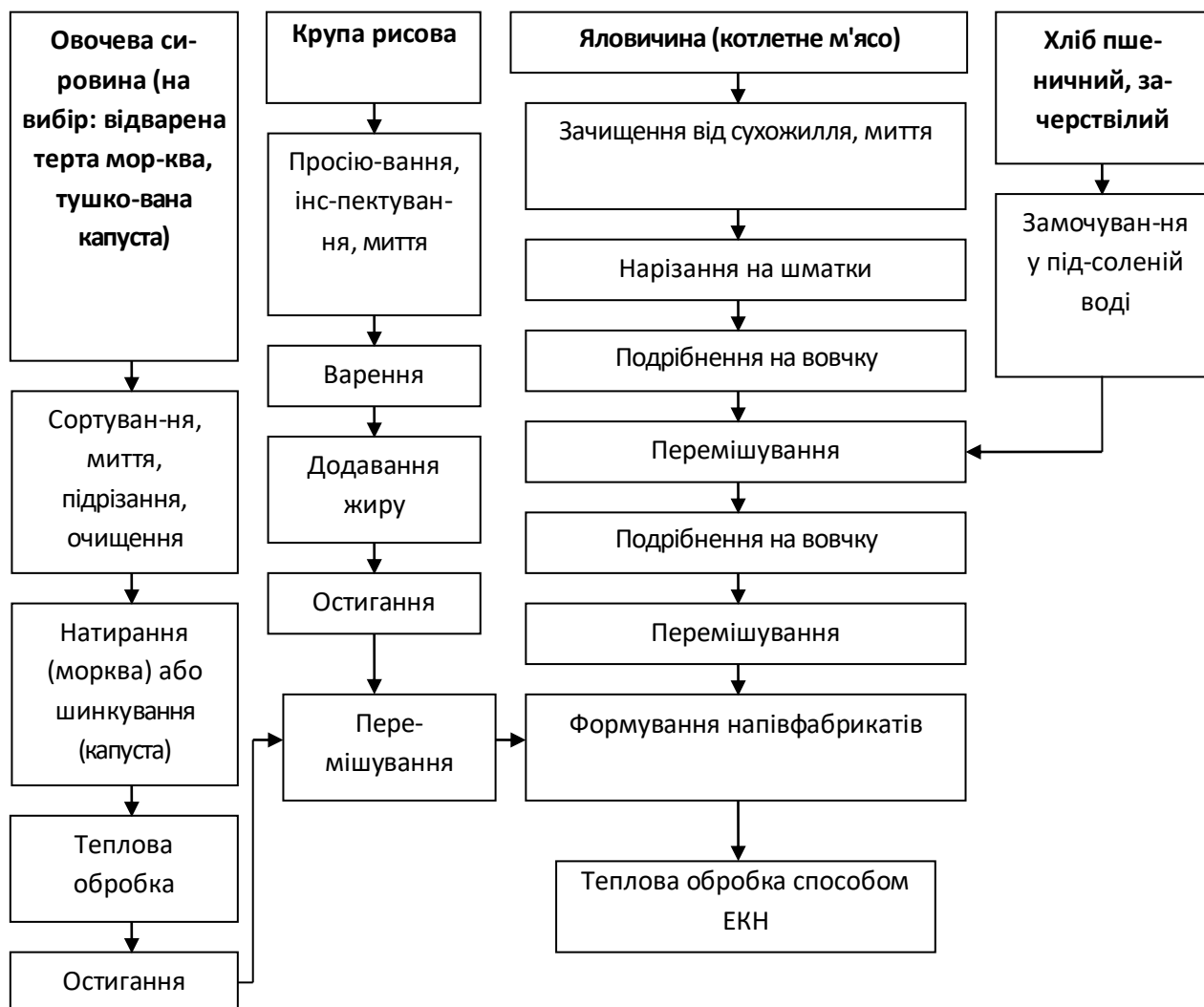
- для зраз з відвареною тертою морквою – 38 В;
- для зраз з тушованою капустою – 42 В.

Таким чином, відміна даного способу від звичайного полягає у тому, що з метою приготування зраз яловичих фаршированих рисом з додаванням рослинної сировини, до складу фаршу начинки додають на вибір відварену терту моркву або тушковану капусту; з метою теплової обробки використовується ЕКН зі значенням напруги залежно від обраної овочевої сировини.

Технологічний процес (рис. 2.3) складається з етапів складання рецептури, підготовки сировини, приготування котлетної маси, приготування фаршу начинки, формування напівфабрикатів, теплової обробки способом ЕКН.

Приготування котлетної маси, підготовка з тепловою обробкою овочевої сировини здійснюється таким же чином, що й для зраз січених. Крупу рисову попередньо просіюють, інспектують та миють. Далі варять з

додаванням жиру. Остигли компоненти (овочеву сировину та рисову кашу) змішують. На пласти напівфабрикатів вкладають начинку та утворюють форму зраз. Теплову обробку здійснюють способом ЕКН тривалістю 10 хв. За скінченням цього часу процеси нагрівання припиняють.



**Рисунок 2.3 – Технологічна схема виробництва зраз яловичих фаршированих рисом з додаванням рослинної сировини**

*2.1.4. Комбінований спосіб запікання рулету з макаронами* відноситься до способів запікання харчових продуктів з комбінацією поверхневого, інфрачервоного нагрівів та ЕКН, може використовуватися на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості.

Розглянемо звичайний спосіб запікання рулету з макаронами. Він полягає в наступному. На змочену водою полотняну серветку розкладають котлетну масу рівним шаром товщиною 1,5...2 см. На котлетну масу кладуть начинку (заправлені жиром відварені макарони). Потім краї серветки поєднують таким чином, щоб один край котлетної маси дещо находив на інший, та рулет зкочують на змазану жиром деку швом донизу. Поверхню рулету змащують яйцем, посипають сухарями, збризкують жиром, проколюють у декількох місцях та запікають 30...40 хв.

Заумов нового комбінованого способу запікання рулету з макаронами напівфабрикати готують згідно рецептури 666 [37]. До складу котлетної маси напівфабрикатів входять такі ж основні компоненти з таким же відсотковим співвідношенням, як і до розглянутих вище зраз січених.

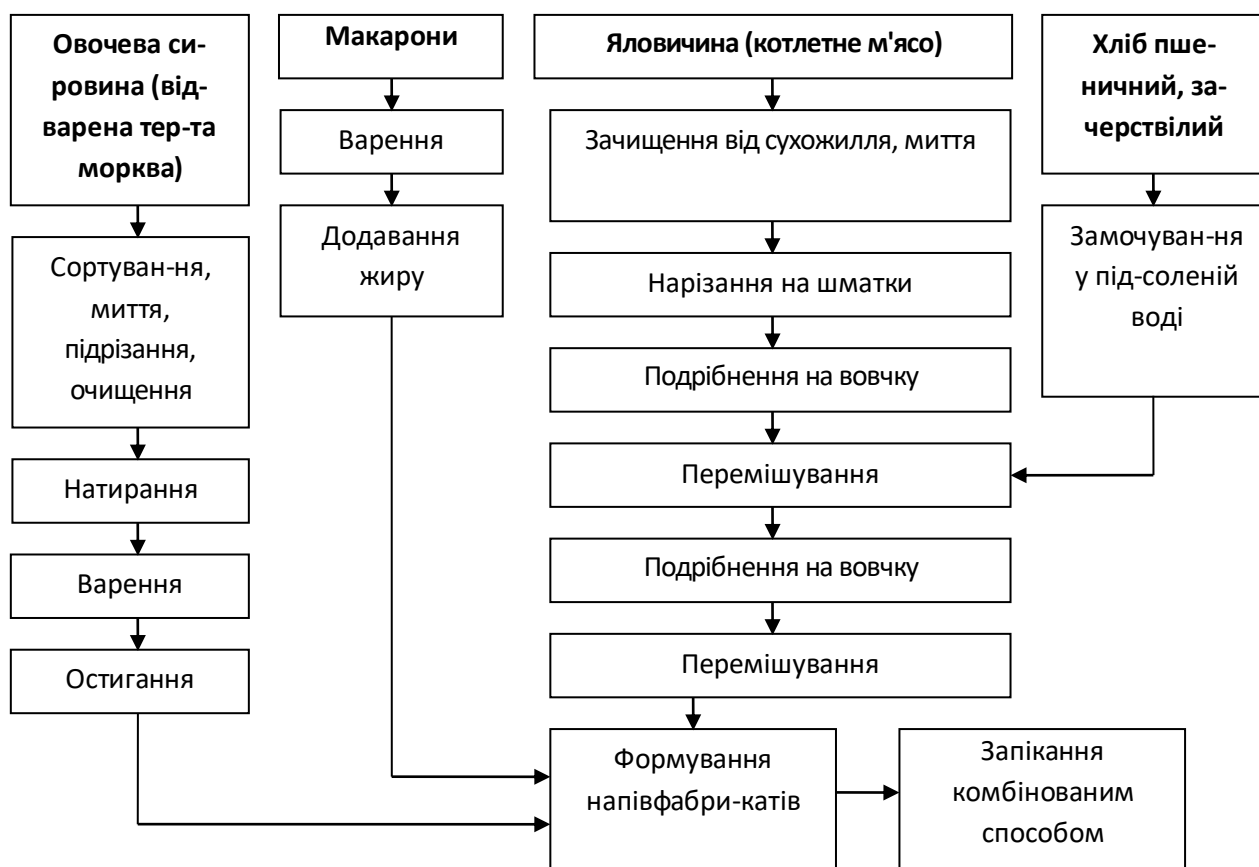
Фарш начинки готують з основного компоненту – заправлених жиром відварених макаронів (88 % від складу начинки). У якості решти фаршу начинки (12 % від складу начинки) пропонується додавання відвареної тертої моркви, що є овочевою сировиною.

Теплову обробку напівфабрикатів загальною масою 1 кг здійснюють протягом 20 хв за умов поєднання поверхневого нагрівання потужністю 1,2 кВт, інфрачервоного нагрівання з густиною теплового потоку 11 кВт/м<sup>2</sup>, ЕКН змінним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц за напруги електричного струму 26 В.

Таким чином, відміна даного способу від звичайного полягає у тому, що з метою запікання рулету з макаронами із додаванням рослинної сировини до складу фаршу начинки додають відварену терту моркву; з метою забезпечення збалансованого впливу теплових потоків, поєднуються

зазначені вище методи нагрівання за визначених параметрів, при цьому напруга ЕКН складає 26 В.

Технологічний процес (рис. 2.4) складається з наступних етапів: складання рецептури, підготовка сировини, приготування котлетної маси, приготування фаршу начинки, формування напівфабрикатів, запікання комбінованим способом.



**Рисунок 2.4 – Технологічна схема виробництва зраз січених з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання**

Приготування котлетної маси та підготовка з тепловою обробкою овочевої сировини здійснюється таким же чином, що й для котлет січених. Макарони варять та додають жир. Далі готують пласт напівфабрикату, на

який вкладають компоненти начинки та, утворивши рулети, запікають комбінованим способом. Тривалість теплової обробки складає 20 хв. За скінченням цього часу процеси нагрівання припиняють.

*2.1.5. Спосіб приготування биточків* відноситься до способів приготування харчових продуктів (вироби аналогічні виробам, приготовленим на пару) з ЕКН, може використовуватися на підприємствах ресторанного господарства та харчової промисловості.

Звичайний спосіб приготування биточків передбачає формування виробів відповідної форми з котлетної маси з додаванням жиру. Вироби варять на пару протягом 20...25 хв.

Напівфабрикати биточків готують згідно рецептури 671 [37] з фаршу, до якого входять основні компоненти (м'ясо, хліб, вода, маргарин столовий). Комбінований спосіб запікання биточків, що пропонується передбачає наступне відсоткове співвідношення компонентів фаршу:

- яловичина (котлетне м'ясо) – 53 %;
- хліб пшеничний – 14 %;
- вода підсолена – 20 %;
- маргарин столовий – 3 %;
- відварена овочева сировина на вибір (баклажани, солодкий перець, морква, буряк) – 10 %.

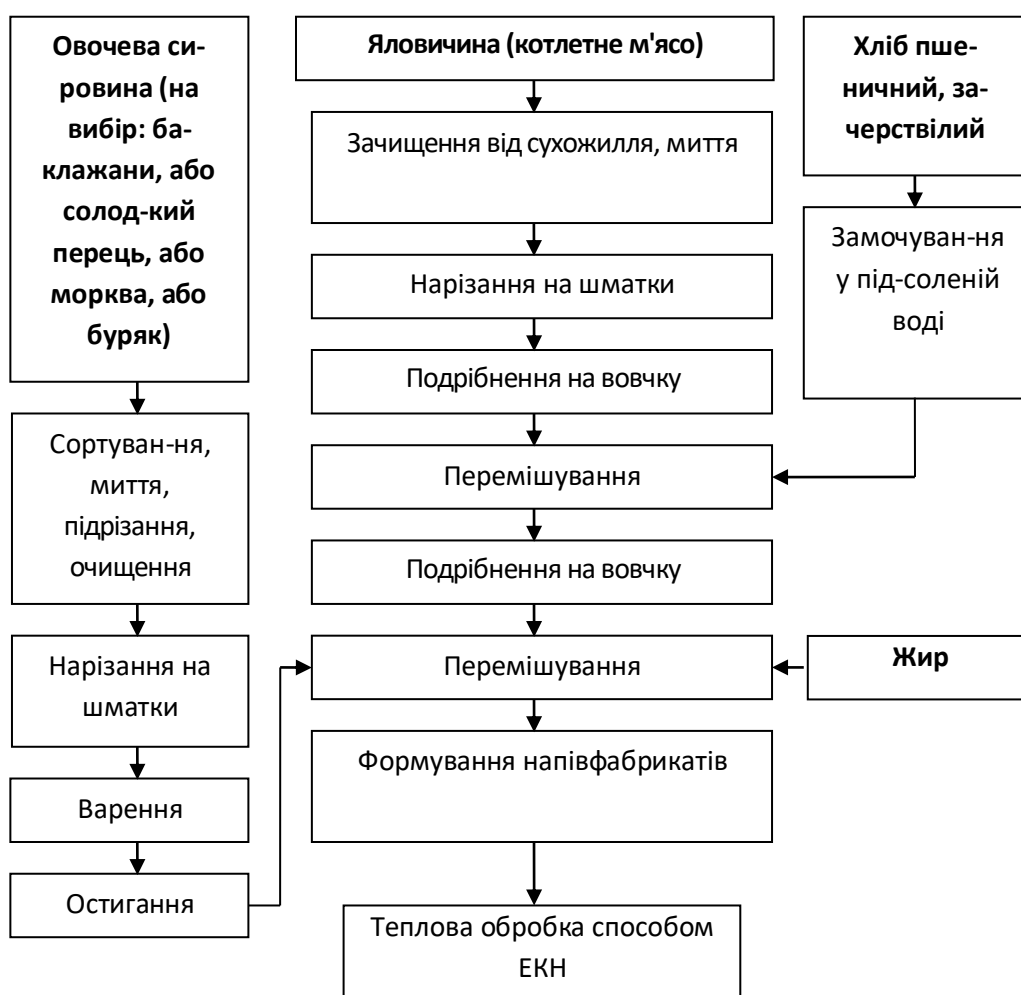
Теплову обробку напівфабрикатів (1 кг) здійснюють протягом 15 хв за умов ЕКН змінним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц за наступних значень напруги у залежності від виду овочевої сировини:

- для биточків з баклажаном – 38 В;
- для биточків з солодким перцем – 40 В;
- биточків з морквою – 34 В;
- для биточків з буряком – 36 В.

