

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ЗАХАРЕНКО ВІТАЛІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 664.443:664.653:664.87

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ЕКСПЕРТИЗИ

ПОРИСТИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Спеціальність 05.18.15 – товарознавство

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Харківському державному університеті харчування та торгівлі
Міністерства освіти і науки України.

Науковий

консультант:

доктор технічних наук, професор

Пивоваров Павло Петрович,

Харківський державний університет харчування та торгівлі,
професор кафедри технології харчування

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Прикульська Наталія Володимирівна,

Київський національний торговельно-економічний університет,
проректор з наукової та навчально-методичної роботи,
завідувач кафедри товарознавства та експертизи
харчових продуктів

доктор технічних наук, доцент

Дятлов Володимир Васильович,

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського,
професор кафедри товарознавства і експертизи
продовольчих товарів

доктор технічних наук, професор

Ковбаса Володимир Миколайович,

Національний університет харчових технологій,
проректор з навчально-виховної роботи,
завідувач кафедри технології хліба, кондитерських,
макаронних виробів та харчоконцентратів

Захист відбудеться 26.05.2010 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клоч-
ківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного університету ха-
рчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий 22 квітня 2010 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

А.А. Дубініна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У теперішній час одним із пріоритетів державної політики в галузі переробки харчової сировини та виробництва харчових продуктів є покращення структури харчування населення за рахунок підвищення споживання продуктів з високою харчовою цінністю. В багатьох технологічних процесах підвищення харчової і біологічної цінності, забезпечення збалансованості хімічного складу та формування споживних властивостей досягається використанням харчових та дієтичних добавок. Введення до складу традиційних продуктів харчування добавок змінює їх структуру і впливає на фізичні властивості продуктів – щільність, пористість, збитість, рихлість, тим самим погіршуючи споживні властивості.

У широкому асортименті продукції, що виробляється заводами ресторанного господарства та харчової промисловості, достатньо велику групу складають продукти з пористою структурою, серед яких – десерти, борошняні кондитерські вироби (БКВ), сухі сніданки та інші. Пориста структура притаманна й багатьом видам харчової сировини, що переробляється.

Численні експертизи підтверджують, що при отриманні полікомпонентних харчових систем введення до складу продуктів харчових та дієтичних добавок, а також різних харчових інгредієнтів, що мають високу здатність до зв'язування та утримання вологи, призводить до істотних змін пористої структури, перерозподілу вологи за формами зв'язку, змін структурно-механічних властивостей і консистенції продукту. Це диктує необхідність, з одного боку, встановлення закономірностей формування структури під впливом добавок і узагальнення інформації про нові властивості продуктів, а з іншого – розробки нових і вдосконалення загальноприйнятих методів дослідження і контролю, що підвищують ефективність експертизи як на окремих стадіях технологічного процесу, так і під час зберігання. Актуальність і необхідність такого роду досліджень визначається тим, що в цих змінах об'єктивно виявляються певні тенденції, пов'язані з властивостями продуктів і добавок, а також сучасними тенденціями розвитку ринку структурованих, збагачених, цільових продуктів підвищеної харчової цінності, профілактичної дії та інш. Усе це зумовлює необхідність підвищення рівня упереджувачого контролю, пов'язаного саме з фізичними властивостями продуктів, їх текстурними властивостями як на стадії розробки технології продуктів, так і виробництва готових до вживання харчових форм.

Оскільки текстурні характеристики, зокрема пористість, визначають споживні властивості харчових продуктів, то можливість їх контролю, визначення закономірностей їх формування на стадіях виробництва і зберігання набуває важливого значення. Для покращення контролю необхідно розробити методологію та деталізувати методи експертизи, визначити і узагальнити інформацію про структуру капілярно-пористих сировини і продуктів, розробити науково обґрунтовані рекомендації за можливості корекції показників їх якості, відповідно до чинників технологічного впливу і чинників, які проявляються під час зберігання сировини, напівфабрикатів і готової до споживання продукції. Використання існуючих методів визначення і контролю пористості харчових продуктів для характеристик їх структури за існуючих можливостей впливу на текстуру харчових продуктів на сучасному етапі не забезпечує необхідного рівня експертизи, оскільки має недостатню дозвільну здатність методів експертизи і є стримуючим чинником удосконалення техно-

логії нових продуктів харчування із заданими споживними властивостями. Виходячи з цього, дослідження, пов'язані з удосконаленням традиційних методів вивчення пористої структури, розробка методології та методів експертизи з введенням нових об'єктивних показників, що розширюють їх інформаційний спектр і дозволяють на більш високому рівні оцінювати якість продуктів харчування, є важливою народногосподарською і науковою проблемою, дуже актуальною на сучасному етапі, а їх впровадження дозволить гарантувати стабільні показники якості.

Вирішення цієї проблеми дозволить істотно підвищити роздільну здатність методів при проведенні експертизи, науково обґрунтувати і скоригувати використання нових творчих підходів для вдосконалення складу, харчової та біологічної цінності традиційних харчових продуктів харчування без зміни їх унікальної структури. З іншого боку, підвищення дозвільної здатності визначення пористості продуктів дозволить більш обґрунтовано визначати умови і терміни зберігання продуктів із пористою структурою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до планів держбюджетних і госпдоговірних тем Харківського державного університету харчування та торгівлі, за замовленням Міністерства освіти і науки України: №11-86-90Б «Розробка фізичних методів дослідження якості продуктів харчування»; №11-90Д «Розробка фізичних методів інтенсифікації процесу сушення рослинної сировини (госпдоговірна тема з ХФВНДІ напоїв і мінеральних вод, м. Харків)»; №10-01-03Б «Товарознавчі аспекти підвищення якості цукатів з овочів»; №3-05-06Б (0105U002055) «Удосконалення якості пористих харчових продуктів»; «Методика дослідження структури шкаралупи яєць» (спільно з Інститутом птахівництва УААН (с. Бірки, Харківська обл.); №10-07-09Б (0106U012039) «Дослідження пористих харчових продуктів при зберіганні».

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є удосконалення методології експертизи харчових продуктів із пористою структурою шляхом підвищення дозвільної здатності визначення їх капілярно-пористої структури, встановлення закономірностей впливу характеру пористості на якість і споживні властивості продуктів, їх зміни під впливом технологічних чинників і в процесі зберігання. Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розробити методологічний підхід до класифікації харчових продуктів залежно від їх пористої структури;
- теоретично обґрунтувати методи експертизи і методологію дослідження харчових продуктів з капілярно-пористою структурою;
- встановити закономірності формування якісних показників продуктів під впливом технологічних чинників, під час зберігання залежно від їх пористості;
- науково обґрунтувати і розробити методи експертизи харчових продуктів шляхом дослідження диференціальної пористості в області мікропор і на основі теоретичної моделі сорбційних процесів пористими харчовими продуктами отримати узагальнююче апроксимуюче рівняння сорбції та аналітичний вираз диференціальної функції розподілу (ДФР) пор за радіусами;
- розробити метод експертизи харчових продуктів шляхом дослідження диференціальної пористості в області макропор і встановити корелятивну залежність цього показника з органолептичними показниками хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів;

- розробити метод розрахунку теплоти сорбції водяної пари на поверхні пористих продуктів для оцінки міцності зв'язку вологи, отримати вираз для ентропії з тим, щоб за її зміною прогнозувати терміни зберігання продуктів;

- за теоретично визначеною проникністю пористої структури яєчної шкаралупи розробити теорію втрат вологи яєць, результати якої можуть бути покладені в основу оцінки якості курячих яєць під час зберігання;

- дослідити вплив харчових добавок на структуру комбінованих харчових продуктів, хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів і за зміною пористості оптимізувати їх кількісний вміст при розробці рецептур;

- на принципах оцінювання пористості розробити метод визначення розпушеності дріжджового тіста, що забезпечує отримання максимальної інформації про газотримуючу здатність тіста під час бродіння;

- науково обґрунтувати і розробити новий метод визначення коефіцієнта дифузії вологи при регідратації (обводненні) сушеної рослинної сировини і продуктів;

- розробити методологію експертизи і оцінки споживних властивостей сушеної рослинної сировини і прогнозування її термінів зберігання;

- розробити комплекс організаційних заходів з упровадження результатів дослідження у науковий, виробничий та навчальний процеси;

- здійснити оцінку економічного і соціального ефекту від практичного впровадження результатів роботи.

Об'єкт дослідження – товарознавчі характеристики харчової сировини і продуктів.

Предмет дослідження – сировина і харчові продукти з гетерогенною пористою структурою.

Методи дослідження – стандартні фізико-хімічні, мікробіологічні, органолептичні методи дослідження сировини і харчових продуктів, методи аналітичних досліджень з використанням математичного і фізичного моделювання, оригінальні нові методи дослідження сировини і продуктів, розроблені в даній роботі, – загальної та диференціальної пористості, теплоти сорбції, розпушеності тіста, розчинних сухих речовин в цукатах, вимірювання паро- і повітропроникності, коефіцієнта дифузії вологи сушеної рослинної сировини та ентропії продуктів під час їх зберігання.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова концепція, покладена в основу роботи, полягає в тому, що розробка методології та створення системи інструментальних фізичних методів дослідження продуктів харчування з гетерогенною пористою структурою підвищує дозвільну здатність експертизи і дозволяє прогнозувати покращення їх якості за рахунок можливого моніторингу об'єктивних фізичних характеристик, пов'язаних з їх пористістю, співставити досліджувані топографічні текстурні характеристики продуктів з еталонними і тим самим забезпечити постійний високий рівень споживних характеристик сировини, напівфабрикатів та готових до споживання харчових форм.