Таким чином, відміна даного способу від звичайного полягає у тому, що з метою приготування биточків з додаванням рослинної сировини, до

складу фаршу напівфабрикатів додають на вибір відварені баклажани, солодкий перець, моркву або буряк; з метою теплової обробки використовується ЕКН зі значенням напруги залежно від обраної овочевої сировини.

Технологічний процес (рис. 2.5) складається з наступних етапів: складання рецептури, підготовка сировини, приготування котлетної маси, приготування фаршу начинки, формування напівфабрикатів, тепла обробка способом ЕКН.



**Рисунок 2.5. Технологічна схема виробництва биточків з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання**

Приготування котлетної маси, підготовка з тепловою обробкою овочевої сировини здійснюється таким же чином, що й для котлет січених. Після другого подрібнення фаршу до нього додають жир та масу перемішують. Тепловою обробку здійснюють способом ЕКН тривалістю 15 хв. За скінченням цього часу процеси нагрівання припиняють.

Таким чином, не викликає сумніву значущість у харчуванні людини рослинної сировини, як багатой на вітаміни дієтичної продукції, що сприяє правильному обміну речовин.

До рослинної сировини, що може бути використана під час приготування м'ясних кулінарних виробів можна віднести велику групу овочів, що покращить їх смак та якість. Під час виробництва такої продукції доцільним є застосування електроконтактного нагрівання, що дозволить інтенсифікувати прогрівання внутрішніх шарів напівфабрикатів та забезпечити регульовану рівномірність температурного поля за об'ємом виробу. Зважаючи на це, було розроблено низку способів виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН, зокрема котлет січених; зраз січених; зраз яловичих, фаршировані рисом; рулету з макаронами та биточків.

## **2.2. Дослідження технологічних показників та показників якості**

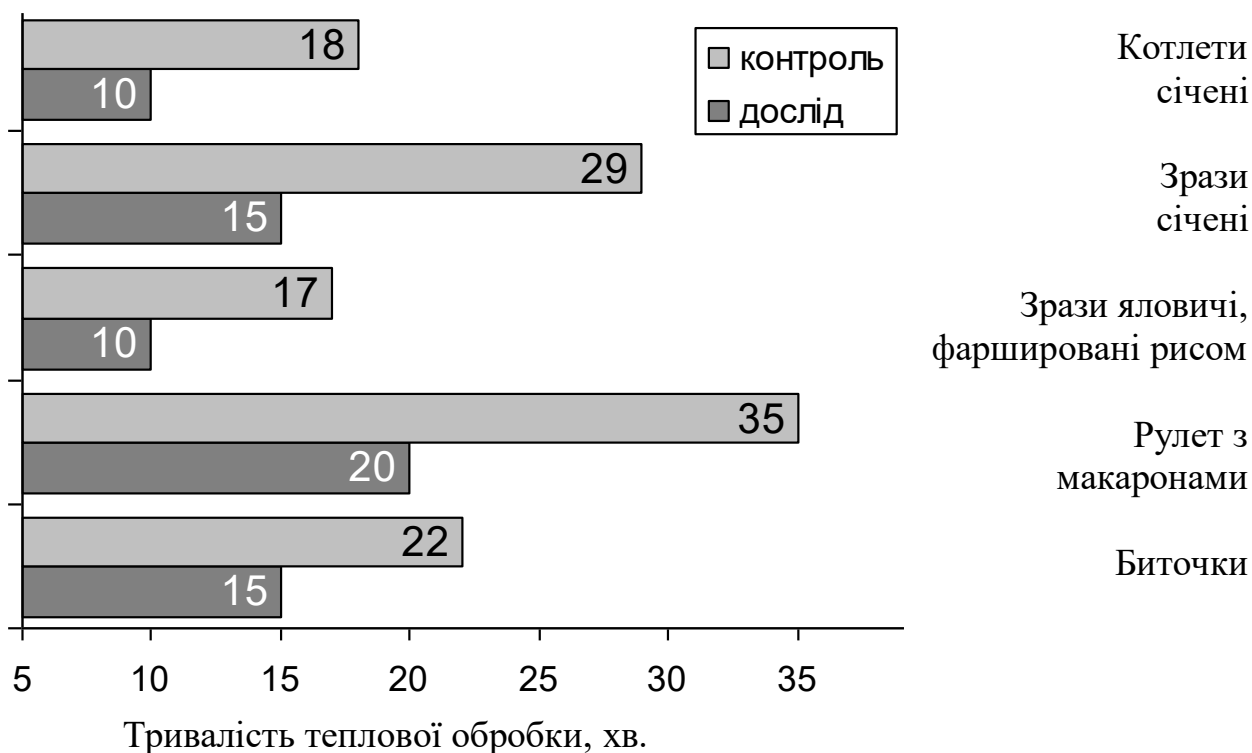
Технологічні показники виробництва за запропонованими способами були оцінені під час експериментальних досліджень за показниками виходу продукції, тривалості теплової обробки та питомої витрати теплоти. У якості контрольних зразків використовували продукцію, вироблену за традиційною технологією. У якості дослідних зразків використовували продукцію, вироблену за умов додавання рослинної сировини та із застосуванням ЕКН.

Під час теплової обробки дослідних зразків за всіма розробленими способами спостерігалось більш рівномірне прогрівання шарів виробів, ніж контрольних. Тривалість процесів при цьому, у порівняння з контрольними

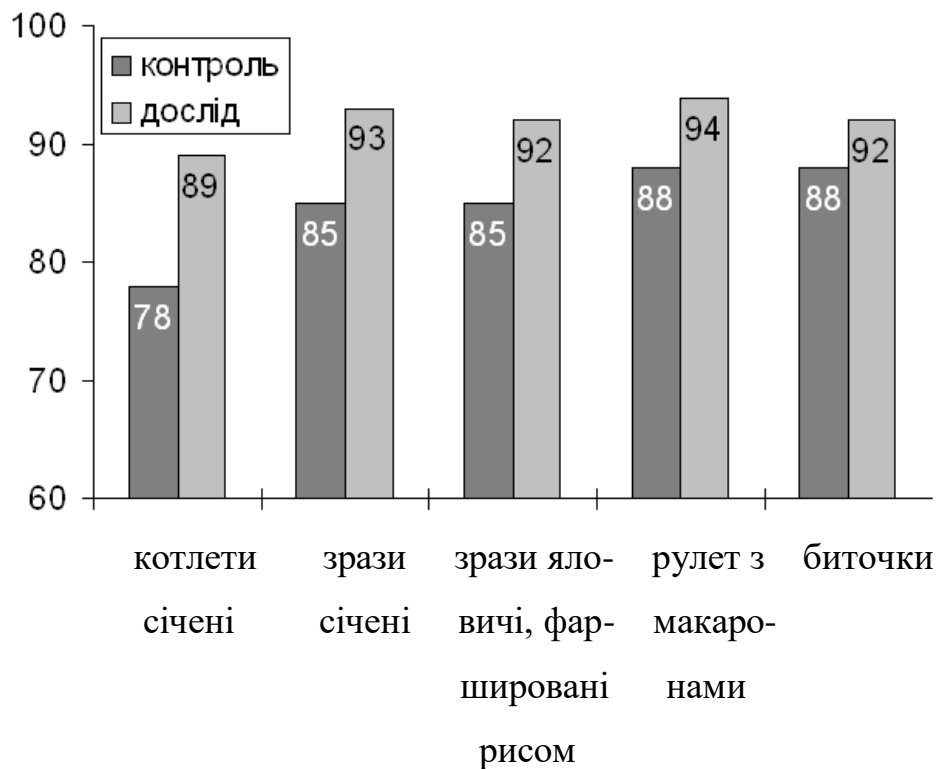


зразками, скорочується для котлет січених на 44 %, зраз січених на 35 %, зраз яловичих, фаршировані рисом на 41 %, рулету з макаронами на 43 % та биточків на 32 % (див.діаграму на рис. 2.6). За час досягнення температури кулінарної готовності у центрі виробів у процесах з комбінованою обробкою на поверхні формувалась скоринка, притаманна жареним виробам, що підтверджує ефективність запропонованих способів.

Скорочення тривалості в умовах реалізації способів ЕКН та комбінованих способів з ЕКН вплинуло на втрати маси і вихід готової продукції. На рис. 2.7 наведено діаграму виходу продукції за традиційною та дослідною технологіями.



**Рисунок 2.6. Діаграма тривалості теплової обробки продукції за умов традиційної та дослідною технологій**

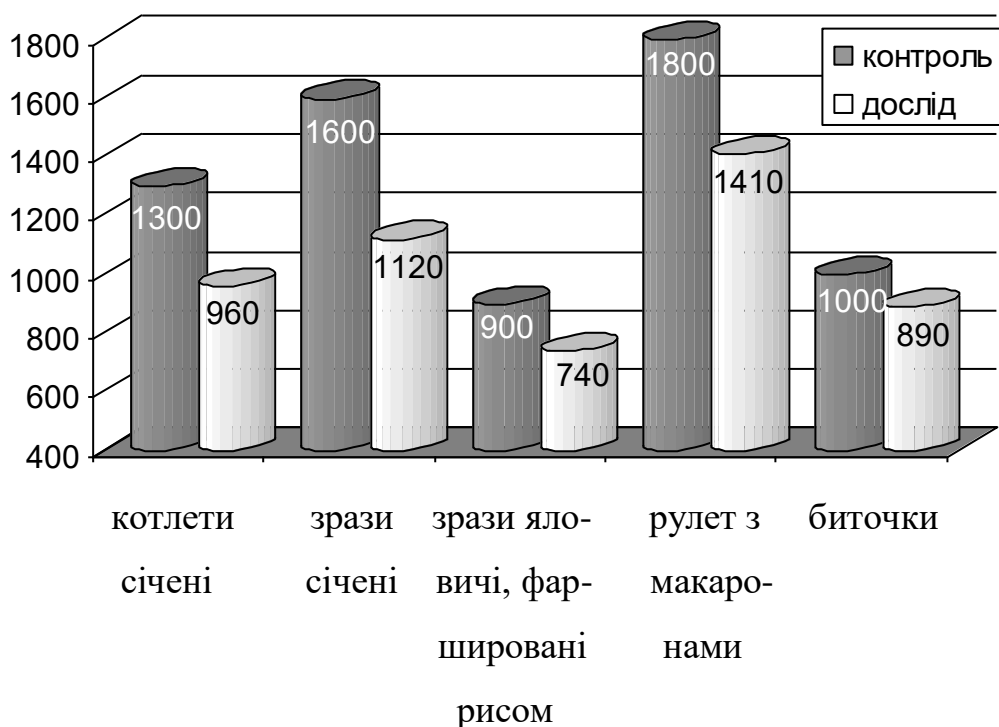


**Рисунок 2.7. Діаграма виходу продукції, отриманої за традиційною та дослідною технологіями**

З наведених даних виходить, що вихід продукції за дослідних умов складає від 89 % до 94 %, а за традиційними способами (контроль) – від 78 % до 88 %, тобто за умов досліду збільшується приблизно в 1,1...1,2 рази. Вочевидь це пояснюється низкою позитивних факторів: скороченням тривалості нагрівання, впливом електричного струму на утримуючу здатність напівфабрикатами вологи, а також зниженням теплового впливу високотемпературних способів нагрівання для комбінованих способів. Унаслідок цього зменшується кількість втраченої вологи під час випаровування.

Під час експериментальних досліджень за допомогою ватметра виміряли енергію, що була витрачена на теплову обробку. За відомого часу обробки та маси напівфабрикату визначали питому витрату теплоти. Результати досліджень представлені у вигляді діаграми на рис. 2.8. Загальною рисою відміни усіх дослідних процесів від контрольних є менша кількість енерговитрат. Більш виражена така відмінність спостерігається для

комбінованих способів: котлет січених – на 26 %, зраз січених – на 30 %, рулету з макаронами – на 22 %. Для процесів ЕКН у порівнянні з варенням на пару різниця склала: зраз яловичих, фаршированих рисом – на 18 %, биточків – на 11 %.



**Рисунок 2.8 – Діаграма питомої витрати теплоти під час традиційної та дослідної технологій**

Таким чином, запропоновані способи мають низку переваг за технологічними показниками виробництва, а саме тривалістю теплової обробки, виходом продукції та енерговитратами.

Мікробіологічні показники якості. Для досягнення санітарної безпечності під час виробництва суттєве значення мають режими теплової обробки, якими передбачається витримування виробів за визначеної температури протягом певного часу. Тому, під час використання ЕКН для продукції за умов додавання рослинної сировини у м'ясні кулінарні вироби потрібно було оцінити санітарну безпечність процесів. Для визначення антибактеріальної ефективності було проведено дослідження

мікробіологічної характеристики асортименту дослідної кулінарної продукції, яка відрізнялась за своїм рецептурним складом від контрольної (виготовленої за традиційними технологіями), а також видовим та кількісним складом мікроорганізмів до теплової обробки.

Групи мікроорганізмів, які визначали в кулінарній продукції після проведення процесу теплової обробки відповідали переліку мікроорганізмів, вміст яких підлягає нормуванню відповідно до ДСП 4.4.5.078-2001. Контроль здійснювали за групами санітарно-показових, умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів. У досліджених стравах із січеного м'яса, в яких допустимий рівень мікробного обсіменіння (показник КМАФАМ) складає не більше  $1 \cdot 10^2$  КУО/г, фактичний рівень вмісту аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів після теплової обробки знаходився в межах  $(5 \dots 8) \cdot 10^1$  КУО/г і не перевищував допустимого рівня вмісту мікроорганізмів даної групи. У всіх зразках продукції не виявлено кишкової палички (БГКП) в 1 г, умовно-патогенних мікроорганізмів *S.aureus* та бактерій роду *Proteus* – в 1 г, патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерій роду *Salmonella* і *L.mono-cytogenes* – у 25 г.

Таким чином, результати проведених досліджень підтверджують, що запропоновані комбіновані способи виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини та за умов використання ЕКН дозволяє не тільки скоротити тривалість нагрівання, але і забезпечити мікробіологічну безпечність різноманітного за рецептурним складом асортименту кулінарної продукції.

Органолептична оцінка якості продукції. Органолептичних показники, що досліджувались – це стандартні параметри, що визначають загальну органолептичну оцінку: зовнішній вигляд, вигляд на розрізі, колір, консистенція. При цьому органолептичну оцінку виробів здійснювали в балах з урахуванням коефіцієнта важливості за 5-ти бальною шкалою. У разі невідповідності показників вимогам нормативної документації, оцінку виробів знижували на 2...3 бали.

За результатами органолептичної оцінки відзначено, що, у поєднанні зі смаком, властивим м'ясній кулінарній продукції, вироби мають своєрідний приємний присмак доданої рослинної овочевої сировини, підвищену соковитість, ніжність, піддатливість на розкусування та розжовування. Зважаючи на це, усі дослідні вироби, отримані за запропонованими способами, отримали найвищі органолептичні оцінки.

### **2.3. Розробка апарату для теплової обробки кулінарних виробів**

Апарат для реалізації запропонованих способів з ЕКН повинен відповідати низці технічних вимог, зокрема експлуатаційним, енергетичним, конструктивним, економічним, екологічним, вимогам з охорони праці та техніки безпеки, а також вимогам технічної естетики. В апараті повинно бути передбачено теплову ізоляцію зовнішньої поверхні. Матеріал корпуса та кришки апарату – це листовая сталь 12Х18Н9Т. Основа чаші має бути виконана з чавуну СЧ-15 з протипригарним покриттям із фторопласту-4, електроди – з титану ВТ1-0. Борт чаші та електродні секції мають бути електроізольованими. Апарат має передбачити установку електричних нагрівальних елементів, ІЧ-нагрівачів та електродних секцій з електродами. З'єднання електродів з джерелом електричного струму має бути здійснений через регулятор напруги. Конструкція апарату, що відповідає цим вимогам, наведена на рис. 2.9.

Апарат призначений для теплової обробки харчових продуктів, зокрема м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини, з використанням комбінованого поверхневого, ІЧ-нагрівання та ЕКН, або суто ЕКН. Апарат може використовуватися у побуті, на підприємствах ресторанного господарства та харчових підприємствах малої потужності

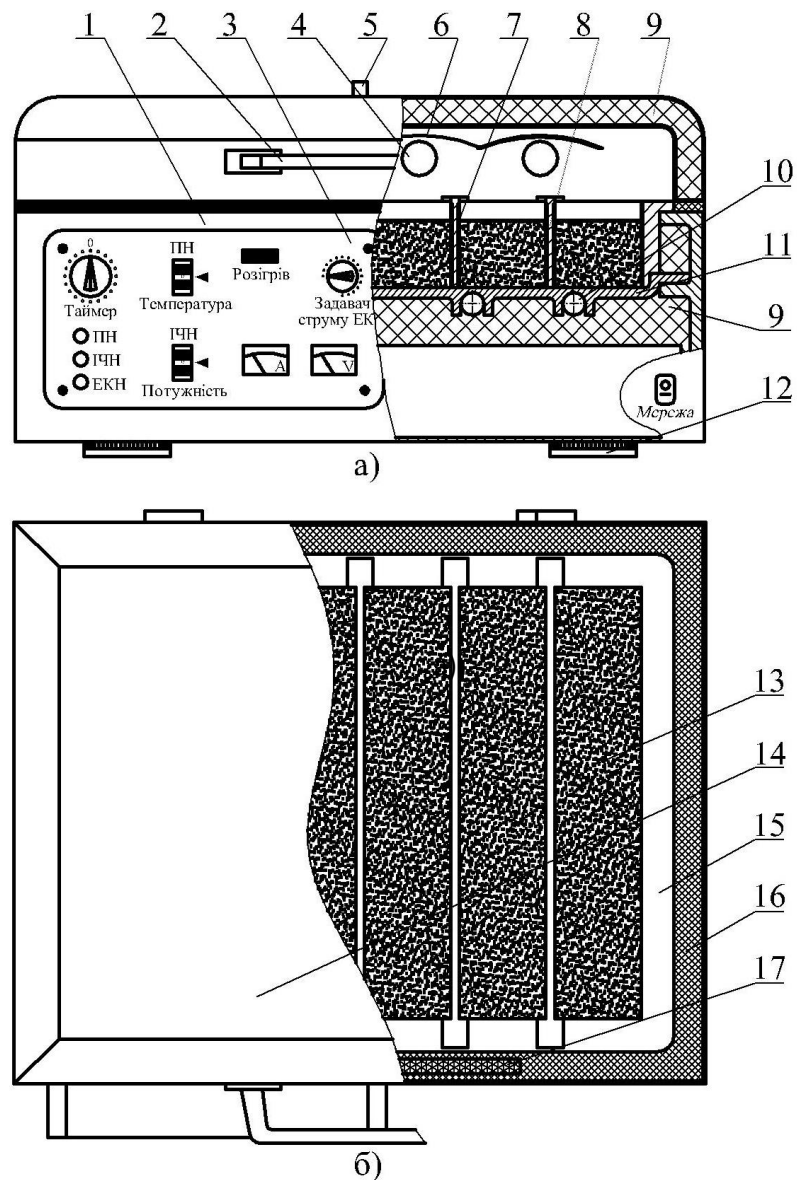


Рисунок 2.9. Апарат для теплової обробки м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН: а) вид спереду; б) вид зверху; 1 – корпус; 2 – ручка; 3 – пульт керування; 4 – ІЧ-нагрівачі; 5 – паровий клапан; 6 – відбивач; 7 – електроди; 8 – електродні секції; 9 – теплоізоляція; 10 – електричні нагрівальні елементи; 11 – основа чаші; 12 – опорні ніжки; 13 – напівфабрикат; 14 – відкидна кришка; 15 – борт чаші; 16 – гумова прокладка; 17 – магніт

Конструкція апарату становить собою металевий корпус 1 з теплоізоляцією 9, встановлений на опорні ніжки 12. На передній панелі змонтовано пульт керування 3. У середині корпусу розміщена завантажувальна чаша, що складається з чавунної основи 11 та діелектричних бортів 15. Основа чаші з внутрішнього боку (робоча зона) покрита протипригарним фторопластовим покриттям, а ззовні в спеціальних пазах встановлені електричні нагрівальні елементи 10.

На двох протилежних бічних поверхнях бортів 15 з певним кроком виконано пази, в які для забезпечення ЕКН вставляються електродні секції 8 з електродами 7. При цьому електричний струм для ЕКН отримується з промислової мережі, за допомогою випрямляча перетворюється на постійний струм, автотрансформатором змінюється його напруга до заданого значення та подається до комутатора. У комутуючому пристрої постійний електричний струм перетворюється на змінний прямокутної форми з частотою 50 Гц та подається до електродів.

Верхня частина апарату має відкидну кришку 14 з ручкою 2, на внутрішньому боці якої змонтовано ІЧ-нагрівачі 4 з відбивачами 6, а в середині виконано отвір для розміщення парового клапану 5. Кришка 14 щільно закриває корпус 1 за допомогою прокладки з термостійкої гуми 16 і магніту 17.

В апараті передбачено можливість вимикання поверхневого та ІЧ-нагрівання з метою здійснення лише ЕКН. Також можливе регулювання температури поверхні нагріву та потужність ІЧ-нагрівання, зміна напруги для ЕКН.

Принцип дії апарату полягає в наступному. Перед початком роботи відкривають відкидну кришку 14, після чого в пазах бортів 15 вставляють електродні секції 8 з електродами 7. Натисненням на пульті керування 3 відповідного вмикача забезпечують розігрів основи 11 завантажувальної чаші до робочої температури, а також задають вихідні параметри процесу. Після цього в завантажувальній чаші на основі 11 між електродними

секціями 8 розміщують напівфабрикати 13 та закривають кришку 14. За допомогою таймера на пульті керування 3 встановлюють час, що необхідний для теплової обробки. У момент закінчення часу теплової обробки нагрівання припиняється, про що свідчить звуковий сигнал. Далі апарат вимикають, відкривають відкидну кришку 14 і вироби виймають за допомогою дерев'яної лопатки. Електродні секції 8 витягують, робочу поверхню завантажувальної чаші 11 та електродів 7 очищують, промивають теплою водою і насухо витирають.

Техніко-експлуатаційні показники апарату наведені в табл. 2.1.

**Таблиця 2.1 – Техніко-експлуатаційні показники апарату для теплової обробки м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН**

№ з/п	Назва показників	Одиниці вимірювання	Значення
1	2	3	4
1.	Площа завантажувальної поверхні	м <sup>2</sup>	0,1
2.	Напруга живлення пристрою	В	220
1	2	3	4
3.	Потужність ТЕНів нагрівальної поверхні: - у період розігрівання - за стаціонарного режиму	Вт	3,0·10 <sup>3</sup> 1,2·10 <sup>3</sup>
4.	Довжина хвилі ПЧ-нагрівача	мкм	3,6
5.	Густина теплового потоку ПЧ-випромінювання	Вт/м <sup>2</sup>	11·10 <sup>3</sup>
6.	Напруга ЕКН	В	5...42
7.	Тип, форма і частота струму ЕКН	змінний, прямокутна, 50 Гц	
8.	Час розігріву нагрівальної поверхні до робочої температури	хв	7
9.	Продуктивність за основним часом	кг/год.	23,0



1	2	3	4
10.	Питома напруга нагрівальної поверхні	Вт/м <sup>2</sup>	10,0·10 <sup>3</sup>
11.	К.К.Д.	–	0,92
12.	Питома металоємність	кг/м <sup>2</sup>	250
13.	Габаритні розміри: - довжина - ширина - висота	м	0,44 0,48 0,25
15.	Маса металоконструкції	кг	30,0

До основних переваг розробленого апарату для теплової обробки м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН слід віднести відносно високу продуктивність, скорочення тривалості технологічного процесу, зниження витрат енергії та металоємності, високий ККД.

#### **2.4. Розробка апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням**

З метою розробки сучасного мобільного та портативного ресурсозбережного апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням вирішували такі завдання:

– розробити мобільний та портативний ресурсоефективний апарат на основі гнучкого плівкового резистивного електронагрівача випромінювального типу та елементів Пельтьє;

– розробити рекомендаційні режимні параметри низькотемпературної обробки м'ясних виробів та провести порівняльне дегустаційне оцінювання.

Основними вимогами під час розробки апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням є:

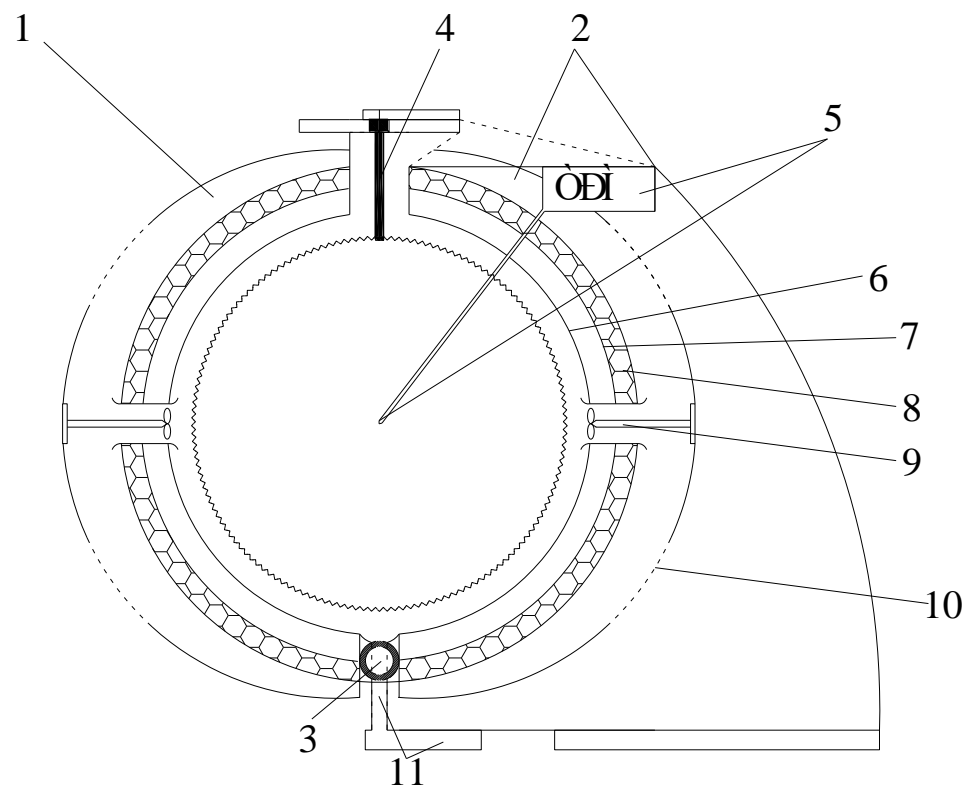
- розробка мобільного та портативного обладнання;
- досягнення рівномірної низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням;
- використання та перетворення вторинної теплоти в низьковольтну напругу живлення для забезпечення автономності певних конструктивних елементів.

Досягнення поставленої практично-дослідної мети є можливим завдяки використанню сучасних енерго- та ресурсоефективних елементів, а саме ІЧ-випромінювачів та елементів, що перетворюють теплоту в низьковольтну напругу живлення. Результати літературно-практичного аналізу, підтверджують ефективність використання ГПРЕнВТ під час проектування низькотемпературних інфрачервоних апаратів. Це пов'язано з конструктивно-технологічними властивостями ГПРЕнВТ, а саме з його низькотемпературною та рівномірно випромінювальною тепловою поверхнею. Важливою характеристикою є також можливість утворення робочих поверхонь із геометрично складними формами без використання додаткових металевих конструкцій та рефлекторних поверхонь. При цьому ГПРЕнВт має низьку інерційність і енерго- та металоєфективність порівняно з іншими нагрівальними випромінювальними елементами.

Перетворення теплової енергії в низьковольтну напругу живлення завдяки використанню елементів Пельтьє може забезпечити автономну роботу витяжних вентиляторів. При цьому використання елементів Пельтьє може водночас забезпечити й охолодження внутрішнього простору апарата, тим самим усунувши потребу в теплоізоляції апарата. Упровадження інноваційних рішень забезпечило розробку принципово нового низькотермічного апарата. Цей пристрій характеризуватиметься мобільністю, портативністю та практичною ефективністю використання в готельно-ресторанній промисловості та домашньому господарстві.

Розроблений апарат для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням (рис. 2.10) складається з робочої камери, що

складається з двох шарнірно з'єднаних вертикальних нетеплоізолюваних напівсферичних половинок: відкидної 1 та фіксованої з противагою 2, рухомого шарніра 3, штанги фіксування м'ясного виробу 4, голчастої термопари 5, з'єднаної з терморегулювальним пристроєм (вимірювальний регулятор температури з голчастою термопарою), ГПРЕНВТ 6, поглинального екрана (чорного кольору) 7, елементів Пельтьє 8, витяжних вентиляторів 9, технічних отворів 10 та технічного простору, з'єданого з накопичувальною ємністю 11.



**Рисунок 2.10 – Схема розробленого апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням**

Апарат для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням працює наступним чином. Спочатку розкривається одна з двох шарнірно з'єднаних вертикальних нетеплоізолюваних напівсферичних половинок (відкидна 1) за допомогою рухомого шарніра 3.

Після цього попередньо підготовлений м'ясний виріб (має певну геометричну форму, відповідну до геометричної форми зони його розміщення) за допомогою штанги фіксування 4 кріпиться в апараті на фіксованій із протипагою 2 вертикальній напівсферичній половині. Під час фіксування м'ясного виробу на штанзі 4 голчаста термопара 5, з'єднана з терморегулювальним пристроєм, одночасно встановлюється в центр виробу. Потім рухомим шарніром 3 з'єднують дві (1, 2) напівсферичні половинки.

Унаслідок цього утворюється зона низькотемпературної обробки ІЧ-випромінюванням за рахунок ГПРЕНВТ 6 повторюючого геометрію робочої камери. При цьому ГПРЕНВТ 6 під'єднано до терморегулювального пристрою з голчастою термопарою 5 з метою контролю теплової обробки м'ясного виробу.