У ході реалізації концепції одержані наступні нові наукові результати:

- за результатами вивчення і наукової систематизації харчових гетерогенних систем за їх структурою вперше теоретично спрогнозовано і науково обґрунтовано новий метод експертизи ха-

рчових продуктів шляхом розрахунку нового показника якості – коефіцієнта варіації площі фільтруючих пор, який корелює з їх органолептичними показниками, пов'язаний з диференціальною пористістю харчових продуктів у області макропор, заснований на утриманні інертної рідини капілярно-пористою структурою продукту, а також розроблена методологія, методика і устаткування, які дозволяють об'єктивно оцінювати ступінь однорідності пор;

- науково обґрунтовано і вдосконалено методику визначення пористості гетерогенних харчових продуктів, використання якої дозволяє підвищити дозвільну здатність методів, що використовуються для проведення експертизи і оцінки якості хлібобулочних виробів, понизити похибку результатів за рахунок виключення з розрахунків величини дійсної їх густини, що має істотну невизначеність значень у разі використання для експертизи методики Журавльова за ГОСТ 5669;

- вперше на основі рівнянь набрякання і масопровідності отримано апроксимуюче рівняння сорбції-десорбції вологи харчовими продуктами у всьому діапазоні відносних вологостей повітря, яке задовільно описує процес сорбції для пористих харчових продуктів під час їх зберігання;

- на основі ізотерм сорбції розроблено науково-методичні основи побудови ізостери розрахунковим шляхом, засновані на аналітичному дослідженні експериментальних ізотерм сорбції за природних умов; виведено формулу для розрахунку теплоти сорбції водяної пари на поверхні пористих продуктів, що дозволяє оцінити зміни в дисперсності комбінованих продуктах залежно від властивостей добавок;

- на основі узагальнення теоретичних та експериментальних даних розроблено методологію оцінки якості продуктів із капілярно-пористою структурою шляхом визначення їх загальної і диференціальної пористості та співставлення їх структурних параметрів з еталонними зразками, що дозволяє замінити визначення показників суб'єктивними органолептичними методами на об'єктивні інструментальні;

- розроблено теоретичні основи проникності яєчної шкаралупи як твердого покриття з капілярно-пористою структурою і вперше шляхом введення нового показника – коефіцієнта проникності яєчної шкаралупи – науково обґрунтовано диференціальний підхід для оцінки споживних властивостей під час зберігання яєць;

- за теоретичними кривими кінетики втрат вологи в яйцях, які побудовані залежно від параметрів навколишнього середовища, науково обґрунтовано і розроблено методологію прогнозування термінів їх зберігання залежно від проникності шкаралупи; доведено, що основний внесок у процес псування під час зберігання привносить проникність шкаралупи над повітряною камерою;

- науково обґрунтовано новий метод визначення вмісту розчинних сухих речовин (РСР) під час виробництва цукатів;

- теоретично обґрунтовано метод визначення коефіцієнта дифузії сушеної рослинної сировини і продуктів у разі їх відновлення (обводнення). Надано товарознавчо-технологічну оцінку сушеної продукції та спрогнозовано динаміку зміни показників її якості.

Практичне значення одержаних результатів На підставі проведених теоретичних і наукових досліджень реалізовано наукову концепцію, що дозволило шляхом удосконалення методології, розробки та впровадження нових методів експертизи пористих харчових продуктів вирішити

важливу народногосподарську проблему, пов'язану з підвищенням якості харчових продуктів. У ході реалізації наукової концепції:

- розроблено методики і створено установки для оцінки пористої структури хлібобулочних і комбінованих продуктів харчування; методики МВ Х 05.1505-2006 «Методика выполнения измерения дифференциальной пористости мякоти» і МВ Х 08.1517-2006 «Методика выполнения измерений пористости мякиша» зареєстровані в Харківському регіональному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології та сертифікації (ХРЦСМС), апробовані та упроваджені в ЗАТ «Олексіївський хлібозавод» (м. Харків, акт від 09.02.2005 р.), МПП «Бісквіт» (м. Харків, акт від 10.04.2001 р.) і ТОВ «Гайфун-2000» (м. Харків, акт від 12.01.2010 р.);

- розроблено методологію, методику і створено установку для визначення повітро- і паропро проникності (динамічний метод) пористого покриття харчових продуктів, у тому числі і шкаралупи курячих яєць без порушення їх цілісності, що дозволяє прогнозувати терміни їх зберігання залежно від умов зберігання; методика і установка упроваджені та використовуються в Інституті птахівництва УААН при розробці нових технологій інкубації яєць свійської птиці (с. Бірки, Харківська обл., акт від 18.11.2005 р.);

- розроблено методологію, методику і створено установку для визначення розпушеності дріжджового тіста, що дозволяє оцінювати якість дріжджового тіста в процесі випікання в автоматичному режимі; метод апробований та упроваджений у виробництво в МПП «Бісквіт» (м. Харків, акт від 10.04.2001 р.) і ВАТ Балаклійський хлібозавод» (м. Балаклія, Харківська обл., акт від 24.03.2000 р.);

- розроблено методи досліджень, які використані під час обґрунтування та затвердження нормативної документації: ТУ У 15-02-588-90 «Термоформований білковий напівфабрикат морожений»; ТУ У 40-01566330.088-2000 «Напівфабрикат багатофункціонального призначення з гарбуза»; ТУ У 15.3-32134630-001-2003 «Желе»; ТУ У 15.3-01566330-150-2003 «Цукати і сиропи з гарбуза і моркви»; ТУ У 15.3-30990063:2009 «Десерти фруктові».

Методи експертизи апробовані в процесі виробництва дослідно-промислових партій бісквіта «Золотавий» і печива «Любава» у ЗАТ «Світанок» (м. Харків, акт від 15.03.2000 р.). Вироблено дослідно-промислові партії цукатів з гарбуза і моркви у консервних цехах ТОВ «Зеленогірські консерви» (АР Крим, м. Зеленогірськ, акт від 01.12.2003 р.), ВАТ «Немирівський завод продовольчих товарів «СТИМУЛ» (м. Немирів, Вінницька обл., акт від 13.01.2004 р.), АТ «Плодокомбінат-А» (м. Харків, акт від 11.02.2004 р.). Розроблені методики і прилади для оцінки загальної та диференціальної пористості хлібобулочних і комбінованих продуктів харчування упроваджені в навчальний процес ХДУХТ для дисциплін «Матеріалознавство та основи технології виробництва споживчих товарів» і «Товарознавство» (акт від 09.11.2009 р.). Нові методи досліджень впроваджені в дисертаційних роботах О.О. Гринченко, Д.Ю. Прасола, С.Г. Козлової, Л.К. Карпенко, Ю.В. Чудік, Т.А. Непочатих, Т.В. Троший та підтвердили можливість моніторингу якості продукції з гетерогенною структурою під впливом технологічних чинників і режимів зберігання.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні наукової гіпотези, наукової концепції і основних наукових положень дисертації, складанні програми дослідження, участі в проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результа-

тів і підготовці їх до публікації, складанні заявок на винаходи, в розробці нормативної та технологічної документації, впровадженні результатів дослідження в практику і навчальний процес.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались, обговорювались і були схвалені на всесоюзних конференціях «Проблемы индустриализации общественного питания страны» (м. Харків, 1984, 1989 рр.), «Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания» (м. Харків, 1990 р.), міжнародних конференціях «Товари XXI століття» (м. Полтава, 2002 р.), «Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі» (м. Харків, 2003 р.), «Товарознавство та ринок споживчих товарів у 3-му тисячолітті» (м. Донецьк, 2004 р.), I міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції (м. Київ, 2005 р.), міжнародних конференціях «Техніка і технологія харчових виробництв» (м. Могильов, 2005 р.), «Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія» (м. Харків, 2006 р.), «Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі» (м. Харків, 2008 р.), науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу ХДУХТ (1980-2009 рр.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 56 наукових праць, у тому числі 37 статей (серед яких 34 статті у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України), 8 деклараційних патентів України, 1 патент України на корисну модель та 10 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел, який включає 345 найменувань, з них 43 іноземних, і 45 додатків. Основний текст роботи викладено на 342 сторінках, включає 60 рисунків та 60 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено наукову концепцію, новизну і практичне значення одержаних результатів, наведено відомості щодо апробації та реалізації роботи.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану досліджень пористої структури харчових продуктів» доведено зв'язок між топографічною структурою продуктів із гетерогенною структурою і їх якістю. Відзначено, що під дією технологічних чинників структура продукту може бути замінена цілеспрямовано за рахунок використання в традиційних технологіях нових видів сировини, чи спонтанно у разі зміни або недотримання технологічних параметрів. Необхідність забезпечення сталих показників якості диктує доцільність розробки методів вимірювання і зіставлення структурних показників. Встановлено, що існуючі методи дослідження дисперсності харчової сировини не забезпечують формування якості в технологіях продуктів, які мають фіксований просторовий пористий каркас. Наголошено, що знання характеристик пористої структури харчових продуктів дозволяє здійснювати об'єктивний контроль якості харчових продуктів із пористою структурою. Ця інформація дозволяє управляти показниками якості готових продуктів шляхом цілеспрямованої технологічної дії на пористу структуру харчової сировини і напівфабрикатів. Відсутність сучасних фізичних мето-

дів дослідження є стримуючим чинником контролю і експертизи капілярно-пористої структури як під час виготовлення продуктів, так і в процесі їх зберігання.

У другому розділі «Організація, предмети і методи дослідження» обґрунтовано наукову концепцію роботи. Показано, що для її реалізації необхідно теоретично обґрунтувати розробку методів визначення ДФР пор за радіусами за всією шкалою дисперсності пористих харчових продуктів.

Відзначено, що для вирішення комплексу завдань, які впливають з мети та наукової концепції, необхідно розробити низку експериментальних методів для кількісного аналізу пористої структури гетерогенних пористих продуктів, зокрема визначення аналітичного виду їх ДФР пор. Наведено описи стандартизованих методів визначення фізико-хімічних характеристик сировини та продуктів, а також оригінальні методи дослідження і експериментальні стенди. Описані програми, що використовувалися для автоматизації визначення ДФР макро- і мікропор, теплоти сорбції та ентропії.