Тепло, що утворюється на зовнішній частині ГПРЕНВТ 6, поглинається поглинальним екраном чорного кольору 7. На зовнішній екрана розташовані елементи Пельтьє 8. Забезпечують перетворення теплоти, отримуваної кондуктивним методом від поглинального екрана 7, у низьковольтну напругу живлення (~3...4 Вт), яка використовується для роботи витяжних вентиляторів 9, змонтованих у наскрізних отворах. Під час досліджень виявлено, що напруга живлення утворюється в разі досягнення температури м'ясного виробу в межах 30...35 °С. При цьому температура на зовнішній поверхні елементів Пельтьє становить 10...15 °С. Витяжні вентилятори 9 відводять вологе повітря з робочого простору апарата в нетеплоізовані шарнірно половинки 1, 2. Разом із перетворенням напруги елементи Пельтьє 8 забезпечують також одночасне охолодження технічного простору вертикальних напівсферичних половинок (1, 2), тим самим усуваючи необхідність їх теплоізоляції. Вологе повітря, відведене з робочого простору апарата в нетеплоізовані половинки 1 та 2 та поступово виводиться у навколишнє середовище крізь технічні отвори 10. М'ясний сік, який утворюється під час термічної обробки, відводиться крізь технічний простір, з'єднаний із накопичувальною ємністю 11, у рухомому шарнірі 3.

Процес низькотемпературної обробки м'ясного виробу ПЧ-випромінюванням завершується із досягненням температури в межах від 63 °С до 85 °С в центрі виробу. При цьому терморегулювальний пристрій 5 автоматично вимикає ГПРЕНВТ 6. Зниження температури ГПРЕНВТ 6 призводить до зменшення значення перетворюваної низьковольтної напруги живлення, що спричиняє автономне вимикання витяжних вентиляторів 9. Після цього розкривається не теплоізольована відкидна половинка 1 за допомогою рухомого шарніра 3 та готову продукцію виймають зі штанги фіксування 4.

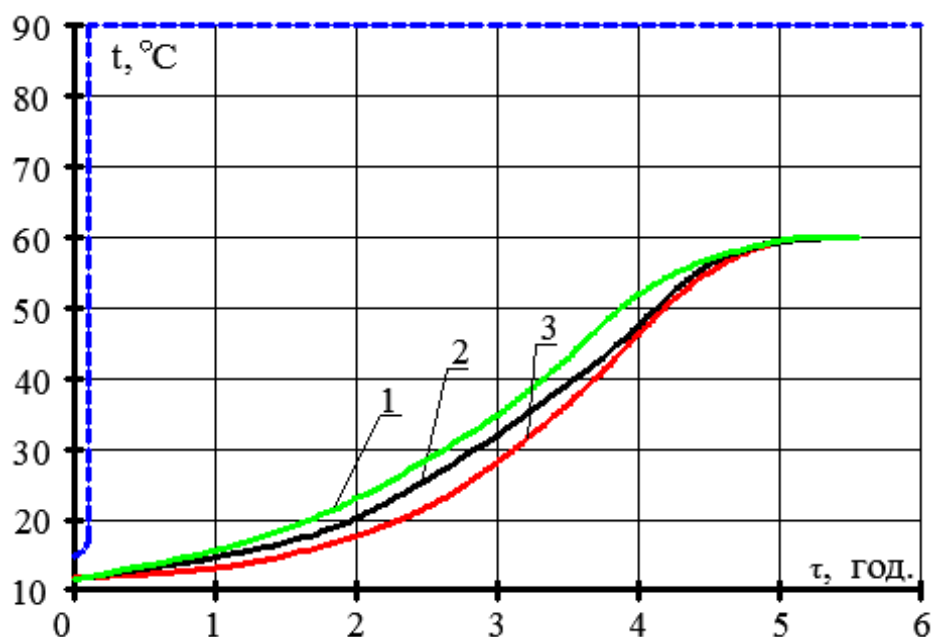
З метою практичного підтвердження отримання рівномірного розподілу теплового потоку від обраного ГПРЕНВТ та забезпечення рівномірного прогрівання м'ясних виробів у розробленому апараті використовували вимірювальний комплекс на основі сферичної сітки з розташованими всередині термопарами. Причому термопари з'єднувалися з персональним комп'ютером (ПЕОМ) і вимірювальним пристроєм «ТРМ». Відповідно до отриманих результатів ГПРЕНВТ забезпечує рівномірний розподіл теплового потоку без утворення скоринки на поверхні м'ясних виробів (табл. 2.2).

Під час експериментально-практичних досліджень визначено узагальнюючі технологічні режимні параметри (температура й орієнтовна тривалість) низькотемпературної обробки м'ясних виробів.

Як видно з графіку (рис. 2.11), рівномірність прогрівання є прогнозованою, оскільки спочатку спостерігається нагрівання поверхневих шарів зразка (крива 1). Після тепло поступово передається середньому прошарку (крива 2) та переходить до центру виробу (крива 3).

**Таблиця 2.2– Технологічні режимні параметри низькотемпературної обробки м'ясних виробів в апараті (діаметр м'ясного виробу становить 0,1 м)**

<b>Різнovid м'ясної сировини</b>	<b>Температура обробки, °С</b>	<b>Приблизна тривалість, год</b>
<b>Свинина (м'яке м'ясо)</b>		
М'ясо з реберців	53...64	5,0...6,1
Філе	52...58	5,0
Інше	60...80	5,0...8,0
<b>Свинина (жорстке м'ясо)</b>		
Відбивна	55...59	5,0...6,5
М'ясо для жаркого	60...80	6,0...8,0
Інше	65...80	5,5...9,5
<b>Птиця</b>		
Філе та грудки курчачі	65...71	4,5
Філе та грудки індійки	76...80	5,0
Філе та грудки качки	75...80	5,6...6,0
<b>Яловичина або баранина (м'яке м'ясо)</b>		
Філе	55...60	5,0
Вирізка		5,5
Відбивна		5,0
Інше	62...80	5,0...8,0
<b>Яловичина або баранина (м'яке м'ясо)</b>		
Грудинка	58...60	5,0...6,0
Інше	60...83	6,0...10

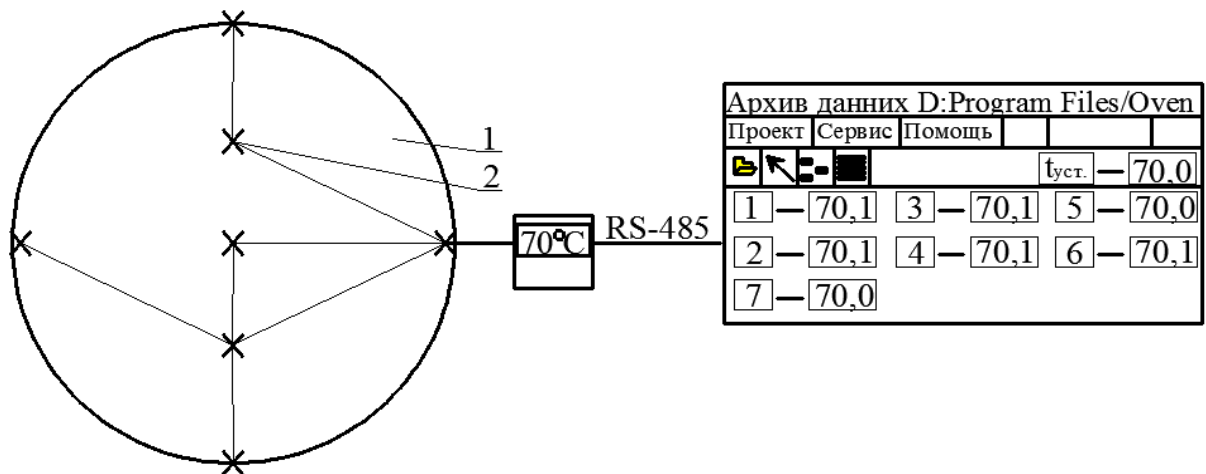


**Рисунок 2.11. Процес низькотемпературної обробки м'якого м'яса свинини за умов вимірювання температури на поверхні, в середині та в центрі дослідного виробу: — — — тривалість виходу ГПРЕНВТ на робочу температуру (90 °С); 1 – температура на поверхні; 2 – температура в середньому шарі; 3 – температура в центрі дослідного виробу**

Розбіжність температур між кривими не є критичною та цілком прийнятна для реалізації термічного процесу. При цьому забезпечується головна умова готовності кулінарного виробу, оскільки в центрі дослідного м'ясного зразка досягається прийнятна температура в 60 °С за 5,4 годин.

Приклад реалізації низькотемпературної обробки дослідного зразка м'ясного виробу з м'якого м'яса свинини в експериментальному апараті наведено на рис 4 за умов розташування в ньому 3-х термопар.

Дослідження рівномірності розподілу теплового потоку підтверджується даними отриманими з термопар розташованих на металевій сферичній моделі зразка м'ясного виробу (рис. 2.12).



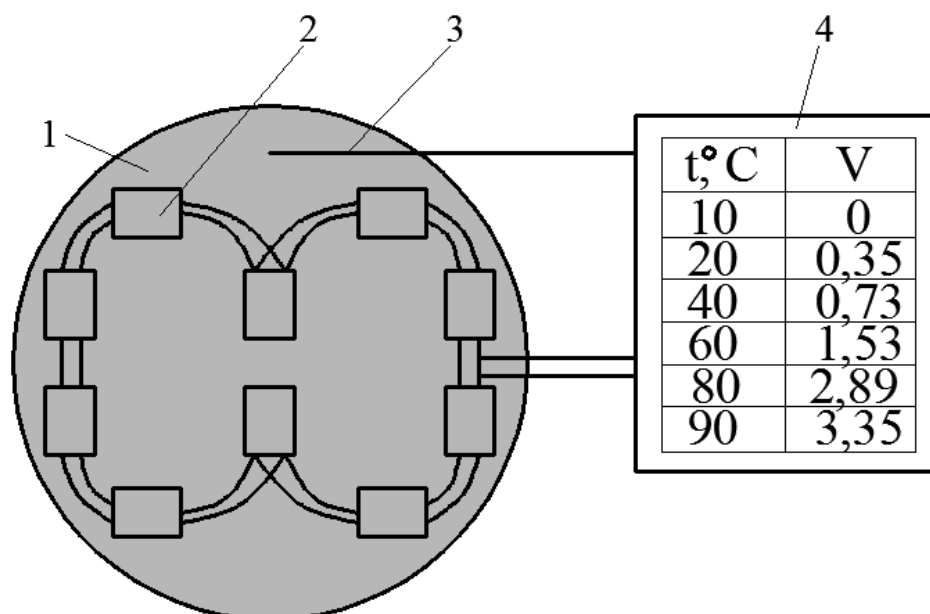
**Рисунок 2.12. Схема розміщення термопар в металевій сферичній моделі зразка м'ясного виробу: 1 – модель; 2 – термопара**

Дослідження проводили при попередньо встановленій температурі в межах 70 °С. Термопари були з'єднані з ТРМ, та за допомогою комп'ютерної програми відображалися в реальному часі по 7 термопарах. Аналіз отриманих даних підтверджує рівномірність розподілу теплового потоку на всій прийнятній поверхні.

З метою спрощення моделювання розміщення елементів Пельтьє на півсферичних поверхнях поглинального екрану, запропоновано було представити їх в лінійному сферичному просторі (рис. 2.13).

Головним завданням під час моделювання було забезпечення кожною напівсферою низьковольтної напруги живлення, за умов послідовного з'єднання елементів Пельтьє з геометричними розмірами квадрату 15x15 мм та максимальною температурою поглинання 150 °С. В результаті аналізу запропонованої геометричної моделі встановлено, що для забезпечення низьковольтної напруги живлення на рівні 3,55 Вт необхідно 10 послідовно з'єднаних елементів, що підтверджується експериментальними даними з вимірювального блоку. Отже можна стверджувати, що запропонована геометрична схема розміщення елементів Пельтьє забезпечить автономну роботу витяжних вентиляторів.





**Рисунок 2.13. Геометрична модель розташування елементів Пельтьє в лінійному сферичному просторі напівсферичної поверхні поглинального екрану: 1 – поверхня поглинального екрану; 2 – елемент Пельтьє; 3 – термопара з ТРМ; 4 – вимірювальний блок**

Використання отриманих під час експериментально-практичних досліджень параметрів забезпечує виробництво різноманітних м'ясних виробів з оригінальними смаковими властивостями: ніжністю, соковитістю, відсутністю сторонніх домішок, ароматом справжнього м'яса. Якщо ж дотримання рекомендованих параметрів є складно здійсненим, то рекомендуємо брати м'ясо після глибокого заморожування. Також були проведені пробні дослідження з підвищення смакових властивостей отримуваних м'ясних виробів завдяки додаванню органічних домішок у середину виробу.

У результаті отримано м'ясний виріб із додаванням сушеної органічної кураги й чорносливу (рис. 2.14) та здійснено його порівняльне дегустаційне оцінювання (табл. 2.3).



а

б

**Рисунок 2.14 – Фотографія м'ясного виробу з додаванням сушеної органічної сировини, отриманого в апараті для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням: а – цілий м'ясний виріб; б – розрізаний по центру м'ясний виріб**

Результати візуального та порівняльного дегустаційного оцінювання підтверджують високу якість розробленого виробу, однорідну структуру із приємним рівномірним кольором, без утворення скоринки. Домішка сушеної органічної кураги та чорносливу зберігає природний колір та смак.

**Таблиця 2.3– Результати дегустаційного оцінювання м'ясних виробів**

<b>Зразок м'ясного виробу</b>	<b>Зовнішній вигляд</b>	<b>Консистенція</b>	<b>Смак</b>	<b>Природний колір</b>	<b>Запах</b>
Отриманий в апараті для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням	5	5	5	5	5
Придбаний у торговельній мережі (буженина)	5	4	4	4	5

У результаті дослідження отримано узагальнювальні рекомендаційні режимні параметри низькотемпературної обробки м'ясних виробів, що забезпечують отримання високоякісної продукції з оригінальними смаковими властивостями. Це підтверджує ефективність подальшого використання розробленого апарата в закладах готельно-ресторанного господарства та домашньому побуті. Перевагами апарата насамперед є мобільність, портативність, ресурсоефективність, зниження температурного впливу на сировину шляхом використання ГПРЕНВТ. Крім того, важливим є забезпечення автономності роботи витяжних вентиляторів шляхом використання вторинної теплоти, причому зникає необхідність у використанні теплоізоляційних матеріалів.

Результати дослідження підтверджують конструктивно-технологічну ефективність використання апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням, а саме забезпечення виробництва високоякісних м'ясних виробів з високими органолептичними властивостями. Реалізований інноваційний підхід під час проектування апарата дозволив знизити його енерго- та металоємність, досягти рівномірного теплового потоку завдяки використанню ГПРЕНВТ та отримуванню низьковольтної напруги живлення від елементів Пельтьє внаслідок перетворення вторинної теплової енергії. Використання цих апаратів є перспективним завдяки їх мобільності й портативності.

Запропонований апарат забезпечує енергоефективну щадну низькотермічну обробку, що загалом забезпечує найкращі смакові властивості м'ясної сировини: ніжність і соковитість. Попередньо досліджувалися процеси низькотемпературної обробки м'ясних виробів у пароконвектоматі обігріванням робочої камери високотемпературними ТЕНами. Але певна складність технічного обслуговування цих апаратів, інерційність нагрівальних елементів, металоємність і висока вартість перешкоджають їх широкому розповсюдженню. Тому й запропоновано інноваційне рішення з розробки апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-

випромінюванням для забезпечення мобільності, портативності, легкості використання. Який буде характеризуватися зменшеною ціною та рекомендований для застосування в готельно-ресторанному бізнесі та домашньому побуті.

Перевагою цього дослідження порівняно з існуючими аналогами є насамперед створення інноваційного конструктивно-технологічного рішення з інтенсифікації низькотемпературної обробки м'ясних виробів. Це забезпечить розширення модельного ряду наявного обладнання для низькотемпературної обробки м'ясних виробів та збільшення їх асортименту завдяки більш повному використанню сировинної бази. Упровадження розробленого апарата в готельно-ресторанну промисловість і домашній побут забезпечить якісний підхід до низькотемпературної обробки м'ясних виробів на всіх стадіях виробництва високоякісних напівфабрикатів з оригінальними смаковими властивостями.

Використання апарата для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням не потребує спеціальних фахових знань. Оскільки запропоноване інноваційне рішення є простим (автономним) і мобільним. Особливу увагу слід приділяти лише попередній підготовці м'ясних виробів перед їх низькотемпературною обробкою, оскільки на якість отримуваної продукції впливають не лише характеристики апарата, а й обрана для виготовлення сировина.

## **2.5. Розробка та дослідження способу виробництва м'ясоовочевих котлет**

### *2.5.1. Технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет*

В основу розробки технологічного процесу виробництва м'ясоовочевих котлет покладено завдання зменшити при смаженні втрати маси, та поліпшити органолептичні показники якості, зокрема смакових.

Технологічний процес складається з етапів підготовки сировини, складання співвідношення рецептурних компонентів, формування та панірування отримуваних м'ясних виробів з подальшим смаженням.

Компоненти котлетного фаршу мають середнє співвідношення, мас. %: яловичина – 41; свинина – 20; хліб пшеничний – 9; вода або молоко – 16; сушені овочі – 7; сухарне борошно – 7.

Котлетне м'ясо яловичини і свинини попередньо зачищають від сухожиль, миють, нарізають на шматки, які після подрібнюють на вовчку з діаметром отворів  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ . Отримане подрібнене м'ясо з'єднують зі шматочками сушених овочів та замоченим у воді чи молоці хлібом, додаючи: сіль, спеції та перемішують протягом 240...360 с до однорідної маси з подальшим формують відповідної геометричної форми виробів. Сформовані м'ясоовочеві вироби панірують у сухарному борошні з подальшим смаженням за температури 120 °С.

Вдосконалений спосіб виробництва оздоровчих м'ясних виробів, полягає в тому, що в якості наповнювача використовується попередньо отримуваний за власною технологією сушений овочевий набір, а саме: гриби, цибуля, перець, кабачок. Компоненти овочевого набору зібрані в повній стадії зрілості, миті, проінспектовані, нарізані та висушені в універсальній ІЧ-сушарці за температури 35...40 °С до вологовмісту 8–11% [38]. При цьому додавання здійснювалося в межах 10–20% від загальної маси м'ясного фаршу, забезпечуючи збагачення м'ясних виробів біологічно активними речовинами (БАР) та зменшення початкової рецептурної маси м'ясного фаршу.

Під час досліджень, досліджувалися м'ясоовочеві вироби за наведеними рецептурами (1, 2, 3).

#### *Рецептура 1 (мінімальні значення)*

Здійснюється 10% внесення сушеного овочевого набору (цибуля, перець, гриби та кабачок) від загальної маси м'ясного фаршу з додаванням яйця, молоко, борошна, спецій, солі та перцю. Перед смаженням обвалюємо

котлети в паніровці та смажимо м'ясні котлетні вироби на вершковому маслі до рум'яної скоринки з обох сторін.

Рецептурне співвідношення компонентів в 1 рецептурі:

- м'ясний фарш – 500 гр.
- цибуля (сушена) – 30 гр.
- перець (сушений) – 30 гр.
- кабачок (сушений) – 30 гр.
- гриб (сушений) – 30 гр.
- борошно – 8 гр.
- яйце – 1 шт.
- масло вершкове – 75г
- сіль – 4 гр.
- перець чорний мелений – 2 гр.

### *Рецептура 2 (середні значення)*

Рецептурне співвідношення компонентів в 2 рецептурі при додаванні сушеного овочевого набору в межах 15%:

- м'ясний фарш – 500 гр.
- цибуля (сушена) – 40 гр.
- перець (сушений) – 40 гр.
- кабачок (сушений) – 40 гр.
- гриб (сушений) – 40 гр.
- борошно – 8 гр.
- яйце – 1 шт.
- масло вершкове – 75 гр.
- сіль – 4 гр.

### *Рецептура 3 (максимальні значення)*

Рецептурне співвідношення компонентів в 3 рецептурі при додаванні сушеного овочевого набору в межах 20%:

- м'ясний фарш – 500 гр.
- цибуля (сушена) – 50 гр.

- перець (сушений) – 50 гр.
- кабачок (сушений) – 50 гр.
- гриб (сушений) – 50 гр.
- борошно – 8 гр.
- яйце – 1 шт.
- масло вершкове – 75 гр.
- сіль – 4 гр.

Отримувані показники якості оздоровчих м'ясних виробів за попередньо запропонованими рецептурами наведено в табл. 2.4.

**Таблиця 2.4. Показники якості оздоровчих м'ясних виробів**

Рецептура	Показники якості, бал					Загальна оцінка, бал
	Зовнішній вигляд	Консис-тенція	Колір	Смак	Запах	
1	7	10	8	7	5	40
2	10	15	10	10	5	50
3	9	12	9	10	6	46
ПРОТОТИП	10	14	8	8	3	43

Як видно з табл. 2.4, найкращою якістю та органолептичними властивостями володіє м'ясний виріб приготований за 2 рецептурним співвідношенням з внесенням 15% сушеного овочевого набору.

Введення сушеного овочевого набору в межах 10% від загальної маси м'ясного фаршу (рецептура 1) має слабкий присмак внесеного сушеного овочевого наповнювача. Введення цього ж наповнювача в межах 20% (рецептура 3) характеризується чітко вираженими смаковими властивостями наповнювача, але характеризується нечіткою консистенцією.

Технічним результатом використання виробництва оздоровчих м'ясних виробів є їх збагачення БАР, пектиновими речовинами, фенольними

сполуками та збільшення виходу готового продукту, що досягається за рахунок внесення сушеного овочевого набору: цибуля, перець, гриби та кабачок, в межах 10–20% від загальної маси фаршу.

Смаження м'ясоовочевих котлет супроводжується складними тепло- і масообмінними процесами, в результаті яких білки м'яса денатурують, випресовуючи м'ясний сік, а жир розплавляється. Виходу рідини з об'єму котлети запобігає наявність двох видів наповнювачів: хліба, в порах якого рідина затримується, та шматочків сушених овочів, які інтенсивно поглинають вологу та жир.

### *2.5.2. Процес отримання сушених овочевих наборів для січених кулінарних виробів*

Вдосконалення виробництва високоякісних сушених овочевих наборів на інноваційному технологічному обладнанні є невід'ємною складовою під час виготовлення січених кулінарних виробів. Окрім цього спостерігається велика значущість використання у харчуванні саме овочам, які характеризуються значним вмістом вітамінні та різноманітних БАР, необхідних для щоденного раціону організму людини. Отримані сушені овочеві набори на підприємствах харчування використовують для приготування широкого асортименту кулінарної продукції з врахуванням їх низького вологовмісту та властивостей до часткового відновлювання своїх природний фізико-хімічний властивостей завдяки поглинанню води, що в свою чергу дозволяє передбачити можливість використання їх під час приготування окремих видів кулінарної продукції як адсорбентів, здатних зв'язувати вологу. Для обґрунтованого підходу з сушіння овочевих наборів необхідно розглянути особливості сушіння кожного с компонентів (кабачок, цибуля, гриби, перець), що в подальшому входить до їх складу.

#### *Особливості сушіння кабачкового наповнювача*



Однією з скороспілих і високоврожайних культур, що вирощується майже у всіх зонах країни та має відносно низьку ціну, є кабачок. У підприємствах харчування кабачки використовують для смаження, припускання, тушіння, запікання (фаршированими), приготування ікри, але практично вони не застосовуються у сушеному вигляді. Враховуючи ці відомості було запропоновано використовувати сушені кабачки як додатковий наповнювач у рецептурах м'ясних січених кулінарних виробів.

Спосіб виробництва кабачкового наповнювача складається з наступних операцій. Кабачки сортують, миють, бланширують, підрізають торці, видаляють м'якоть, нарізають кубиками розміром 10...15 мм, витримують у 10 %-розчині хлористого натрію протягом 2,0...2,5 год., після чого висушують в універсальній ІЧ-сушарці органічної природної сировини до вологовмісту 8...11% [38].

#### *Особливості сушіння цибулі та часнику*

Для сушіння використовують тільки цибулю гострих сортів з вмістом сухих речовин не менше 14%. Цибулини повинні бути визріли, здоровими, цілими, сухими, не забрудненими, з добре підсушеними верхніми лусками і висушеною шийкою від 2 до 5 см. Допускається до переробки не більше 5% цибулин з довжиною шийки від 5 до 10 см. Розмір цибулин за найбільшим поперечним діаметром для овальних форм – не менше 3 см, для інших форм – не менше 4 см.

Технологічна схема сушеної цибулі складається з наступних стадій: інспекції; калібрування на три розміри по найбільшому діаметру: дрібний – 30...40 мм, середній 41...50 мм і великий – понад 51 мм; очищення від верхніх лусок, шийки і донця; мийка під душем на сітчастому транспортері 2–3 хв; різання на кільця завтовшки 2,5...5,0 мм, для виробництва цибулі сушеної вологістю до 8% – 1,5...3,0 мм; сульфитації 0,2% -ним розчином бисульфита натрію (в основному, для цибулі сушеної, передбаченого для експорту) шляхом обприскування під душем протягом 3 хв., або занурення в

розчин на 1–2 хв; сушіння в універсальній ПЧ-сушарці органічної природної сировини; інспекція; упаковка.

Цибулю перед сушінням не бланшують, так як при тепловій обробці інактивуються ферменти, що зумовлюють протікання реакцій, що забезпечують специфічний смак цибулі. Дисульфідиди – носії цибулевого запаху і букета, тіосульфатиди – носії гострого смаку.

При митті необхідна витримка протягом 2–3 хв. в 0,2% -ному розчині хлораміну для підтримки мікробіологічної чистоти.

При сульфитації у цибулі втрачається гострота смаку і запаху через взаємодію діоксиду сірки з ефірними маслами, тому цибулю, призначену для використання на внутрішньому ринку, в основному, не сульфитують. Сушіння цибулі відбувається до залишкової вологості 13–14% або 6–8%. Далі цибулю інспектують, пропускають через магнітний уловлювач і упаковують розсипом або брикетами, як і інші сушені овочі.

Показники якості. Цибуля сушена виробляється 1 і 2 сорту.

Форма – гуртки, кільця, пластинки і їх частини товщиною 1...3 мм. Допускається наявність шматочків підсмажених, чорними плямами і залишками луски для 1 сорту 3% і для 2 сорту 12%.

Колір – білий або світло-жовтий. Допускається рожево-фіолетового відтінку, властивий червоно-фіолетовим сортам цибулі, зеленуватий відтінок. Для 2 сорту допускається коричневий відтінок.

Консистенція – еластична, допускається легка крихкість, у сушеної цибулі зі зниженою вологістю – крихка.

Зміст сірчистої кислоти (в перерахунку на SO<sub>2</sub>) - не більше 0,05%.

Для вироблення 1 т сушеної цибулі вологістю 13–14% потрібно 6,8 т сировини, а вологістю 6–8% – 7,4 т свіжої ріпчастої цибулі.

З сушеної цибулі виробляють подрібнену цибулю і порошок з неї.

При виробництві подрібненої цибулі використовують сушену цибулю вологістю не більше 8%. Її після інспектування подрібнюють на молоткової дробарці з ситом, що має діаметр отворів 8-10 мм. Подрібнену

цибулю просівають через два струшуючих сита. Сход з сита з діаметрами отворів 5 мм направляється на повторне дроблення, а схід з сита з діаметром отворів 2 мм йде на фасовку. Прохід через нижнє сито надходить на виробництво порошку з цибулі.

Подрібнену цибулю інспектують, пропускають через магнітний уловлювач і упаковують в герметичну тару. Подрібнена цибуля на сорти не ділиться.

Форма – порошок. Прохід через сито з діаметром отворів 5 мм для подрібненої цибулі повинен бути не менше 95%. Залишок на ситі з діаметром отворів 2 мм – не менше 90%. У подрібненої цибулі не допускається наявність шматочків з чорними плямами, залишками луски, донця і шийки.

Колір – білий, з жовтуватим-зеленуватим відтінком.

Консистенція – сипуча.

Зміст сірчистої кислоти (в перерахунку на SO<sub>2</sub>) – не більше 0,05%.

При виробництві цибулевого порошку сушену цибулю вологістю не більше 8% і дрібницю, що не містить горілих частинок пропускають через молоткову дробарку або микромельницю, потім просівають через сито з діаметром отворів 0,067 мм. Відсіяні великі частки повертають на повторний помел. Цибулевий порошок пропускають через магнітний уловлювач і упаковують в герметичну тару. Показники якості для цибульного порошку аналогічні подрібненої цибулі. Прохід через сито з діаметром отворів 0,067 мм повинен складати 100%.

Сушений часник випускають у вигляді шматочків і порошку за такою технологічною схемою: поділ на зубки; інспекція та відділення зубків від донця; різання зубків в шкірці на дискової коренерізці; сушіння; отвеивание лушпиння; інспекція; упаковка.

Сушіння підготовленого часнику проводиться до вологості 8% при температурі повітря 40...45 °С.

У процесі сушіння часник набуває коричневе забарвлення через ферментативного окислення дубильних речовин. Для тривалого зберігання часник упаковують в жерстяні банки або мішки з полімерних матеріалів.

Часник виробляється 1 і 2 сорту.

Форма – шматочки різної форми. Кількість шматочків підсмажених, з залишками луски допускається не більше 8% для 1 сорту і 20% для 2 сорту.

Консистенція – тверда.

Смак і запах – часниковий.

Колір – кремовато-золотистий різних відтінків. Допускається для 2 сорту світло-коричневий відтінок.

Для отримання 1 т сушеного часнику потрібно 4,0...4,2 т сирого.

Часниковий порошок отримують аналогічно цибульному. Порошок повинен мати сипучу консистенцію, кремовий колір, часниковий смак і запах

#### *Особливості сушіння грибів*

Сушать гриби губчасті (білі, підберезники, підосичники, масляки, маховики), сумчасті (сморчки та рядки), пластинчасті (лисички, опеньки). Для сушіння бажано використовувати молоді, міцні гриби.

Підготовка до сушіння. Гриби сортують за розмірами, розбирають по сортам. У масляків, красноголовців, маховиків, підберезників, опеньків та лисичок для сушки, в основному, використовують капелюшки. Обрізають ніжки. Довжина залишених ніжок повинна бути не більше 2...3 см. Здеревілі ніжки підберезників і красноголовців видаляють повністю. У білих грибів використовують як капелюшки, так і ніжки. Сумчасті гриби сушать цілком. Білі гриби можна різати на шматочки товщиною 10...15 мм. Маслюк, підберезник, підосичники можна розрізати на 2 або 4 частини. Протирають злегка зволоженою тканиною для видалення пилу і піску.

Гриби, призначені для сушіння, не миють.

Лисички і опеньки сушать тільки в тому випадку, якщо є підтвердження фахівців про однорідність партії висушених грибів по вихідній сировині і відсутності отруйних і неїстівних.

Сушать гриби природним і штучним способом.