У третьому розділі «Теоретичне обґрунтування дослідження пористої структури харчових продуктів» запропонована нова класифікація харчових продуктів за наявністю фазових поверхонь, наведено оригінальну класифікацію методів визначення дисперсності харчових продуктів, обґрунтовано вибір фізичної моделі для аналітичного дослідження властивостей продуктів із пористою структурою, теоретично обґрунтовано визначення ДФР пор харчових продуктів та її вплив на дозвільну здатність методів, теоретично обґрунтовано дослідження повітропроникності капілярно-пористих тіл та їх просочування різними рідкими харчовими середовищами.

В основу методології дослідження харчових продуктів із пористою структурою покладено розроблену нами класифікацію харчових продуктів за наявністю фазових поверхонь (рис. 1). Серед гетерогенних харчових продуктів виділено дві групи продуктів – безструктурні та структуровані, які за кількістю фаз можуть бути двофазними та багатофазними. Структуровані харчові продукти мають колоїдну капілярно-пористу будову, ідентифікуються за фазовими ознаками як Г/Т, Р/Т, Т/Г, Г/Р/Т, Г/Т/Р, Г/Т/Т (Г – газ, Р – рідина, Т – тверде тіло) і характеризуються наявністю, як мінімум, однієї дуже рухливої фази. Особливістю топографії структурованих продуктів, яка покладена в основу методології, методів та установок для оцінки якості і проведення експертизи, є наявність широкого спектру радіусів пор або мікрокапілярів та виражена схильність до зміни співвідношення фаз – властивостей, які визначають термодинамічну стійкість продуктів у часі, інтенсивність водо-, газо-, парообміну під час зберігання, органолептичні показники та терміни зберігання.

Спрогнозовано неможливість розробки уніфікованого методу для визначення всього спектру радіусів пор в інтервалі $r_{min} \leq r \leq r_{max}$ (де $r_{min} < 10^{-7} \text{ м}$, $r_{max} > 10^{-7} \text{ м}$), що пов'язано з різною природою взаємодії фаз в області мікро- та макропор. Підтверджено, що повнота визначення мікро- і макропор продукту та закономірності їх розподілу у вигляді ДФР визначають дозвільний рівень методів під час проведення експертизи пористої структури продуктів.

Доведено, що головна структурна особливість пористих харчових продуктів – неоднорідність пористої структури за радіусами пор, тобто ДФР пор, суттєво впливає на якість пористих продуктів. За умови можливості достовірної оцінки ДФР, що забезпечується наявністю методів дослідження і повнотою її визначення (діапазонами від r_{min} до r_{max}), можливе суттєве підвищення якості харчових продуктів, обґрунтування параметрів технологічного процесу та умов зберігання. З урахуванням цього

виникає можливість контролю міжфазних поверхонь без моніторингу співвідношення фаз і проведення експертизи як в процесі переробки сировини і напівфабрикатів, так і під час зберігання готової продукції. Це обґрунтовує необхідність розробки наукових основ, теоретичних аспектів методології аналізу і методів для визначення змін дисперсності.

Рис. 1. Класифікація харчових продуктів за наявністю фазових поверхонь

Розробка таких методів дозволяє контролювати споживні властивості продуктів за допомогою кількісних фізичних величин – середнього радіуса пор ($r_{сер}$) та середньоквадратичного радіуса пор $\overline{r^2}$, які залежать від ДФР – $f(r)$, коефіцієнта варіації площі фільтруючих пор (V) або коефіцієнта проникності покриття (K), коефіцієнта дифузії (a_d) у разі просочення продуктів, що корелятивно пов'язані з їх органолептичними показниками. Такий підхід дозволяє замінити суб'єктивну органолептичну оцінку на об'єктивні фізичні величини. Показано, що характеристика і структура міжфазних поверхонь сировини визначає технологічні режими під час виробництва продуктів, умови (температура, відносна вологість повітря) та терміни їх зберігання. Доведено, що ДФР пор визначає якість продуктів з твердим скелетом і обумовлює вплив на їх споживні властивості. З урахуванням спектру радіусів пор ($r \leq 10^{-7}$ м – мікропори та $r \geq 10^{-7}$ м – макропори) запропоновано класифікацію методів, які використовуються для визначення дисперсності пористих харчових продуктів (рис. 2). Визначено, що використання сорбційного методу, недолік якого пов'язаний з повнотою визначення мікропор продуктів та неможливістю отримання рівноважного вологовмісту при високих відносних вологостях повітря ($0,9 \leq \varphi \leq 1,0$), а також відсутністю аналітичного виразу для ДФР пор, оскільки остання знаходиться графічним диференціюванням ізотерм сорбції-десорбції, не дає повної інформації про пористість у мікропоровій області. Одночасно, використання існуючого мікроскопічного методу не дозволяє провести експертизу харчових продуктів у макропоровій області ($r \geq 10^{-7}$ м). Це підтверджує необхідність розробки окремих методів визначення для мікропорової ($r \leq 10^{-7}$ м) та макропорової ($r \geq 10^{-7}$ м) областей та обґрунтування методології об'єднання результатів для об'єктивної побудови кривої ДФР в інтервалі радіусів пор від r_{min} до r_{max} .

Рис. 2. Класифікація методів для визначення дисперсності харчових продуктів

Для теоретичного обґрунтування методів дослідження та розробки установок нами доведено доцільність вибору капілярної моделі пористого тіла, яка відображає топографію пористих продуктів із структурою Р/Т та Г/Т, в якій ДФР визначається як відносна величина dV/V_p об'єму пор у вузькому інтервалі радіусів пор dr :

$$(1), \quad \text{з умовою нормування} \quad , \quad (2)$$

де V_p – загальний об'єм пор в продукті, який підлягає експертизі, м^3 ; r_{min} та r_{max} – мінімальний та максимальний радіуси пор, мкм .

Умова нормування для побудованої експериментально ДФР дозволяє знаходити частку пор у заданому інтервалі радіусів (Δr) і тим самим контролювати необхідні показники та їх зміну під впливом технологічних чинників та зберігання: дисперсність – через середній радіус пор ($r_{сep}$) і коефіцієнт проникності (K) мембрани – через значення пористості (Π) і середньоквадратичний радіус пор (r^2):

$$(3), \quad \text{де} \quad . \quad (4)$$

Із відомих рівнянь гідродинаміки одержано кінетику тиску $P(\tau)$ залежно від площі фільтруючих пор (ΔS) відомих радіусів пор (r). Теоретично обґрунтовано метод визначення ДФР в області макропор з використанням інертної рідини (гасу), яка контрольовано витискується із капілярів і пор капілярно-пористого продукту:

$$, \quad (5)$$

де P_0 – початковий тиск, Па; C – константа, в яку входить площа фільтруючих пор ΔS , $\text{кг}^{1/2} \cdot \text{м}^{-1/2} \cdot \text{с}^{-2}$.

Для полідисперсних систем, що є характерним для більшості пористих продуктів, залежність (5) буде мати вигляд кривої, на якій перепад тиску пропорційний $\Delta r = r_1 - r_2$ дозволяє визначити ΔS і тим самим побудувати ДФР пор в інтервалі $r_{min} \leq r \leq r_{max}$ під час графічного диференціювання експериментальної кривої. Такий підхід дозволяє: визначити ДФР, спрогнозувати конструкції установок, які здатні змінювати тиск від P_{min} до P_{max} , необхідних для витискування рідини із радіусів $r \geq r_{min}$, визначитися із інертною рідиною для заповнення пор продукту, розробити методологію розрахунку ДФР пор харчових продуктів. З урахуванням теоретичних досліджень для підвищення контролю якості пористої структури продуктів запропоновано впровадити новий показник її якості – коефіцієнт варіації площі фільтруючих пор (V). Науково обґрунтовано новий метод і розроблено установку (рис. 3) дослідження макропористої структури харчових продуктів, заснований на пропресуванні повітря через зразок, пори якого попередньо заповнені гасом, що фактично зводиться до експериментального визначення кінетики тиску $P(\tau)$. Для знаходження ΔS за практичної реалізації даного методу використовують формулу:

$$, \quad (6)$$

де $K_{уст} = 2,14 \cdot 10^{-5}$ – стала приладу, $\text{м}^2 \cdot \text{с} / \text{Па}^{1/2}$.

Рис. 3. Схема установки для визначення ДФР харчових продуктів в області макропор: 1 і 2 – крани; 3 – накидна гайка; 4 – чарунка; 5 – гумова прокладка; 6 – металеве кільце; 7 – балон; 8 – алюмінієва шайба; 9 – зразок

Використання при проведенні експертизи відносно низьких величин тиску ($0 \leq P \leq 4 \cdot 10^3$ Па) дозволяє за цією методикою контролювати якість таких виробів як хліб, БКВ, пористий шоколад, комбіновані продукти та ін. З розумінням того, що багато продуктів (ковбаси, сардельки, курячі яйця) мають покриття у вигляді пористої мембрани, через яку проходить масообмін, що лежить в основі втрат під час зберігання, проведено теоретичне обґрунтування швидкості масообміну випаровування вологи, в результаті чого встановлена залежність паропроникності (P_n) при відповідному перепаді атмосферного тиску (Δp) ззовні та всередині від пористої мембрани (), температури навколишнього середовища (T) та відносної вологості повітря (ϕ):

$$, \quad (7)$$

де $\overline{r^2}$ – середньоквадратичний радіус пор, м²; P – загальна пористість; d – товщина мембрани, м; η – коефіцієнт внутрішнього тертя повітря, кг/м·с; G_s – питома кількість пари в повітрі при насиченні, кг/м³; φ – відносна вологість повітря.

Тим самим, за прогнозованої інтенсивності масообміну, яка залежить від пористості мембрани, можуть бути обґрунтовані та спрогнозовані режими, терміни і умови зберігання, а також оптимізовано технологію та склад виробів, які мають капілярно-пористе покриття. Виходячи з того, що багато харчових систем піддається різного роду технологічним впливам, з метою заміни рідкої фази, шляхом розгляду кінетики процесу просочення сировини теоретично досліджено і встановлено закономірності проникнення рідкої фази (W_k) в середину капілярно-пористого тіла залежно від ДФР:

(8)

де ρ_c – густина рідкої фази, кг/м³; ρ_i – дійсна густина рослинної сировини, кг/м³; $f(r)$ – диференціальна функція розподілу пор за радіусами, м⁻¹; W_k – вміст рідкої фази; r_{min} , r_{max} – мінімальний та максимальний радіуси пор відповідно, м; d – товщина зразка, м; $\cos\theta$ – змочування сировини; η – коефіцієнт внутрішнього тертя рідкої фази, кг/м·с; σ – поверхневий натяг рідкої фази, Н/м; $c = \sigma \cos\theta/4\eta$ – стала.