Природна сушка. Всі види грибів, крім сумчастих, нарізають на скибочки 5-10 мм. Сушка капелюшками таким способом заборонена. Шматочки нанизують на шпагат або розкладають на стелажі. Щодня перевіряють якість шляхом розламування. Перевіряють наявність личинок. Якщо є – то сушку прискорюють тепловим способом шляхом подачі гарячого повітря. Така сушка не рекомендується, зважаючи на її тривалості, пошкоджувальність грибів личинками комах, великими втратами поживних речовин. Можна використовувати природну сушку, як початковий етап перед штучною. Це процес називається підв'ялювання.

Штучна сушка. Сушать капелюшками, якщо діаметр не більше 70 мм, і нарізаними. Розкладають на лотки, сітки або нанизують на шомпольні пристосування і поміщають в сушарку. Сушать в універсальній ПЧ-сушарці органічної природної сировини. При сушінні завантаження на 1 м<sup>2</sup> не більш 2,5 кг для лисичок, опеньків, білих, підберезників; не більше 3 кг для маслюків, маховиків і красноголовців. Якщо сушать капелюшками, то завантаження зменшують в 2 рази. Температура сушіння для білих грибів не більше 50 °С, для інших – не більше 75 °С.

У період постійної швидкості сушіння, коли видаляється вільна волога, не можна допускати перепаду температур на 10 °С, тому що відбувається «намочування» грибів. При зниженні температури відбувається конденсація парів всередині грибів. Шматочки перетворюються в мокру масу. І в подальшому сушка сповільнюється. Щоб не було "запарювання" грибів їх завантажують у нагріту камеру. На початку сушіння температура теплоносія нижче необхідної. До необхідної норми піднімають після подвяливання, яке триває 2...3 годин при температурі 40-50 °С. Тривалість сушіння трубчастих грибів 5...6 год., сумчастих – 3...4 ч.

Вихід сушених грибів складає 8-10%. Вологість готової продукції не більше 12–14%.

Сушені білі гриби ділять на 3 сорти: 1, 2 і 3-й. Сорти відрізняються кольором капелюшка, довжиною ніжки і наявністю зламаних капелюшків. Білі сушені гриби, у яких низ капелюшка не змінив забарвлення (залишився Белам) відносяться до 1 сорту. Як правило, це молоді гриби з невеликим розміром капелюшки і міцною ніжкою. Старі білі гриби мають низ капелюшки жовтувато-зеленуватий, тому їх ще називають "жовтяки". Це 3-й сорт. Такі гриби найчастіше використовуються для отримання грибного порошку.

Інші сушені гриби на сорти не ділять.

На дотик гриби повинні бути сухими, злегка гнутися і ламатися, але не кришитися. Не допускається домішка грибів інших видів і сортів, гриби з червоточиною, трухляві, плісняві, зі стороннім запахом, з домішкою хвої, листя і землі.

Зберігають в тканинних і паперових мішках в неопалюваних складах при відносній вологості повітря 70% не більше 12 міс.

Вологість грибів для отримання порошку повинна бути не більше 10%. Для подрібнення використовують молотковідробарки. У зв'язку з високою гігроскопічністю порошок зберігають при відносній вологості повітря 75% в герметичній упаковці при температурі не вище 18 °С протягом 12 міс.

Для упаковки порошку використовують скляні банки, пакети з полімерних матеріалів, паперові пакети з шаром пергаменту і ін. Вологість грибного порошку у всіх видах упаковки, крім скляних банок, схильна до значних коливань. Вологість збільшується після 4-х місяців зберігання на 15–25%.

Під час зберігання змінюється кислотність порошку через високу ферментативної активності і біохімічних процесів. Особливо збільшується титруемая кислотність грибного порошку при зберіганні в папері – вона збільшується на 20% після трьох місяців зберігання. Кислотність порошку при зберіганні в скляній банці не змінюється протягом 18 міс. зберігання.

Важливим показником якості грибного порошку є вміст ароматичних речовин (число аромату). Цей показник у всіх видах упаковки до чотирьох місяців зберігання досягає максимуму, так як відбувається концентрація ароматичних речовин в герметичній упаковці.

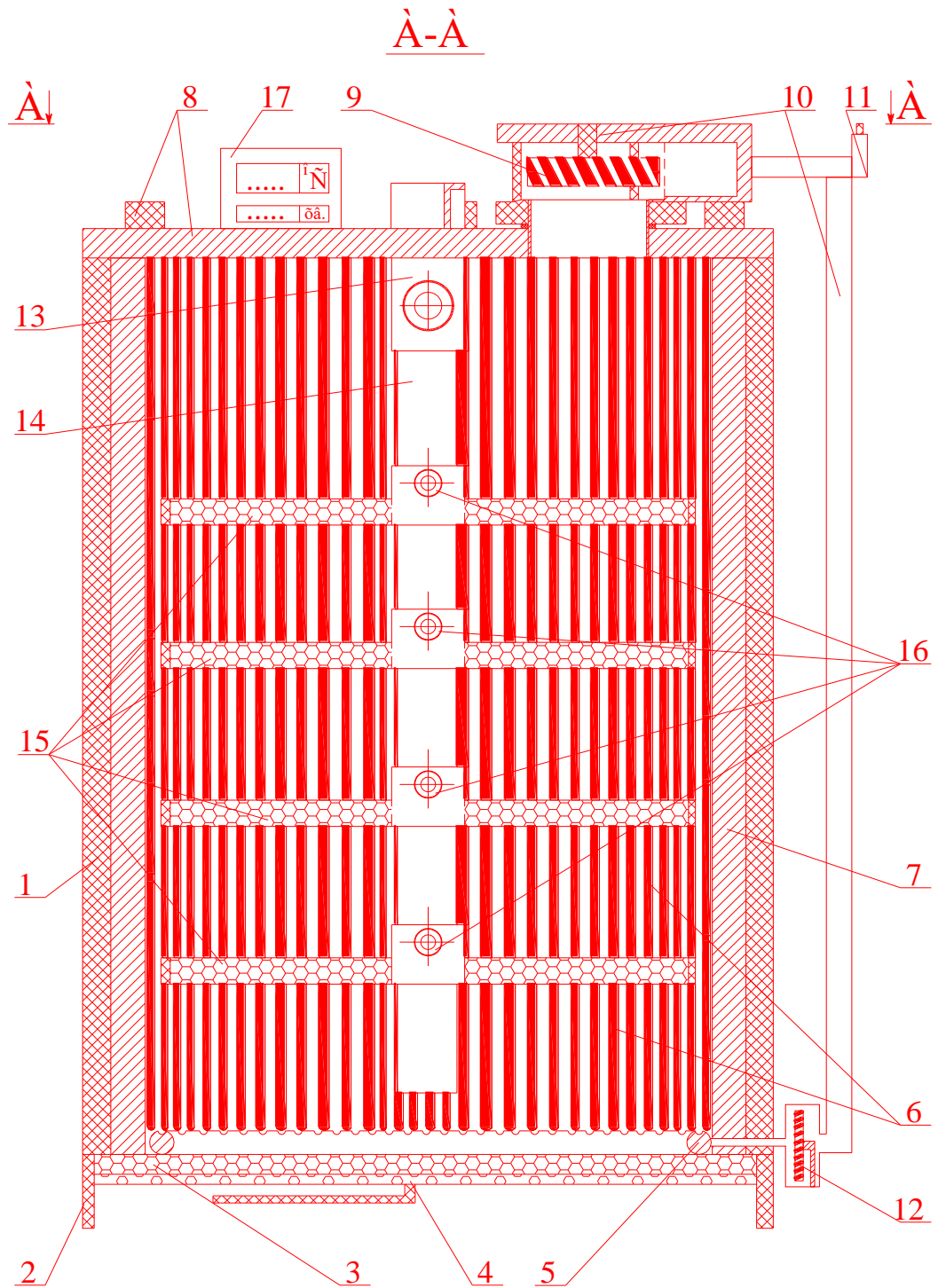
Потім значення цього показника знижується і в 18 міс. зберігання залишається на початковому рівні.

При упаковці порошку в пакувальний папір, ламінований папір і целофан спостерігаються втрати маси при зберіганні.

Беручи до уваги особливості сушіння овочевих наборів для січених кулінарних виробів реалізацію процесу було запропоновано здійснювати на розробленій низькотемпературній ІЧ-сушарці відповідно до попередньо запропонованого способу висушування в умовах попереднього визначення граничної температури сушіння матеріалу. Вона може бути визначена статистично в результаті обробки експериментальних даних дослідним шляхом безпосередньо перед початком сушіння або з відомих джерел (довідників, словників тощо).

Запропонований спосіб реалізується в розробленій низькотемпературній ІЧ-сушарці (рис. 2.15) [38], де в якості нагрівача використовується гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінювального типу (ГПРЕНВТ) та дозволяє описувати геометричну форму робочого простору сушарки, забезпечуючи максимальне досягнення рівномірного розподілу теплових потоків на приймальні поверхні (піддонах) з сировиною за рахунок запропонованої вертикальної циліндричної геометрії ІЧ-сушарки.

Матеріал, що піддається сушінню, попередньо підготовлювався шляхом миття, подрібнення, формування шару на сітчастих піддонах 15, які фіксувалися за допомогою монтажних шпильок 16 на штативі 14. Після чого штатив з лотками встановлюється у фіксуючому пристрою 13 кришки 8 з затяжними фіксаторами та витяжним вентилятором 9, завантажується в циліндричну вертикальну робочу камеру сушарки 1, що теплоізолювана



**Рисунок 2.15 – низькотемпературна ІЧ-сушарка для сушіння овочевих наборів**

алюфомом 7 та встановлена на стійках 2. Надходження та регулювання свіжого повітря забезпечує розподільча решітка 3 та регулююча засувка 4. На



блоці управління 17 встановлюють температуру і час, включають ІЧ-випромінювачі після чого сировина сушиться при заданій температурі.

Сушіння овочевих наборів проводили в імпульсному режимі нагрів-охолодження, при цьому нагрівання здійснювали ГПРЕНВТ, за рахунок ІЧ-променів з довжиною хвилі в діапазоні 9 мкм та щільністю потоку 12 кВт/м<sup>2</sup> протягом 3,0–11,0 с до досягнення граничної температури в камері 55...60 °С, з подальшим охолодження протягом 9,0–33,0 с до досягнення температури в камері, рівній 45...50 °С. Температура задається за допомогою блоку керування температури 17. Як тільки температура сушіння досягне вказаного значення, випромінювачі 6 відключаються, і матеріал починає охолоджуватися. Для прискорення охолодження сировини та інтенсифікації процесу сушіння використовується витяжний вентилятор 9, який встановлений на кришці 8 з затяжними фіксаторами. Саме він дозволяє використовувати відпрацьоване вторинне повітря для інтенсифікації процесу сушіння за рахунок спрямування повітря до нагнітаючого каналу 10, де при відкритій задвижці 11 та нагнітаючого вентилятора 12 вторинне (нагріте) повітря поступає в кільцевій барботер 5, якій встановлений біля ІЧ нагрівачів, створюючи у пристінному шарі турбулентний режим. При охолодженні матеріалу до значення температури 45...50 °С автоматично включаються випромінювачі 6, і процес сушіння продовжується аналогічно описаному вище до досягнення матеріалом заданої вологості.

Приклад реалізації способу 1. В якості вихідного матеріалу використовували кабачок з початковим масовим вмістом води 88%. Попередньо вимите, очищене і нарізане соломкою 3 × 3 - 7 × 7 мм і довжиною від 15 до 20 мм яблуко розкладається на сітчасті піддони шаром до 7 мм. Температура відключення ІЧ-випромінювачів встановлюється 55...60 °С, а вмикання ІЧ-випромінювачів відбувається при 45...50 °С. Щільність потоку випромінювання 12 кВт/м<sup>2</sup>, діапазон довжин хвиль 9 мкм. Тривалість включення ІЧ - випромінювачів 3–11с. Процес сушіння завершувався при досягненні матеріалом залишкової вологості 8–12%. За

органолептичними показниками яблуко після сушіння відповідала ГОСТу 7588-71 та зберігало 50–80% вітамінів.

Приклад реалізації способу 2. Сушіння цибулі з початковим масовим вмістом вологи 85% миють, подрібнюють і укладають на сітчасті піддони шаром 10 мм та завантажують в сушильну камеру. За умови, що температура вимикання ІЧ-випромінювачів 55...60 °С, а вмикання 45...50 °С. Щільність потоку випромінювання 12 кВт/м<sup>2</sup>, діапазон довжин хвиль 9 мкм. Тривалість включення ІЧ-випромінювачів 3–10с. Процес сушіння завершувався при досягненні матеріалом залишкової вологості 8%. За органолептичними показниками цибуля після сушіння відповідала ГОСТу Р52622-2006 та зберігало 70–85% вітамінів.

### *2.5.3 Дослідження адсорбційних властивостей сушених овочевих наборів для січених кулінарних виробів*

З метою перевірки доцільності використання отриманого продукту як наповнювача важливо було вивчити його адсорбційні властивості. Враховуючи те, що за складеного фаршу м'ясних січених кулінарних виробів шматочки сушених овочів будуть оточені не тільки його частинками, але й розплавленим жиром та вологою, які під час смаження нагріваються до температури кипіння, дослідження проводилися при занурюванні у водожирову емульсію температурою 80...100 °С протягом часу, що не перебільшує час смаження у ФЗС, тобто 300 с. Співвідношення компонентів жир та вода дорівнювало 1 : 4, що приблизно відповідає співвідношенню кількості розплавленого жиру та вільної вологи всередині виробів під час їх смаження. Співвідношення водожирова емульсія та сушені овочі становило 7,5 : 1,0.

Було встановлено, що відзначається зміна маси сушених овочів, що зумовлено поглинанням води та жиру з водожирової емульсії. Більш помітними ці зміни спостерігаються протягом перших 120 с. Так, зміна маси

за цей період становить: при температурі емульсії 80 °С – 200%; при 100 °С – 185%. При цьому вологовміст змінюється на 145% та 138% відповідно, а жировміст – на 55% та 47% відповідно. Надалі швидкість поглинання декілька зменшується, що пояснюється поступовим наближенням до рівноважного стану, і після закінчення заданого часу зміна маси становить: при температурі емульсії 80 °С – 265%; при 100 °С – 250%. За цей час вологовміст змінюється на 200% та 193% відповідно, а жировміст – на 65% та 57% відповідно.

Високі адсорбційні властивості сушених овочів забезпечуються не тільки відсутністю жиру в їх складі та низькою концентрацією вологи, але й підвищеною концентрацією хлористого натрію, завдяки чому збільшується загальна рухома сила масообмінного процесу. За інтенсивного поглинання вологи та жиру шматочки сушених овочів набухають, збільшуючись при цьому в об'ємі приблизно в 2,2...2,5 рази.

Перевірка отриманих даних була здійснена рішенням рівняння матеріального балансу процесу адсорбції:

$$G_n \cdot u_n - G_k \cdot u_k = L_k \cdot x_k - L_n \cdot x_n = P, \quad (3.3)$$

де  $G_n, G_k$  – початкова та кінцева маса водожирової емульсії відповідно, кг;

$L_n, L_k$  – початкова та кінцева маса сушених овочів відповідно, кг;

$u_n, u_k$  – початкова та кінцева концентрація поглинаємого компонента у водожировій емульсії відповідно, кг/кг;

$x_n, x_k$  – початкова та кінцева концентрація поглинаємого компонента в сушених овочах кг/кг;

$P$  – кількість поглинутого компонента, кг.

Вихідні дані для його рішення та результати проведених розрахунків наведені у табл. 2.5.

*Таблиця 2.5* Вихідні дані та результати рішення рівняння матеріального балансу

Показники	Температура водожирової емульсії, °С	
	80	100
<b>Початкові дані:</b>		
маса водожирової емульсії, кг	7,50	7,50
концентрація вологи у водожировій емульсії, кг/кг	0,80	0,80
концентрація жиру в водожировій емульсії, кг/кг	0,20	0,20
маса сушених овочей, кг	1,0	1,0
концентрація вологи в сушених овочах, кг/кг	0,20	0,20
концентрація жиру в сушених овочах, кг/кг	–	–
<b>Кінцеві дані:</b>		
маса водожирової емульсії, кг;	4,85	5,0
концентрація вологи у водожировій емульсії, кг/кг	0,825	0,814
концентрація жиру в водожировій емульсії, кг/кг	0,175	0,186
маса сушених овочей, кг	3,65	3,50
концентрація вологи в сушених овочах, кг/кг	0,603	0,609
концентрація жиру в сушених овочах, кг/кг	0,178	0,163
<b>Результати розрахунку кількості поглинутого компонента:</b>		
вологи, кг	2,0	1,93
жиру, кг	0,65	0,57

Встановлено, що рівняння матеріального балансу для цього випадку виконується і дає в лівій та правій частинах однакові результати. Кількість поглинутих компонентів 1 кг сушених овочів становить: вологи – 2,0 кг та 1,93 кг, жиру – 0,65 кг та 0,57 кг при температурі 80 °С та 100 °С відповідно.

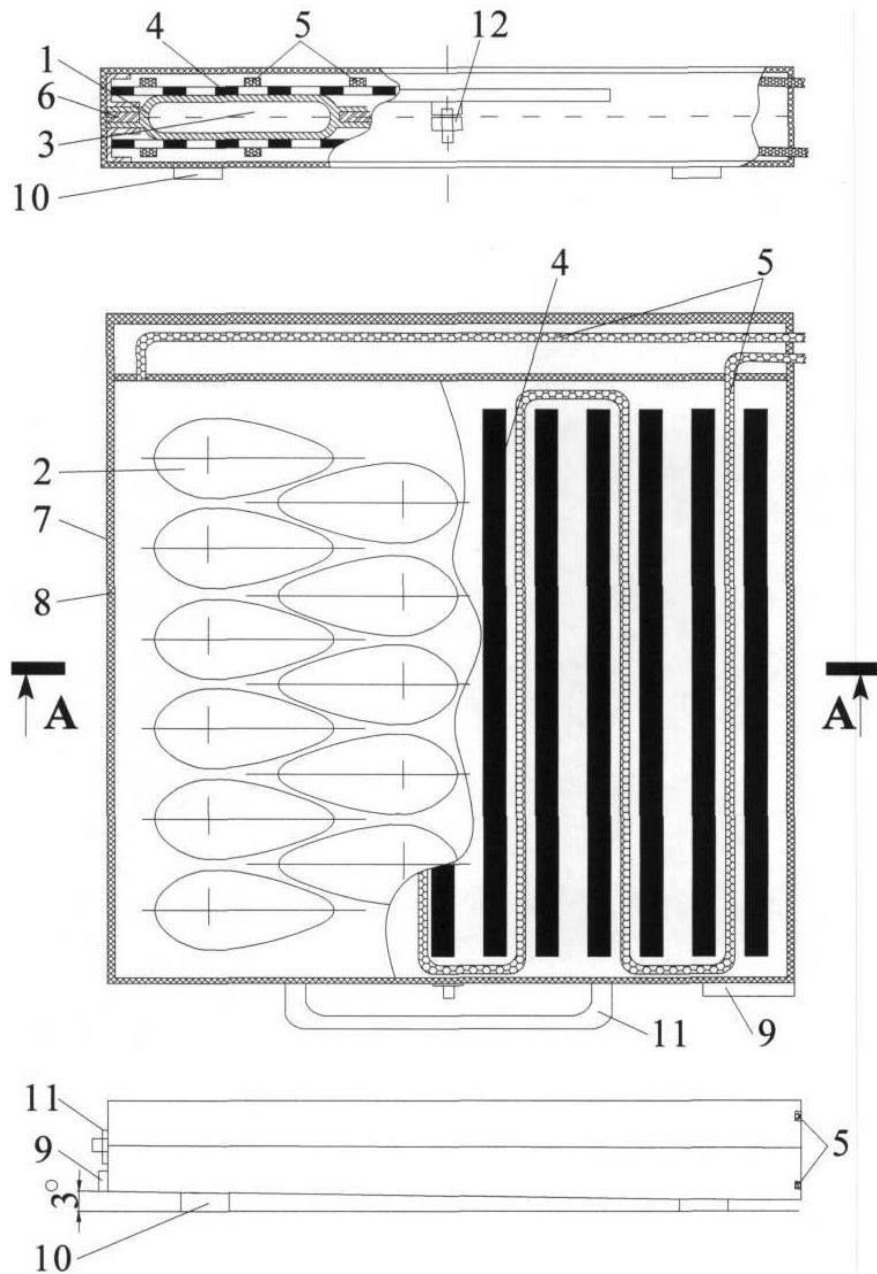
*2.5.4. Вдосконалення пристрою для смаження січених кулінарних виробів з частковим внесенням сушених овочевих наборів*

Смаження січених виробів основним способом є широко розповсюдженим технологічним процесом підприємств харчування. Технологічна суть цього процесу полягає в доведенні продукту до кулінарної готовності з утворенням специфічної скоринки шляхом контакту його з нагрівальною поверхнею. На підприємствах харчування для смаження січених виробів використовують електросковороди СЕСМ-0,2; СЕСМ-0,5; СЕ-0,22; СЕ-0,45. Ці апарати складаються з чавунної чаші, під днищем якої в спеціальних канавках розташовані електронагрівачі, та відкидної кришки [39].

Недоліками конструкцій електросковорід у готуванні січених виробів слід вважати: значну тривалість процесу смаження виробів і високі питомі витрати теплоти; значні втрати вологи виробами та їх низький вихід; використання додаткового теплового апарата для доведення виробів до готовності; високу трудомісткість процесу, що зумовлена необхідністю перевертати вироби під час смаження та переміщати їх до жарової шафи; термічне окислювання та розбризкування жиру, який використовується як проміжний теплоносіє.

В основу вдосконалення пристрою для смаження січених кулінарних виробів з частковим внесенням сушених овочевих наборів поставлена задача створення пристрою для смаження січених виробів (ПССВ), (рис. 2.16).

Робота пристрою ПССВ полягає в наступному. На пульті керування 9 терморегулятором встановлюють необхідну температуру і підключають до мережі ГПРЕНВТ 4. За досягнення необхідної температури до заглибин 2 нижньої жарової плити 1 кладуть напівфабрикати у середовище для виробів 3 і герметично зачиняють верхньою жаровою плитою за допомогою механічного затискача 12. Для виконання техніки безпеки зовнішня поверхня жарових плит обгорнута з поверхні. При цьому згідно технічним вимогам кожна з жарових поверхонь обгорнута сталевими листами 7 з теплоізолюючою поверхнею 8, а внутрішній простір плит має прокладки з термостійкої гуми 6 для ущільнення їх під час смаження.



**Рисунок 2.16 – вдосконалений пристрій для смаження січених кулінарних виробів з частковим внесенням сушених овочевих наборів**

У процесі смаження підведення теплоти до виробів здійснюється від жарових плит, з якими вони щільно контактують по всій площі поверхні. За рахунок випаровування вологи під час нагрівання продукту виникає надмірний тиск, який сприяє інтенсифікації процесу.

Внаслідок термодифузійної спрямованості потоків вологи до центру виробів на їх поверхні утворюється скоринка. Наявність протипригарного покриття на поверхні жарових плит перешкоджає прилипанню виробів і дозволяє проводити процес, не використовуючи жир. Закінчивши смаження, ГПРЕНВТ 4 вимикають і через плаский теплообмінник 5 за допомогою автоматичного регулятора, вмонтованому в пульт 9 подають холодну воду, що призводить до охолодження жарових плит і конденсації пари всередині виробів. Охолодження проводять до температури, що відповідає температурі подачі виробів споживачеві. Конденсація пари дозволяє уникнути додаткових втрат маси виробами, а також підвищити екологічну безпеку внаслідок запобігання виділення пари у виробничеприміщення.

При цьому за умови, що передні опірні ніжки 10 вищі за задні на 2 см, утворюючи тим самим кут  $\sim 3^\circ$ , забезпечується повне збігання води перед початком теплової обробки січених виробів з плаского теплообмінника та зменшить його теплову інерційність нагрівання.

Для вивантаження виробів необхідно відкрити механічний затискач 12, за ручку 11 підійняти верхню жарову плиту 1 і зафіксувати її у вертикальному положенні. Вироби піднімають за допомогою дерев'яної фасонної лопатки. Після закінчення роботи жарові плити очищують, промивають теплою водою і насухо витирають.

Технічним результатом, що досягається при використанні вдосконаленої конструкції пристрою є: підвищення техніко-експлуатаційних властивостей пристрою та якості отриманих смажених січених виробів за рахунок забезпечення повного збігання води перед початком теплової обробки січених виробів з плаского теплообмінника та зменшення його теплової інерційності нагрівання.

*2.5.5. Дослідження технологічних показників смаження м'ясоовочевих котлет та їх хімічного складу*

Технологічні показники смаження м'ясоовочевих котлет були оцінені за втратами маси, відносною усадкою та тривалістю процесу. З результатів досліджень (табл.2.6) виходить, що зміна технології приготування котлетної маси за рахунок введення до її рецептури сушених овочів дозволяє зменшити втрати маси на 7,3–8,2%.

Таблиця 2.6 Технологічні показники смаження котлет

Показники	Зразки (по 10 виробів)	
	Контрольні (за традиційною технологією)	М'ясоовочеві
	Традиційним способом	
Маса напівфабрикатів, г	620	620
Маса готових виробів, г	500	545
Втрати маси, %	19,4	12,1
Відносна усадка, %	15,0	8,7
Тривалість теплової обробки, с	720	720

Були проведені дослідження хімічного складу м'ясоовочевих котлет, результати яких зведені у табл. 2.7. Наведені дані свідчать про те, що за вмістом основних харчових речовин (білків, жирів, вуглеводів) м'ясоовочеві котлети наближаються до традиційних виробів з котлетного фаршу, але, на відміну від останніх, вміщують клітковину та вітамін С, що має позитивне значення.

Органолептично відзначено у поєднанні зі смаком, властивим виробам з котлетного фаршу, овочевий, або грибний присмак, високу соковитість, ніжність, піддатливість на розкусування та розжовування, що дозволяє дати найвищу органолептичну оцінку м'ясоовочевим котлетам.

Таким чином, запропоновано процес приготування овочевого наповнювача січених кулінарних виробів, який має підвищити вихід готових виробів завдяки адсорбційним властивостям сушених овочів. У температурному



інтервалі 80...100 °С зміна маси сушених овочей при поглинанні водожирової емульсії становить 250...265 %, вологовмісту – 193...200 %, а жировмісту – 57...65 %.

*Таблиця 2.7 – Хімічний склад м'ясоовочевих котлет*

<b>Показники</b>	<b>Кількість на 100 г</b>
Загальна волога, %	63,4±2,9
Білки, %	12,3±0,5
Жири, %	10,5±0,4
Вуглеводи, %	12,5±0,5
Зола, %	1,10±0,04
Клітковина, %	0,20±0,01
Вітамін С, мг%	8,1±0,3
Енергетична цінність, кДж	649±26

Рішенням рівняння матеріального балансу процесу адсорбції визначено кількість поглинутих сушеними овочами компонентів водожирової емульсії. Отримані результати узгоджуються з результатами досліджень динаміки вологості та жировмісту.

Розроблено технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет, який відрізняється наявністю операцій по приготуванню набору сушених овочів і введення його до рецептури котлетного фаршу, а також способом теплової обробки, що передбачає смаження у ФЗС.

Дослідженнями технологічних показників смаження м'ясоовочевих котлет у герметичних середовищах встановлено, що за незначного збільшення тривалості процесу – на 4,1 %, втрати маси зменшуються на 13,7...15,5 %, а відносної усадки виробів після смаження не відзначається. За вмістом основних харчових речовин (білків, жирів, вуглеводів) м'ясоовочеві котлети наближаються до традиційних виробів з котлетного фаршу, але, на відміну від

останніх, вміщують клітковину та вітамін С. Їх органолептичні показники покращуються наявністю грибного присмаку у поєднанні зі смаком, властивим виробам з котлетного фаршу, та високою соковитістю.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

Процеси жарення знаходять широке застосування на підприємствах ресторанного господарства під час теплової обробки різноманітної за структурою і сировиною кулінарної продукції (м'ясної, рибної, овочевої, круп'яної та ін), що зумовлено особливостями властивостей готової продукції, в першу чергу органолептичних. Недоліками жарення є значні тривалість процесів, час виходу на стаціонарний режим, втрати маси кулінарної продукції, питомі витрати теплоти та трудомісткість, а також низький ККД, значна теплова напруга нагрівальних поверхонь, великі нерівномірність температурного поля та металоємність. У деяких випадках жарення не дозволяє довести продукт до стану кулінарної готовності, на що впливають особливості їх структури, геометричні розміри тощо.

Задача з усунення вказаних недоліків вирішується шляхом розширення застосування комбінованих процесів на основі пошуку нових, більш раціональних та економічно обґрунтованих варіантів теплопідведення та має розвиватися на підставі відомих традиційних принципів із використанням сучасних досягнень науки і техніки.

Для визначення теплоти, що передається продукту під час жарення, використовують основне рівняння теплопередачі, що враховує всі три основні способи теплообміну – теплопровідність, конвекцію і випромінювання. Аналітичні методи розв'язання завдань призводять до значних відхилень результатів розрахунків від експериментальних даних, оскільки припускають постійність теплофізичних властивостей продукту та коефіцієнту тепловіддачі. Для експериментального розв'язування задач з теплопровідності користуються методами фізичного та математичного моделювання.

Електрофізичні методи обробки, що засновані на використанні електричного струму, використовують як окремі самостійні процеси, так і в комбінації з метою інтенсифікації процесів. З них ефективним та найбільш

простим у реалізації є електроконтактний метод. Під час ЕКН електрична енергія перетворюється в теплову безпосередньо в провідному середовищі, що дозволяє ефективно її використовувати в першу чергу для проведення теплових процесів. ЕКН переважнознайшло своє застосування на харчових підприємствах великої потужності, під час розморожування та сушіння, виробництва хлібобулочних та ковбасних виробів.

В умовах ЕКН постійним струмом спостерігається явище електролізу, яке супроводжується електроосмосом, внаслідок чого рідина, що має заряд одного знаку, переміщується до електроду протилежної полярності зі зсувом твердихчастинок, що мають зворотний знак заряду, до іншого електроду.

Для уникнення негативних явищ електролізу, що призводить до небажаної зміни хімічного складу продукту, в електроконтактній обробці часто використовують змінний низькочастотний електричний струм, за якого спостерігається знакоперемінний електроосмос, що призводить до збільшення питомої електропровідності, вологоутримання та виходу готової продукції.

З фізичної точки зору ЕКН є процесом проходження електричного струму через провідник з певним електричним опором, що викликає виділення в ньому теплової енергії, описується законом Джоуля-Ленца. Основною характеристикою харчових продуктів для ЕКН є електропровідність, яка залежить від вологовмісту, температури, ступеня подрібнення, виду і співвідношення компонентів сировини, вмісту жиру, солі, умов зберігання тощо. Для уникнення складних розрахунків під час встановлення раціональних параметрів процесу відповідно до виду виробів доцільно використовувати дослідний шлях визначення електропровідності.