Теоретично доведено, що в початковий період просочення сировини новою рідкою фазою основний внесок у збільшення вмісту сухих речовин визначають процеси, описані першим інтегралом (8). За цих умов виходить, що фізичні характеристики рідкої фази (поверхневий натяг, коефіцієнт внутрішнього тертя, спорідненість, яка реєструється $\cos\theta$), мають мінімальний вплив на швидкість просочення, що дозволяє обґрунтувати параметри технологічного процесу.

Запропоновано і обґрунтовано модифікований метод знаходження ДФР у мікропорівій області, точність якого суттєво зростає за рахунок можливості дослідити текстурні властивості продуктів за відносної вологості близької 100%. Запропоновано для знаходження аналітичного виразу ДФР пористої структури харчових продуктів у мікропорівій області апроксимуюче рівняння ізотерм сорбції-десорбції, одержане із рівнянь набрякання та масопровідності, у вигляді:

(9), тоді (10)

де ac , bc – сталі, які знаходяться із ізотерм сорбції-десорбції, нм; u_0 – гігроскопічний вологовміст, %.

Перехід від відносних вологостей повітря (φ) до радіусів пор (r), а значить, і текстурних характеристик здійснюється за допомогою формули Кельвіна:

(11)

де V_0 – молярний об'єм конденсованої фази, м³/моль; R – газова стала, Дж/К·кмоль;

У четвертому розділі «Удосконалення методології при проведенні експертизи пористих харчових продуктів» науково обґрунтовано нові методи дослідження якості пористих харчових продуктів. Використання удосконаленої методики визначення ДФР у мікропорівій області свідчить про

суттєве зростання дозвільної можливості аж до значень $\varphi = 100\%$, при цьому похибка складає (6...12)%. На прикладі рівноважного вмісту яблук, як пористого продукту з високою вологістю, підтверджена висока дозвільна здатність запропонованого нового методу дослідження.

У табл. 1 наведено експериментальні (у чисельнику) і розраховані за новою методикою (у знаменнику) значення рівноважної вологості яблук за різних температур, а також розрахункові значення (у дужках), взяті із аналізу літературних даних. Аналіз літературних даних свідчить про обмеження зони дослідження відносної вологості $\varphi = 70\%$, що обмежує експертизу.

Таблиця 1

Значення рівноважного вологовмісту яблук, %

Температура, К	Відносна вологість повітря, %								ac, нм	bc, нм	u ₀
	20	30	40	50	60	70	80	90			
293	$\frac{5,7}{5,7}$ (6,1)	$\frac{7,2}{7,2}$ (7,3)	$\frac{9,7}{9,7}$ (9,9)	$\frac{13,7}{13,6}$ (13,6)	$\frac{19,6}{19,6}$ (18,9)	$\frac{29}{29}$ (27,3)	$\frac{43}{44}$ -	$\frac{74}{73}$ -	1,78 5	2,88 1	1,44
313	$\frac{5,2}{5,3}$	$\frac{6,4}{6,6}$	$\frac{8,6}{8,8}$	$\frac{12,2}{12,2}$	$\frac{17,5}{17,6}$	$\frac{25}{26}$	$\frac{38}{40}$	$\frac{68}{66}$	1,72 8	2,82 7	1,33 2
333	$\frac{4,6}{4,6}$	$\frac{5,6}{5,6}$	$\frac{7,4}{7,5}$	$\frac{10,4}{10,0}$	$\frac{15,0}{15,0}$	$\frac{21,7}{22,1}$	$\frac{32,0}{33,8}$	$\frac{57}{56}$	1,66 7	2,73 1	1,11 1
353	$\frac{4,0}{4,1}$	$\frac{4,8}{4,8}$	$\frac{6,1}{6,1}$	$\frac{8,4}{8,4}$	$\frac{12,0}{11,8}$	$\frac{17,5}{17,2}$	$\frac{26,4}{26,4}$	$\frac{42}{43}$	1,58 7	2,63 6	0,88 2

Розроблений нами модифікований метод визначення диференціальної пористості $f(r)$ за експериментальною ізотермою сорбції-десорбції дозволив доповнити за неповною ізотермою всі значення сорбції, аж до значення гігроскопічної вологості, при похибці $\delta = 5,6\%$. Найдені значення сталих ac та bc можуть бути використані для розрахунку $f(r)$ за формулою (12), яка дає можливість обґрунтувати новий ефективний метод визначення теплоти сорбції (Q) пари капілярно-пористими продуктами. Доведено, що Q залежить від ДФР у мікропоровій області. Доведена можливість розрахунку Q водяної пари за експериментальним визначенням ізотерми сорбції, побудованої за природних умов, наприклад, за температури $T = 293$ К. Вплив інших досліджуваних умов зберігання, відмінних від природних, наприклад, T_2, T_3, T_4 (313, 333, 353 К) розраховуються теоретично, що робить метод дослідження високоефективним. Ця методика, використана у сукупності з розрахунком ДФР в області макропор, суттєво підвищує ефективність експертизи під час визначення термінів зберігання харчових продуктів.

Величину ізотермічної теплоти адсорбції (Q) можна визначити за нахилом кривої – ізостери, що слідує із рівняння Клапейрона-Клаузіуса, відповідає сталому вологовмісту і описується залежністю між рівноважним тиском φ та температурою ($1/T$):

(12)

За підвищення температури значення u та u_0 (11) зменшуються, тому можна відношення u/u_0 для кривих сорбції-десорбції за різних температур, наприклад, 313 К, прийняти однаковими. За однакового вологовмісту мінімальний радіус капілярів (r) залишається незмінним, тобто $r_{293} = r_{313}$. Якщо для двох точок побудувати ізостеру, то теплоту зв'язування води можна обчислити за формулою:

$$\dots, \quad (13)$$

де $r_{313} = \exp\left(\frac{r_{293} - bc_{313}}{ac_{313}}\right)$; r_{293} визначається за формулою Кельвіна (11); ac_{313} , bc_{313} – константи в рівнянні (9) за $T = 313$ К.

Створено програмне забезпечення для обробки експериментальних даних ізотерм сорбції-десорбції та знаходження їх аналітичного вигляду і аналітичного вигляду ДФР для мікропор, знаходження Q води, ДФР в області макропор.

З урахуванням того, що пористість визначає якість дріжджових виробів, теоретично обґрунтовано та розроблено принципово новий метод визначення розпушеності тіста – органолептичного показника, корелятивно пов'язаного з пористою структурою тіста, який базується на використанні капілярної моделі ($\delta = 0,5\%$). В основі методу лежить вимірювання сили електричного струму, що пропускають через зразок з подальшим визначенням розпушеності тіста в довільний період часу за формулою:

$$\dots, \quad (14)$$

де I_0 – максимальне значення сили струму, А; I – плинне значення сили струму, А.

Рис. 4. Схема приладу для контролю розпушеності дріжджового тіста під час бродіння

Розроблено установку для вимірювання розпушеності дріжджового тіста під час бродіння, схема якого наведена на рис. 4. Прилад містить знижувальний трансформатор I , утримувач електродів 2 , міліамперметр 4 та електроди 3 , які занурюють в тісто. Побудовані корелятивні залежності між силою струму $60 \text{ mA} \leq I \leq 140 \text{ mA}$ та значеннями розпушеності $0,003 \leq P_n \leq 0 \dots 0,58$, які дозволяють у режимі реального часу неперервно контролювати процес бродіння тіста. Проведено зіставлення розробленого методу контролю тіста зі значеннями розпушеності з відомими – за редокс-потенціалом, активною кислотністю, титруємою кислотністю. Встановлено взаємозв'язок значень показників ($R = 0,99$, при коефіцієнті детермінації $0,98$) між новим методом розпушеності дріжджового тіста та відомими способами оцінки ступеня його дозрівання, що дозволило використовувати нову методику у неперервному технологічному потоці і має велике значення для випуску продукції з гарантованими показниками якості.

У п'ятому розділі «Вдосконалення споживних властивостей хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів» досліджено і узагальнено інформацію про вплив харчових добавок рослинного та тваринного походження на пористу структуру хлібобулочних виробів із урахуванням

загального принципу формування якості даної групи товарів. Запропоновано і обґрунтовано метод і розроблено установку для визначення загальної пористості м'якушки хлібобулочних виробів, заснований на визначенні різниці маси пористого зразка до і після заповнення його пор інертною рідиною ($\delta = 2\%$). Метод дозволяє виключити похибку, що виникає при застосуванні метода Журавльова унаслідок істотної невизначеності величини дійсної густини м'якушки. Для підвищення точності вимірювання розроблено методику виймання м'якушки, яка дозволяє визначати її об'єм (V_0) і масу при заповненні пор гасом (m_2). Це, у свою чергу, дозволяє визначити пористість продукту за формулою:

$$(15)$$

де ρ_2 – густина гасу ($0,8 \cdot 10^3$ кг/м³).

Одночасно для управління якістю при визначенні споживних властивостей БКВ запропоновано методику визначення ступеня однорідності пор м'якушки інструментальним методом, в основу якого покладено аналітичні дослідження, описані рівняннями (5) і (6). Згідно з методом, за експериментальними значеннями ДФР розраховують коефіцієнт варіації площі фільтруючих пор (V) як відношення середнього квадратичного відхилення показника властивостей площі фільтруючих пор S до його середнього значення \bar{X} : $V = S/\bar{X}$.

Рис. 5. Схема установки для вимірювання ДФР пор харчових продуктів

Коефіцієнт V дозволяє об'єктивно визначати видозміну неоднорідності радіусів пор від стандартних еталонних величин. За умови, що «еталонний» зразок характеризується значенням $V \leq 20\%$, варіація коефіцієнта в межах $30\% \leq V \leq 40\%$ вказує на значні відхилення в однорідності пор виробів. Значення коефіцієнта варіації $V \geq 40\%$ вказує на дуже неоднорідну пористу структуру і характеризує низьку якість виробу за пористою структурою. Для визначення ДФР пор хлібобулочних, комбінованих виробів та БКВ розроблено методику і установку, які базуються на теоретичних дослідженнях (6) (розділ 3), схему якої наведено на рис. 5. Зразок 8 кріпиться в чарунці 4, яка з'єднується гумовим шлангом 5 із балоном 3. Його наклеюють на металеву шайбу 9 з отвором, яка ущільнюється гумою 10 і затискається металевим кільцем 7 і гайкою 6. Для визначення кінетики тиску $P(\tau)$ води в скляному балоні 3 зразок просочують гасом, відкривають кран 2 (кран 1 служить для заповнення балона водою), витісняють гас із пор зразка перепадом тиску, що існує всередині та зовні скляного балону, і контролюють час. За відомою різницею тиску ΔP , при відкритому крані 2 відбувається контрольоване витиснення гасу із зразка. Найбільший тиск в балоні дорівнює $4,4 \cdot 10^3$ Па, що згідно формули Лапласа відповідає мінімальному радіусу пор, з яких витіснявся гас, – 12,5 мкм; а найменший тиск – $0,5 \cdot 10^3$ Па – не витискує гас з пор із розміром 102 мкм. Графічно диференціюючи залежність $P(\tau)$, за формулою (6) визначають площі фільтруючих пор ΔS , що відповідають інтервалу радіусів пор Δr , після чого визначають коефіцієнт варіації площі фільтруючих пор. Співставлено значення органолептичних показників та коефіцієнтів V для хлібобулочних виробів та БКВ, одержаних при внесенні у рецептуру тіста різних харчових доба-

вок. Визначено кореляцію між величиною коефіцієнта V і бальною оцінкою якості хлібобулочних продуктів. Визначено, що величина $0 < V < 0,20$ відповідає рівню якості хлібобулочних продуктів 90...100 балів, $0,20 < V < 0,40$ – 70...90 балів, $V > 0,40$ – 60...70 балів. Запропонований метод визначення коефіцієнтів V площі фільтруючих пор дозволяє проводити експертизу без залучення експертів, тобто замінити суб'єктивну оцінку якості на об'єктивну. Виявлено і узагальнено вплив добавок різного походження на ступінь однорідності пор м'якушки. Підтверджено, що цей показник суттєво змінюється залежно від виду добавки, але він є об'єктивною характеристикою якості виробів з пористою структурою. Отримані об'єктивні значення пористості хлібобулочних виробів з коригованими добавками властивостей дозволяють співставити показник якості з традиційними виробами і розробити рекомендації з оптимізації параметрів технологічного процесу. З урахуванням цих закономірностей обґрунтовано параметри порціювання желе (ТУ У 15.3-32134630-001-2003) та десертів фруктових (ТУ У 15.3-30990063-012:2009). Методи МВ Х 05.1505-2006 та МВ Х 08.1517-2006 зареєстровано в ХРЦСМС м. Харкова.

У шостому розділі «Пориста структура і закономірності формування якості харчових продуктів з пористою структурою» згідно з розробленою нами теорією заміни рідкої фази (8) запропоновано новий підхід до збільшення швидкості дифузії цукрового сиропу в тіло виробу, що суттєво інтенсифікує технологічний процес і покращує кінцеву якість цукатів. Інтенсифікація досягається за рахунок накладання електромагнітного поля звукової частоти 20 кГц.

Рис. 6. Кінетика вмісту РСР у цукатах (а – із відстоюванням у сиропі, б – без відстоювання):
 ▲ – без електромагнітного поля (контроль);
 ● – в електромагнітному полі (20 кГц)

Встановлено, що електромагнітне поле за частоти 20 кГц, накладене на напівфабрикат цукатів під час їх просочування сиропом за температури (70...75) °С, забезпечує вміст розчинних сухих речовин (РСР) у середині продукту (76...77)% за період, на 16% коротший, ніж при контрольному просоченні, та дозволяє скоротити технологічний цикл до (12...16) год з вистоюванням (рис. 6 а) і до (2,5...3,0) год при безперервному витримуванні (рис. 6 б), що суттєво підвищує ефективність технологічного процесу. Вивченням структури пористості доведено, що для виробництва цукатів найбільш придатними є сорти моркви Шантене Сквирська, Нантська Харківська і Оленка із найбільшими значеннями пористості ($12,3 \pm 0,25$; $11,8 \pm 0,25$; $10,7 \pm 0,25$), а серед сортів гарбуза – Мозолевський 35, Арабатський, Мигдальний 15 і Гілея, пористість яких становить $12,3 \pm 0,25$, $11,6 \pm 0,25$, $11,5 \pm 0,25$, $10,1 \pm 0,25$ відповідно, що підтверджується запропонованою нами новою методикою контролю дифузії сиропу (16). Згідно з розробленим способом виробництва цукатів (патент України №57419) гарбуз та моркву бланширують, уварюють сироп (70...71)% концентрації в електромагнітному полі з частотою 20 кГц за температури (70...75)°С протягом (2,5...3,0) год до досягнення вмісту РСР у цукатах (76...77)%.

З урахуванням необхідності контролю якості продуктів із заміненою рухливою водною фазою запропоновано нову методику визначення вмісту РСР (X) під час виробництва цукатів ($\delta = 0,65\%$). Дана методика експертизи передбачає контроль дифузії сиропу в сировину за різницею наважок до (m_0) і після варіння (m) цукатів, з визначенням масової частки РСР у цукатах за формулою:

(16)

де C_0 – концентрація цукру у сиропі.

Доведено, що коефіцієнт кореляції між новим методом та стандартними (рефрактометричним та ваговим) складає $R = 0,99$. Для вибору пакувального матеріалу для зберігання цукатів обґрунтовано використання фізичної величини ентропії, яку знаходили, виходячи з того, що тепло- та сорбції (Q) визначається як сума енергії зв'язку води з сировиною (L) (вільна енергія) і теплоти, витраченої на подолання ентропійного зв'язку $T\Delta S$ (питома зв'язана енергія):

$$Q = L + T\Delta S \quad (17)$$

де ΔS – ентропія, Дж/кг·К; T – абсолютна температура, К.

Динаміку значень $T\Delta S$ цукатів за умов зберігання протягом 60 діб, залежно від виду упакування, наведено в табл. 2. Підтверджено зменшення значення ентропії цукатів під час зберігання, що з точки зору термодинаміки пояснюється досягненням зразків більш упорядкованого стану за рахунок випаровування і втрати вільної вологи.

Таблиця 2

Динаміка значення питомої зв'язаної енергії ($T\Delta S$) цукатів під час їх зберігання залежно від пакувального матеріалу

Пакувальний матеріал	$T\Delta S \cdot 10^{-5}$, Дж/кг			Коефіцієнт вологопроникності, $K \cdot 10^{-5}$, с
	До зберігання цукатів	Після зберігання цукатів протягом 60 діб	Зміна $T\Delta S$ за 60 діб	
Картон (контроль)	1,20±0,15	1,04±0,12	0,16	–
ПЕНТ	1,72±0,12	1,49±0,14	0,23	0,72...1,44
ПП	1,21±0,14	1,15±0,13	0,06	0,11...0,36
ПВХ	1,47±0,15	1,19±0,11	0,28	4,68
ПС	2,69±0,16	1,17±0,11	1,52	7,20...14,40

За залежністю між зростанням $T\Delta S$ та вологопроникністю плівок підтверджено гіпотезу про роль загальної пористості таДФР, тобто виду пакувального матеріалу в стабілізації показників якості зразків під час зберігання. Видно, що поліпропілен (ПП) з коефіцієнтом проникності $(0,11...0,36) \cdot 10^5$ с за зміною зв'язаної енергії цукатів характеризується мінімальними значеннями; використання пакувального матеріалу із полівінілхлориду (ПВХ), полістиролу (ПС) та поліетилену низького тиску недоцільно. Ці експерименти підтвердили теоретичні дослідження про необхідність обґрунтування вибору пакувального матеріалу для забезпечення якості та збільшення термінів зберігання продуктів, виходячи з їх структури як пористої мембрани.

Рис. 7. ДФР яєчної шкаралупи
в області мікропор

Рис. 8. ДФР яєчної шкаралупи
в області макропор

Доведено, що ДФР пор є важливим параметром структури, що визначає проникність яєчної шкаралупи, взаємодію курячих яєць із зовнішнім середовищем, і визначає терміни і умови їх зберігання. Сорбційним методом, який базується на теоретичних дослідженнях розділу 4 (рівняння 11 та 12), підтверджено (рис. 7), що ДФР шкаралупи яєць в мікропоровій області не залежить від породних відмінностей курей, топографічної ділянки шкаралупи, пористості, характеризується суцільним спектром радіусів пор, монотонно зменшується при зростанні радіусів пор. Доведено, що ДФР в області макропор має дискретний характер (рис. 8) і свідчить, що кількість макропор за зміною радіусу, порівняно з їх кількістю в мікропоровій області (рис. 7), значно менше. Визначаємо, що кількісний внесок макро- і мікропор у загальну пористість характеризується близькими значеннями. Виконано співставлення результатів виміру ДФР різними методами, апроксимованої логарифмічно-нормальним розподілом. Показано, що методи (сорбційний в мікро- області та пропресовування повітря через зразок в макрообласті) добре корелюють між собою (коефіцієнт кореляції $R = 0,9$).

На основі теоретичних досліджень масообміну через пористу мембрану (7) обґрунтовано, розроблено і запропоновано метод для розрахунків втрат вологи курячими яйцями під час їх зберігання залежно від умов навколишнього середовища – температури, відносної вологості повітря. Втрати вологи (P) складаються із втрат вологи через поверхню шкаралупи $P_{вод}$ (крім шкаралупи над повітряною камерою) та втрат вологи через шкаралупу над повітряною камерою $P_{нов}$:

$$P = P_{вод} + P_{нов} + X_o, \quad (18)$$

де X_o – втрати вологи в яйці до початку експерименту, кг.