Смаження харчових продуктів здійснюють у сковородах, що розрізняються конструкційними особливостями та способами підведення теплової енергії. Їх основними недоліками є велика тривалість та енергоємність процесу, значна нерівномірність температурного поля усередині виробу, суттєві втрати маси та поживних речовин, що негативно

впливає на показники якості, висока трудо-місткість, що пов'язана з необхідністю ручного перевертання виробів для їх рівномірного смаження з обох боків. Окремі види продукції потребують застосування додаткового теплового апарату (жарильної шафи) для доведення виробів до стану кулінарної готовності, що призводить до великих втрат теплової енергії, зокрема під час виконання допоміжних операцій.

Запікання та випікання кулінарної продукції здійснюють у різноманітних жарильних шафах, основними недоліками яких є велика тривалість та енергоємність процесів, низький ККД, відносна нерівномірність температурного поля усередині виробу, суттєві втрати маси та поживних речовин, що негативно впливає на показники якості. Апарати для запікання та випікання характеризуються складністю конструкційного виконання, що негативно впливає на економічні показники процесів.

Рішення зазначених недолів пооягає в розробці способів приготування асортименту м'ясних кулінарних виробів на основі рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання, НВЧ та ІЧ-обробки, зокрема напівфабрикатів з пряних овочів, овочевих наповнювачів для січених кулінарних виробів.

ЕКН здійснюється в постійному або імпульсному режимах: під час переміщення напівфабрикатів вздовж електродів та при нерухомому положенні в процесі обробки. Параметри струму обираються залежно від виду продукту, часу нагрівання, температури та інших факторів. Застосування ЕКН є перспективним у комбінації з поверхневими методами нагрівання для отримання жареної кулінарної продукції з метою інтенсифікації процесів та забезпечення регульованої рівномірності температурного поля за об'ємом виробу.

Також, у результаті аналізу літературних джерел було доведено, що невирішеними залишаються завдання підвищення енерго- та ресурсоефективності сушіння під час виробництва овочевих наповнювачів. Сформульовано робочу гіпотезу, відповідно до якої мікрохвильова вакуумна

обробка дрібнодисперсних харчових систем за умов перемішування приведе до зниження температурного режиму та підвищення швидкості вологовидалення, що дозволить скоротити тривалість НВЧ-сушіння і знизити рівень фізико-хімічних змін сировини.

Визначено, що за умов вакуумування ( $P=50$  кПа) та механічного перемішування сировини тривалість НВЧ-сушіння скорочується на 22...29 %. Доведено більш високий ступінь збереженості складу вихідної сировини (порівняно з НВЧ-сушінням за атмосферних умов), зокрема кількість азотовмісних компонентів у порошкоподібному – на 56...63 %, вітамінного складу –80...125%.

Розроблено установку для сушіння дрібнодисперсних харчових систем із використанням НВЧ-нагрівання та вакуумування, характерними особливостями якої є наявність перемішувача пристрою в робочій камері НВЧ-печі, що герметично закривається, а також з'єднання останньої з вакуумним насосом через запірно-регулювальну арматуру з конденсатовідводчиком. До основних переваг розробленої установки слід віднести: скорочення тривалості процесу за рахунок використання перемішування сировини в процесі тепло-масообмінної обробки; зменшення втрат біологічно активних речовин за рахунок використання вакуумування, чим забезпечується низькотемпературний режим, а також можливість відбору конденсату, що включає в себе леткі з'єднання, які містяться в сировині.

Запропоновано принципові схеми виробництва пасто- та порошкоподібної харчової продукції з пряних овочів, які передбачають використання мікрохвильової вакуумної обробки з перемішуванням. Основним практичним результатом даного етапу роботи є розширення асортименту продукції багатофункціонального призначення та покращення її якості за рахунок використання режимів тепло-масообмінної обробки, що забезпечують високий ступінь збереження фізико-хімічних властивостей вихідної сировини.

Розроблено низку способів виробництва м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням ЕКН, зокрема котлет січених; зраз січених; зраз яловичих, фаршировані рисом; рулету з макаронами та биточків. Запропоновані способи мають переваги за технологічними показниками виробництва, а саме тривалістю теплової обробки, виходом продукції та енерговитратами. За результатами органолептичної оцінки усі дослідні вироби отримали найвищі органолептичні оцінки. Відзначено, що, у поєднанні зі смаком, властивим м'ясній кулінарній продукції, вироби мають своєрідний приємний присмак доданої рослинної овочевої сировини, підвищену соковитість, ніжність, піддатливість на розкусування та розжовування.

Розроблено апарат для теплової обробки м'ясних кулінарних виробів з додаванням рослинної сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання. Його перевагами є підвищення продуктивності, скорочення тривалості технологічного процесу, зниження витрат енергії та металоємності, високий ККД.

Розроблено апарат для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням із використанням ГПРЕнВТ, що характеризується низькою інерційністю, енергоефективністю, спрощеною схемою керування технологічним процесом. Забезпечує повторення внутрішньої напівсферичної робочої камери апарата. Використання елементів Пельтьє забезпечує автономну роботу витяжних вентиляторів і усуває необхідність теплоізоляції апарата, знижуючи його металоємність. Елементи Пельтьє забезпечують низьковольтну напругу живлення в разі досягнення м'ясним виробом температури в межах 35...40 °С. При цьому температура на їх зовнішній поверхні становить 15...20 °С. Апарат є ресурсоефективним унаслідок щадної температурної обробки м'ясних виробів для збереження їх оригінальних смакових властивостей.

Визначено рекомендаційні технологічні режимні параметри для низькотемпературної обробки м'ясних виробів ІЧ-випромінюванням. Для

м'якої свинини температура обробки становить 53...80°C із тривалістю 5,0...8,0 год; для твердої свинини 55...80 °С із тривалістю 5,0...9,5 год; для м'яса птиці 65...80 °С із тривалістю 4,5...6,0 год; для ніжної яловичини 55...80 °С із тривалістю 5,0...8,0 год; для жорсткої яловичини відповідно 58...83°C із тривалістю 5,0...10,0 год. Результати дегустаційного порівняння зразків м'яса підтверджують високі органолептичні властивості дослідного зразка.

Запропоновано процес приготування овочевого наповнювача січених кулінарних виробів, що передбачає підготовку компонентів овочевого набору: цибуля, перець, гриби та кабачок, – зібрані в повній стадії зрілості, миті, проінспектовані, нарізані та висушені в універсальній ПЧ-сушарці за температури 35...40 °С до вологовмісту 8...11 %, що мають підвищити їх адсорбційні властивості. Адсорбційні властивості овочевого наповнювача у водожировій емульсії дуже високі. У температурному інтервалі 80...100 °С зміна маси при поглинанні водожирової емульсії становить 250...265 %, вологовмісту – 193...200 %, а жирівмісту – 57...65 %.

Рішенням рівняння матеріального балансу процесу адсорбції визначено кількість поглинутих кабачковим наповнювачем компонентів водожирової емульсії.

Розроблено технологічний процес виробництва м'ясоовочевих котлет, який відрізняється наявністю операцій по приготуванню овочевого наповнювача і введення його до рецептури котлетного фаршу. За вмістом основних харчових речовин (білків, жирів, вуглеводів) м'ясоовочеві котлети наближаються до традиційних виробів з котлетного фаршу, але, на відміну від останніх, вміщують клітковину та вітамін С. Їх органолептичні показники покращуються наявністю овочевого присмаку у поєднанні зі смаком, властивим виробам з котлетного фаршу, та високою соковитістю.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дьяченко В. С. Овощи и их пищевая ценность / В. С. Дьяченко. – М. : Россельхозиздат, 1979. – 158 с. (2)
2. Плоды и овощи в питании человека / [В. П. Переднев, Д. К. Шапиро, В. А. Матвеев, А. Ф. Радюк]. – Мн. : Ураджай, 1983. – 208 с. (2)
3. Погарская В. В. Активация гидрофильных свойств каротиноидов растительного сырья [Текст]: монография / В. В. Погарская, Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, В. А. Павлюк, Н. Ф. Максимова. – Х.: Фінарт, 2013. – 345 с. (1)
4. Dherani, M. Blood levels of vitamin C, carotenoids and retinol are inversely associated with cataract in a North Indian population [Text] / M. Dherani, G. V. S. Murthy, S. K. Gupta, I. S. Young, G. Maraini, M. Camparini et al. // *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. – 2008. – Vol. 49, Issue 8. – P. 3328–3335. doi: 10.1167/iovs.07–1202 (1)
5. Stahl, W. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans [Text] / W. Stahl, H. Sies // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. – 1996. – Vol. 336, Issue 1. – P. 1–9. doi: 10.1006/abbi.1996.0525 (1)
6. Freze, R. N. Electric field effects on red chlorophylls,  $\beta$ -carotenes and P700 in cyanobacterial photosystem I complexes [Text] / R. N. Freze, M. A. Palacios, A. I. Azzizi, I. H. M. Stokkum, J. Kruip, M. Rögner et al. // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics*. – 2002. – Vol. 1554, Issue 3. – P. 180–191. doi: 10.1016/s0005-2728(02)00242-6 (1)
7. Губа Н. И. Овощи и фрукты на вашем столе / Н. И. Губа. – К. : Урожай, 1984. – 342 с. (3)
8. Доценко В. А. Овощи и плоды в питании / В. А. Доценко – Л. : Лениздат, 1988. – 287 с. (3)
9. Морква – дуже корисна для організму: 10 важливих властивостей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : // [ukr.media/medicine/376404](http://ukr.media/medicine/376404)
10. Вашека О. М., Рашевська Т. О. Перспектива використання рослинних харчових добавок для виробництва молочних продуктів

функціонального призначення. Київ, 2007. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11606/1/engredientu.pdf> (4)

11. Колесник А. А. Химия плодов и овощей и биохимические основы их хранения / А. А. Колесник. – М. : Экономика, 1971. – 359 с. (3)

12. Буряк, його цілющі властивості. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [licgoroda.blogspot.com/p/blog-page\\_6628.html](http://licgoroda.blogspot.com/p/blog-page_6628.html)

13. Гикало Г. С. Перец / Г. С. Гикало. – М. : Колос, 1982. – 119 с. (3)

14. Гончаренко Г. Н. Разработка процессов безотходной переработки томатных овощей на предприятиях питания : дис. канд. техн. наук : 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Гончаренко Г. Н. – Харьков, 2004. – 184 с. (3)

15. Джафаров А. Ф. Товароведение плодов и овощей / А. Ф. Джафаров. – М. : Экономика, 1985. – 364 с. (3)

16. Снежкин Ю. Ф. Энергосберегающие теплотехнологии производства пищевых порошков из вторичных сырьевых ресурсов / Ю. Ф. Снежкин. – К. : Наукова думка, 2004. – 227 с.

17. Бучинський А. К. Основи технології та техніки сушіння : навч. посібник / А. К. Бучинський, В. С. Коваленко. – Донецьк : УДХТУ, 2002. – 117 с.

18. Корчемний М. Энергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

19. Погожих М. І., Потапов В. О., Цуркан М. М. Технологія сушіння харчової сировини: Навчальний посібник. – Харків: ХДУХТ, 2009. – 240 с.

20. Потапов В. О. Кінетика сушки : аналіз и управління процесом : Монографія. – Харків: ХДУХТ, 2009. – 250 с.

21. Погожих М. І., Пак А.О. Енергоефективні способи переробки харчової сировини: сушіння плодово-ягідної сировини: Навчальний посібник. – Харків: ХДУХТ, 2015. – 159 с.

22. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность 1973. – 528 с.
23. Погожих М. І. Наукові основи теорії та техніки сушіння харчової сировини у масообмінних модулях : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / М. І. Погожих. – Х., 2002. – 34 с.
24. Черевко О. І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – Х. : ХДАТОХ, 2002. – 420 с.
25. Пищевая инженерия : справочник с примерами расчётов / Валентас К. Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. (ред.) ; пер. с англ. под общ.науч. ред. А. Л. Ишевского. – СПб. : Профессия, 2004. – 456 с.
26. Панфилов В. А. Техника пищевых производств малых предприятий / В. А. Панфилов. – М. : КолосС, 2007. – 720 с.
27. Малахов Н. Н. Процессы и аппараты пищевых производств : учеб. для вузов / Н. Н. Малахов, Ю. М. Плаксин, В. А. Ларин. – М. : КолосС, 2005. – 760 с.
28. Черевко О.І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О.І. Черевко, А.М. Поперечний. – 2-ге видання, допов. та виправл. – Харків: Світ книг, 2014. – 496с.
29. Снежкин Ю. Ф. Энергосбережение и интенсификация процесса сушки импульсным ИК–облучением / Ю. Ф. Снежкин, Л. А. Боряк, Д. С. Избасаров // Пром. теплотехника. – 2001. – Т. 23, № 4–5. – С. 90–94.
30. Інноваційні теплові апарати для виробництва плодово-ягідних концентрованих і сушених напівфабрикатів гарантованої якості : Монографія / Черевко О. І. та ін. – Х. : ХДУХТ, 2018. – 154 с.
31. Шорникова Л. П. Конвективно-инфракрасная сушка и её влияние на качество обезвоженной растительной продукции / Л. П. Шорникова, Б. А. Скуковский // Пицца. Экология. Качество : II Междунар. науч.-практ. конф. : тезисы докл. – Новосибирск : РАСХН, Сиб. отд-е, СибНИПТИП, 2002. – С. 250.

32. Закономірності кінетики процесу терморадіаційного сушіння яблучних вичавок, буряка / [І. В. Дубковецький, Т. С. Веселовська, І. Ф. Малежик, Ю. П. Луцик] // Наукові праці НУХТ. – К., 2007. – № 22. – С. 58–61.

33. Дослідження кінетики інфрачервоного сушіння яблучних вичавок / [Т. Є. Веселовська, І. Ф. Малежик, Ю. П. Луцик та ін.] // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2006. – Вип. 28. – С. 79–81.

34. Джураев Х. Ф. Инфракрасная сушка плодов / Х. Ф. Джураев, О. Р. Абдурахманов // Техника и технология пищевых продуктов : Междунар. науч.-практ. конф : тезисы докл. – Могилев, 2005. – С. 208.

35. Пат.на корисну модель 58275 Україна, МПК А 23 L 1/025. Комбінований спосіб теплової обробки харчових продуктів / О. І. Черевко [та ін.] (Україна) ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч.та торг. – № 201010657 ; заявл. 03.09.2010 ; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.

36. Перспективи способу жарення кулінарних виробів з електроконтактним тепловим впливом / І. Г.Бабанов, В. М.Михайлов, А. О. Шевченко, С. В. Михайлова // Харчова промисловість. – 2018. – № 23. – С. 62-66.

37. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – К. : А.С.К., 1998. – 656 с.

38. Черевко О. І., Кіптела Л. В., Загорулько А.М. ІЧ-сушарка для сушіння органічної рослиної сировини / Патент України на винахід № 106461, А23N 12/08 B01D 1/00, від 26.08.2014 р.

39. Михайлов В.М., Ляшенко Б.В., Загорулько О.Є., Загорулько А.М. Пристрій для смаження січених виробів / Патент України на корисну модель № 123985, А47J 37/00, від 12.03.2018 р.