Запропоновано для прогнозування термінів зберігання курячих яєць, а, отже, оцінки їх споживних властивостей, ввести новий показник якості – коефіцієнт проникності шкаралупи (K). На рис. 9 наведено залежність терміну зберігання яєць за $t = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 0,65$ від коефіцієнта проникності (K). Аналіз кривих свідчить про наявність ділянок, які суттєво відрізняються за проникністю шкаралупи: перша ділянка, де $0 \leq K \leq 0,25 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$ характеризується малою пористістю шкаралупи, що забезпечує терміни зберігання яєць більше 60 діб; друга ділянка, де $0,25 \cdot 10^{-14} \leq K \leq$

$0,45 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$, обумовлює середні значення паропроникності і забезпечує термін зберігання яєць від 35 до 60 діб; третя ділянка характеризується коефіцієнтом проникності $K \geq 0,45 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$, характерна для яєць з коротким терміном зберігання.

Рис. 9. Залежність термінів зберігання яєць ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 0,65$) від коефіцієнта проникності K

Для визначення значення K під час сортування яєць згідно з розробленою методикою експериментально визначаються витрати вологи P через поверхню шкаралупи за фіксований відрізок часу:

$$P = \frac{\Delta P \cdot G_s \cdot \eta}{d \cdot \varphi} \quad (19)$$

де ΔP – перепад тиску зсередини та зовні шкаралупи, Па; d – товщина шкаралупи, м; η – коефіцієнт внутрішнього тертя води, кг/м·с; G_s – вміст пари в 1 см^3 повітря при повному його насиченні, кг/м³; φ – відносна вологість повітря.

За значеннями K легко спрогнозувати терміни зберігання яєць (рис. 9), що має велике значення як з точки зору забезпечення якості яєць, так і з точки зору ефективності їх виробництва та споживання. Спрогнозовані терміни зберігання яєць за значеннями коефіцієнта K забезпечують їх високі органолептичні показники і суттєво впливають на ефективність їх виробництва, знижуючи собівартість.

Розглянуто використання розроблених методик для оцінки пористої структури в технології комбінованих харчових напівфабрикатів із криля «Аналог кальмара» і «Аналог філе рибного», а також фаршевих виробів з овочевих мас і їх зміну під впливом технологічних чинників та під час зберігання. Аналіз даних за пористістю (I) і ДФР пор, отриманих розрахунковим шляхом, вперше дозволив кількісно оцінити механізм впливу добавок за їх видом і концентрацією на властивості сировини. Експериментально підтверджено перехід значної частини вологи продукту із структурно вільної у структурно зв'язаний стан. Одночасно підтверджено зміну дисперсності у бік відносного збільшення частки мікропор ($r < 5,7 \text{ нм}$) загальної ДФР. Доведена можливість заміни суб'єктивного органолептичного показника «консистенція» на об'єктивну характеристику у вигляді ДФР пор.

Аналіз ДФР пор показує (рис. 10), що максимум функцій, тобто домінуючий радіус пор співпадає і припадає на значення $r = 1,8 \text{ нм}$. При цьому концентрація гречаного борошна 5% змінює ДФР пор незначно (крива 2 проти кривої 1, рис. 10), а при концентрації загущувача 10% значення максимуму ДФР зростає (крива 3). Вірогідно, за цих концентрацій борошно заповнює послідовно радіуси пор у макропоровій зоні, про що свідчить значне зниження частки пор з радіусами $7,0 \leq r \leq 10 \text{ нм}$. Це підтверджує гіпотезу про кореляцію показника «консистенція» з об'єктивною величиною ДФР пор.

На рис. 11 наведено результати обчислень теплоти десорбції залежно від радіуса пор для концентрацій добавки (0...10)%. При введенні 5% гречаного борошна зростання теплоти десорбції спостерігається для радіусів мікрокапілярів ($r > 1 \text{ нм}$). Внесення 10% гречаного борошна призво-

дить до різкого збільшення теплоти десорбції у всьому діапазоні радіусів мікрокапілярів і особливо при $r \leq 1,5$ нм. Визначено, що вказаний ефект залежить від природи добавок.

Рис. 10. Зміна ДФР пор фаршу буряка за концентрації гречаного борошна, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10

Рис. 11. Залежність теплоти десорбції води від радіусів пор фаршу буряка за концентрації гречаного борошна, %: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10

При введенні добавки рослинного походження (рисового борошна) величина теплоти десорбції зростає порівняно з використанням добавок тваринного походження (яєчного порошку, сухого молока). Встановлено, що методика оцінки пористості може бути використана при обґрунтуванні параметрів технологічного процесу, умов і термінів зберігання нових харчових продуктів.

На прикладі технології термоформованих напівфабрикатів «Аналог каль-мара» і «Аналог філе рибного» цим методом обґрунтовано частку яєчного порошку і рибного фаршу, що додається (табл. 3). Одночасно моніторингом пороутворення встановлено закономірності впливу харчових добавок на комплекс органолептичних і структурно-механічних показників. Результати дослідження пористої структури гелів, наведені в табл. 3, свідчать про істотний вплив рибних фаршів на загальну площу фільтруючих пор (S) і їх співвідношення за радіусами: загальна площа пор із зростанням частки фаршу в рецептурі збільшується, зростає також значення коефіцієнта варіації, що свідчить про погіршення текстури і органолептичних показників.

Співставлення експертних оцінок зразків з пористістю (табл. 3) свідчить про корелятивну залежність показників якості з диференціальною пористістю продукту, виражену через коефіцієнт варіації. Збільшення концентрації фаршу в системі з 23% до 33% призводить до збільшення інте-

нсивності смаку (табл. 4), що підтверджується зростанням бальної оцінки на 0,5 балів (з 4,2 до 4,7). Проте, одночасно показники «консистенція» і «зовнішній вигляд», які характеризують текстуру продукту, знижують свій рівень з 4,9 до 3,2 і 4,8 до 4,0 відповідно, що є результатом зростання пористості продукту. Корелятивно погіршується інтегральний показник диференціальної пористості у вигляді показника коефіцієнта варіації з 0,305 до 0,47 під час збільшення частки даного фаршу. Встановлена залежність підтверджує можливість об'єктивного контролю і експертизи, заміни суб'єктивної оцінки якості на відповідні об'єктивні фізичні величини за умови наявності нормативних показників у вигляді ДФР пор і коефіцієнта варіації.

Таблиця 3

Диференціальна пористість гелів з різною кількістю рибного фаршу

Радіус пор (r), мкм	Диференціальна пористість гелів $f(r)$, мкм ⁻¹				
	Масова частка рибного фаршу, %				
	33,0	31,0	28,0	26,0	23,0
13,0	-	-	-	-	-
14,5	0,056	0,079	0,088	-	0,0069
16,4	0,0087	0,024	-	-	-
18,8	0,01	0,011	0,0196	0,068	-
22,1	0,022	0,036	0,032	0,024	-
26,8	0,0202	0,0077	0,0125	0,018	0,233
34,0	0,0069	0,013	0,0048	0,097	-
46,3	0,0047	0,014	0,0098	0,004	0,01
72,8	0,0056	0,026	0,0043	0,0054	0,0058
102,0	0,019	0,011	0,017	0,076	0,031
Коефіцієнт варіації	0,470	0,326	0,378	0,368	0,305

Таблиця 4

Товарознавча відповідність органолептичних показників напівфабрикату «Аналог філе рибного» і коефіцієнта варіації при внесенні рибного фаршу

Показник	Коефіцієнт вагомості	Масова частка рибного фаршу, %			
		23,0		33,0	
		Фактична оцінка	Розрахункова оцінка	Фактична оцінка	Розрахункова оцінка
Зовнішній вигляд	0,1	4,8	0,48	4,0	0,4
Смак	0,3	4,2	1,26	4,7	1,41
Колір	0,1	4,5	0,45	4,5	0,45
Запах	0,2	4	0,8	4,2	0,84
Консистенція	0,3	4,9	1,47	3,2	0,96
Загальний бал	1	-	4,46	-	4,06
Коефіцієнт варіації	-	0,305		0,47	

Аналіз результатів дослідження ДФР пор і коефіцієнта варіації під час зберігання свідчить, що через три місяці значення S збільшилося для «Аналога кальмара» в 2,15 разів, а для «Аналога філе рибного» в 2,29 разів. Корелятивно знизились і показники органолептичної оцінки з 4,46 до 3,66 та з 4,4 до 3,66 відповідно. Розроблено ТУ 15-02-588-90 «Термоформований білковий напівфабрикат морожений» та ТУ У 40-015 66330.088-2000 «Напівфабрикат багатофункціонального призначення з гарбуза».

У сьомому розділі «Пориста структура і якість сушеної продукції та оцінка ефективності проведених досліджень» на прикладі моркви запропоновано оригінальну методику визначення коефіцієнта дифузії вологи в рослинній сировині при регідратації, а також висвітлено результати впровадження розробок у виробництво під час експертизи та у наукових дослідженнях, центрах стандартизації, метрології та сертифікації. Інформаційні дані про ДФР пор продукту можуть бути використані для розрахунку коефіцієнта дифузії (a_d), як величини для об'єктивної оцінки якості сушеної продукції, товарознавчих характеристик, оптимізації процесу сушіння та енерговитрат. В основу розрахунку коефіцієнта дифузії покладено дані про ДФР пор сировини, яку знаходили модифікованим сорбційним методом з використанням аналітичного вигляду (u) для ізотерм сорбції-десорбції (9) і ДФР $f(r)$ пор за радіусами (10). Використання ДФР і введення значення прикордонного радіуса (r_m) мікрокапілярів (умовний радіус, який вважається заповненим у відповідний момент часу) дозволяють визначити середній вологовміст (U) у різні моменти часу (τ) і, відповідно, коефіцієнт дифузії (a_d) вологи у разі обводнення сушеної сировини. Доведено, що значення (a_d) води для сушеної рослинної сировини можуть бути розраховані за ДФР пор і даних кривої водопоглинання. Доведено, що сорбційний гістерезис, вид сушіння суттєво впливає на значення ДФР сушеної продукції та її коефіцієнт дифузії. Для знаходження сингулярних точок на ізотермах сорбції-десорбції $u = f(\varphi)$, що фіксують кількість вологи, характерної для мономолекулярного шару та які визначають початок капілярної конденсації вологи, запропоновано будувати графіки ізотерм у напівлогарифмічному вигляді, що дозволяє контролювати якість сушеної продукції, прогнозувати її терміни зберігання.

Дано оцінку ефективності розроблених у роботі методів, які мають нову методологію під час проведення товарознавчої експертизи. Удосконаленню методології під час проведення товарознавчої експертизи сприяє введення методів, що замінують побічне визначення показників якості на пряме, таких як визначення паропроникності яєчної шкаралупи ($\delta = 2\%$), розпушеності дріжджового тіста ($\delta = 1\%$); методів, що підвищують точність або є менш працевитратними – визначення ДФР у мікропоровій області ($\delta = 10 \dots 12\%$), теплоти адсорбції вологи пористими продуктами ($\delta = 10 \dots 15\%$), пористості сушеної продукції ($\delta = 2\%$), розчинних сухих речовин у цукатах ($\delta = 0,65\%$), пористості хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів ($\delta = 2\%$); методів, які дозволяють замінити органолептичне визначення показника на інструментальне – метод визначення ДФР і ступеня однорідності пор у макропоровій області хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів ($\delta = 10\%$).

Результати дослідження мають важливе народногосподарське і науково-практичне значення і знайшли віддзеркалення в розробці та затвердженні ТУ У 15.3-01566330-150-2003 «Цукати і сиропи з гарбуза та моркви» і технологічних інструкцій для їх виробництва, а також методики виконання вимірювань диференціальної пористості м'якоті (МВ Х 05.1505-2006) і методики виконання вимірювань пористості м'якушки (МВ Х 08.1517-2006) хліба і хлібобулочних výro-

бів, що зареєстровані в Харківському регіональному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології та сертифікації. Річний економічний ефект від впровадження «Желе» та «Десертів фруктових» у виробництво ТОВ «Тайфун-2000» складає 60 тис. грн. Підтверджено отримання економічного ефекту в 336,3 грн. на тонну цукатів з гарбуза і 257,8 грн. на тонну цукатів із моркви за умови застосування нового методу з використанням електромагнітного поля для інтенсифікації дифузії цукрового сиропу в сировину.

Показано, що економічний ефект від впровадження методики МВ Х 05.1505-2006 призводить до зниження витрат під час проведення експертизи хлібобулочних виробів у 15,5 разів, а використання методики прогнозування термінів зберігання яєць при проведенні експертизи – у 2 рази.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних даних свідчить, що розвиток і впровадження системних заходів, пов'язаних з підвищенням якості експертизи, розробкою нових методологічних підходів оцінки якості пористих продуктів з урахуванням їх властивостей має важливе народногосподарське значення, дозволяє випускати стандартизовану продукцію, забезпечує моніторинг окремих показників якості на всіх етапах технологічного процесу і зберігання.

Встановлено, що відсутність системних методологічних підходів і методик з дослідження пористої структури харчових продуктів значно знижує дозвільну здатність методів, що використовують для проведення експертизи, що унеможлиблює управління їх якістю. Показано, що створення системи методів для дослідження пористої структури харчових продуктів дозволяє прогнозувати підвищення їх якості шляхом заміни суб'єктивних органолептичних показників продуктів на об'єктивні фізичні характеристики і зіставляти досліджувані топографічні текстуровані характеристики з еталонними.

2. З урахуванням закономірностей формування якісних показників харчових продуктів та сировини реалізовано наукову концепцію з обґрунтування, розробки методології, методів та установок для дослідження і експертизи продуктів харчування з гетерогенною пористою структурою, що дозволяє підвищити дозвільну здатність методів під час проведення експертизи, прогнозовано забезпечити підвищення споживних властивостей сировини, напівфабрикатів та готових до споживання харчових продуктів. За наявності фазових поверхонь розроблено класифікацію харчових продуктів, аналітично спрогнозовано і експериментально підтверджено, що якість структурованих харчових продуктів, які мають колоїдну капілярно-пористу будову і ідентифікуються за фазовими ознаками як Г/Т, Р/Т, Г/Р/Т, Г/Т/Т залежать від закономірностей розподілу пор, співвідношення та стабільності рухливої та твердої фаз продукту. Підтверджено, що якість проведених досліджень при експертизі залежить від повноти визначення пористої структури у вигляді ДФР в діапазоні $r_{min} \leq r \leq r_{max}$ ($r_{min} < 10^{-7}$ м, $r_{max} > 10^{-7}$ м). Доведено, що дозвільна здатність методів, що використовуються для проведення експертизи, залежить від повноти визначення мікро- і макропор продукту. Доведено корелятивну залежність якості харчових продуктів, отриману методом визначення ДФР пор, з суб'єктивною характеристикою продукту, отриманою органолептичною оцінкою, що дозволяє вносити до нормативних документів оцінку якості за об'єктивними фізичними величинами.

3. На основі дослідження капілярної моделі пористого тіла, яка відображає топографію структурованих харчових продуктів, з використанням законів гідродинаміки теоретично обґрунтовано

удосконалення методології під час проведення експертизи, розроблені методи і установки, засновані на витисненні повітрям ($0 \leq P \leq 4400$ Па або $0 \leq P \leq 10^5$ Па) із порового простору продуктів інертної рідини гасу, експериментально встановлені залежності кінетики тиску $\sqrt{P} = -(C/2) \cdot \tau + \sqrt{P}$ і розроблений алгоритм визначення ДФР макропор харчових продуктів, що мають фільтруючі пори з радіусами $12,5 \text{ мкм} \leq r \leq 102 \text{ мкм}$ або $0,1 \text{ мкм} > r > 5 \text{ мкм}$. Впроваджені розробки істотно підвищують роздільну здатність методу, що використовується під час проведення експертизи хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів, ячної шкаралупи, комбінованих продуктів, сушеної рослинної сировини і продуктів. Метод зареєстрований у Харківському регіональному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології та сертифікації, апробований і упроваджений у ЗАТ «Олексіївський хлібо завод», МПП «Бісквіт», ТОВ «Тайфун -2000» (м. Харків) і рекомендований для проведення науково-дослідних і лабораторних робіт ($\delta = 10\%$).

4. Теоретично обґрунтовано методологію і розроблено метод інструментальної оцінки якості м'якушки хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів шляхом визначення коефіцієнта варіації (V) монодисперсності площі фільтруючих пор ($0 \leq V \leq 1,0$). Доведено, що за $V < 20\%$ хлібобулочні та борошняні кондитерські вироби характеризуються найвищою якістю, а ступінь однорідності наближається до монодисперсності; при $20\% < V < 40\%$ якість м'якушки задовільна; вище 40% – якість м'якушки низька. Визначено кореляцію між величиною коефіцієнта варіації V і бальною оцінкою якості пористих харчових продуктів. Визначено, що величина $0 < V < 0,20$ відповідає рівню якості 90...100 балів, $0,20 < V < 0,40$ – 80...90 балів, $V > 0,40$ – 70...80 балів, що дозволяє замінити суб'єктивну оцінку якості на об'єктивну, отриману інструментальним методом. Встановлені закономірності зміни коефіцієнта варіації (V) для окремих харчових продуктів під час корегування їх складу введенням харчових добавок. З урахуванням необхідності усунення при експертизі величини дійсної густини хліба вдосконалено і розроблено метод визначення загальної пористості хлібної м'якушки ($\delta = 2\%$). Метод рекомендований під час проведення науково-дослідних і лабораторних робіт, апробований і упроваджений у ЗАТ «Олексіївський хлібо завод», МПП «Бісквіт» (м. Харків).

5. Науково обґрунтовано методологію знаходження ДФР у мікропоровій області з дозвільною можливістю ($\delta = 6...12\%$) до значень відносної вологості 100%. Доведено, що теплота десорбції (Q), яка визначається за нахилом ізостери, залежить від ДФР в мікропоровій області. Розроблено науково-методичні основи побудови ізостери розрахунковим шляхом, ґрунтуючись на ізотермі сорбції, яка отримана за кімнатної температури, що дозволяє виключити знаходження ізотерм сорбції-десорбції при вищих температурах і тим самим суттєво удосконалити методологічні підходи при проведенні експертизи; виведено формулу для розрахунку теплоти сорбції водяної пари на поверхні пористих продуктів. Експериментально підтверджена правомірність використання розрахункового методу для обґрунтування технології продуктів із пористою структурою, зокрема рослинного походження, фаршів та соусів.

Отримано апроксимуюче рівняння сорбції-десорбції, яке описує експериментальні ізотерми (яблук, комбінованих продуктів) з похибкою 5,6%. Встановлений закономірний взаємозв'язок констант ac та bc , які входять у рівняння сорбції-десорбції $u = u_0 \exp [-(ac \ln r + bc) / r]$ і ДФР пор за радіусами, що дозволяє підвищити ефективність експертизи при оцінці пористих продуктів з високою вологістю.

6. З урахуванням зміни пористості тіста під час бродіння встановлено залежність електропровідності дріжджового тіста від його розпушеності, що покладено в основу нового методу ($\delta = 0,5\%$) оцінки розпушеності дріжджового тіста і дозволяє в неперервному потоці контролювати стадію процесу бродіння тіста. Розроблено схему і виготовлено прилад для контролю процесу бродіння тіста у виробничих умовах, що дозволяє одержати корелятивну залежність між силою струму ($60 \text{ mA} \leq I \leq 140 \text{ mA}$) і значеннями розпушеності ($0,003 \leq P_n \leq 0,58$). Зіставлення результатів контролю розпушеності тіста з відомими методами ($R=0,99$ при коефіцієнті детермінації $0,98$) підтверджує високу ефективність розробленого методу контролю. Метод пройшов апробацію у ВАТ «Балаклійський хлібозавод» (м. Балаклія, Харківська обл.) та в МПП «Бісквіт» (м. Харків).

7. З урахуванням розробленої теорії масообміну через капілярно-пористу мембрану визначені закономірності швидкості втрат вологи яєць (P) і виведена аналітична залежність $P = (\Pi r^2/8) \cdot (\Delta P/\eta d) \cdot G_s \cdot \varphi$ від параметрів – температури і відносної вологості, тобто умов їх зберігання, що дозволяє підвищити економічну ефективність зберігання, а також реалізувати диференційований підхід до оцінки якості яєць. Встановлені кореляції між коефіцієнтом проникності $K = (0 \dots 0,8) \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$ і ступенем свіжості курячих яєць, а також прогнозованим терміном зберігання. Експериментально підтверджено, що найбільш високу якість мають яйця з коефіцієнтом проникності $K \leq 0,25 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$. Яйця з коефіцієнтом проникності $(0,25 < K < 45) \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$ належать до першої категорії, яйця з $K > 0,45 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$ характеризуються низьким рівнем якості та коротким терміном зберігання.

8. Розроблений новий експрес-метод визначення сухих речовин у цукатах ($\delta = 0,65\%$), який дозволяє збільшити точність вимірювання. Доведена доцільність використання дії електромагнітного поля (частота 20 кГц) для інтенсифікації під час виробництва цукатів. Розроблений новий спосіб виробництва цукатів із гарбуза та моркви в цукровому сиропі з накладанням електромагнітного поля частотою 20 кГц за температури $(70 \dots 75)^\circ\text{C}$ впродовж $(2,5 \dots 3,0)$ год до досягнення вмісту розчинних сухих речовин у цукатах $(76 \dots 77)\%$ (ТУ У 15.3-01566330-150-2003 «Цукати і сироп із гарбуза та моркви»). Розроблено ТУ 15-02-588-90 «Термоформований білковий напівфабрикат морожений», ТУ У 40-01566330.088-2000 «Напівфабрикат багатофункціонального призначення з гарбуза», ТУ У 15.3-32134630-001-2003 «Желе» та ТУ У 15.3-0990063:2009 «Десерти фруктові».

9. З використанням експериментальних результатів визначення рівноважної вологості продуктів (на прикладі цукатів з гарбуза та моркви) і модифікованого методу знаходження ДФР пор за радіусами в області мікропор ($r \leq 10^{-7} \text{ м}$), який, у поєднанні з розробленим методом розрахунку теплоти сорбції (Q) і зіставленням величин зв'язаної енергії ($T\Delta S$), дозволяє об'єктивно кількісно охарактеризувати деструктивні процеси під час зберігання харчових продуктів і на цій основі встановлювати обґрунтовані терміни зберігання. Створено програмне забезпечення для обробки експериментальних даних ізотерм сорбції-десорбції і знаходження їх аналітичного вигляду і виду ДФР для мікропор, знаходження теплоти змочування, ДФР пор у макрообласті.

10. Теоретично обґрунтовано і експериментально доведено, шляхом визначення ДФР пор і коефіцієнта дифузії при відновленні рослинної сировини, вплив технологічних параметрів і способів сушіння, сорбційного гістерезису на закономірність формування пористої структури сушеної продукції (моркви, картоплі). З урахуванням визначеної товарознавчо-технологічної характеристики сушеної продукції спрогнозована динаміка зміни показників її якості. Запропоновано для

оцінки якості сушеної продукції і прогнозування її термінів зберігання представляти ізотерми сорбції $W = f(\varphi)$ в напівлогарифмічному вигляді, що дозволяє знаходити сингулярні точки кривих ізотерм сорбції-десорбції, які характеризують наявність мономолекулярного шару рідини і кількісний приріст об'ємної вологи з настанням капілярної конденсації.

11. Проведений комплекс заходів щодо впровадження розроблених методів на підприємствах харчової промисловості Харкова і області, АР Крим, у наукові дослідження, та у навчальний процес. Проведені розрахунки економічної ефективності показують, що впровадження методики виконання вимірювань диференціальної пористості м'якушки хліба і хлібобулочних виробів дозволяє знизити витрати під час проведення експертизи продуктів у 15,5 разів, а використання методики прогнозування термінів зберігання яєць при проведенні їх експертизи – в 2 рази. Річний економічний ефект від впровадження методів контролю «Желе» та «Десертів фруктових» у виробництво ТОВ «Тайфун-2000» складає 60 тис. грн. Підтверджено отримання економічного ефекту в 336,3 грн на тонну цукатів з гарбуза і 257,8 грн на тонну цукатів з моркви у разі використанні нового методу з накладанням електромагнітного поля для інтенсифікації дифузії цукрового сиропу в сировину.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Захаренко В. А. Исследование размеров пор яичной скорлупы / В. А. Захаренко, Ю. Р. Князев, В. С. Оболенский // Известия вузов. Пищевая технология. – 1978. – № 6. – С. 139–141.
2. Дисперсная структура десертных изделий / [В. А. Захаренко, П. П. Пивоваров, О. А. Гринченко и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 1988. – № 6. – С. 70.
3. Дисперсность кондитерских масс / [В. А. Захаренко, Ф. В. Перцевой, В. А. Бердичевский и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 1989. – № 4. – С. 53–56.
4. Абдрахманова Г. Е. К вопросу оценки разрыхлённости дрожжевого теста / Г. Е. Абдрахманова, В. А. Захаренко, Г. М. Лисюк // Прогрессивные технологии и формирование рыночных отношений в общественном питании : сб. науч. труд. / Харьк. ин-т обществ. пит. – Х., 1992. – С. 41–43.
5. Пивоваров П. П. Исследование микропористой структуры белковых термоформованных полуфабрикатов / П. П. Пивоваров, В. А. Захаренко, Д. Ю. Прасол // Технология и качество пищевых продуктов : сб. науч. труд. / Харьк. ин-т обществ. пит. – Х., 1992. – С. 140–142.
6. Захаренко В. А. Методика расчёта теплоты сорбции / В. А. Захаренко // Проблемы общественного питания на пути к рынку : сб. науч. труд. / Харьк. ин-т обществ. пит. – Х., 1993. – С. 176–178.
7. Абдрахманова Г. Е. Влияние глицерина и Na-КМЦ на макропористую структуру изделий из дрожжевого теста / Г. Е. Абдрахманова, В. А. Захаренко, Г. М. Лисюк // Проблемы общественного питания на пути к рынку : сб. науч. труд. / Харьк. ин-т обществ. пит. – Х., 1993. – С. 142–145.
8. Бреславец В. О. Дослідження повітропроникності яєчної шкаралупи / В. О. Бреславец, В. О. Захаренко, Ю. Р. Князев // Птахівництво : міжвідомчий темат. наук. зб. – 1993. – № 46. – С. 41–44.

9. Пархаева Н. В. Исследование сорбционной способности комбинированных продуктов из растительного сырья в процессе хранения / Н. В. Пархаева, В. А. Захаренко, В. И. Анохина // Проблемы общественного питания на пути к рынку : сб. науч. труд. / Харьк. ин-т обществ. пит. – Х., 1993. – С. 82–85.

10. Малюк Л. П. Исследование характеристик пористой структуры комбинированных продуктов питания / Л. П. Малюк, В. А. Захаренко, Л. К. Карпенко // Новые технологии пищевых производств и актуальные проблемы развития торговли и общественного питания : сб. науч. труд. / Харьк. гос. акад. технол. и орг. пит. – Х., 1995. – С. 133–136.

11. Малюк Л. П. Оценка эффекта связывания воды при создании комбинированных продуктов питания / Л. П. Малюк, В. А. Захаренко, П. Л. Пахомов // Новые технологии пищевых производств и актуальные проблемы развития торговли и общественного питания : сб. науч. труд. / Харьк. гос. акад. технол. и орг. пит. – Х., 1995. – С. 218–220.

12. Малюк Л. П. Исследование сорбционной способности овощных масс с различными загустителями / Л. П. Малюк, В. А. Захаренко // Новые технологии пищевых производств и актуальные проблемы развития торговли и общественного питания : сб. науч. труд. / Харьк. гос. акад. технол. и орг. пит. – Х., 1995. – С. 203–205.

13. Влияние овсяной муки на макропористую структуру изделий из дрожжевого теста / И. Н. Лапикова, Г. М. Лисюк, Е. Т. Матяш, В. А. Захаренко // Новые технологии пищевых производств и актуальные проблемы развития торговли и общественного питания : сб. науч. труд. / Харьк. гос. акад. технол. и орг. пит. – Х., 1995. – С. 165–168.

14. Захаренко В. А. К определению общей пористости хлебобулочных изделий / В. А. Захаренко // Актуальні науково-методичні проблеми в підготовці спеціалістів вищої кваліфікації для торгівлі і харчування : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., 1997. – Ч. 1. – С. 278–280.

15. Захаренко В. А. Особенности измерения паропроницаемости яичной скорлупы / В. А. Захаренко, Ю. Р. Князев // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., 1998. – Ч. 2. – С. 42–45.

16. Использование электрических свойств теста для определения его разрыхленности / В. А. Захаренко, С. Г. Козлова, Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., 2000. – Ч. 2. – С. 206–209.

17. Захаренко В. А. Влияние улучшающих добавок на пористую структуру бисквитных полуфабрикатов / В. А. Захаренко, О. Н. Сафонова, Ю. В. Чудик // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., 2000. – Ч. 1. – С. 41–47.

18. Оцінка якості напівфабрикатів / [В. О. Захаренко, А. А. Дубініна, Д. М. Одарченко та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2001. – лютий-березень. – С. 19.

19. Новий спосіб оцінки розпушеності дріжджового напівфабрикату / [С. Г. Козлова, Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. пр. / ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2001. – Вип. 6. том II. – С. 222–227.
20. Использование муки из зерновых смесей в производстве мучных кондитерских изделий / [А. В. Богомоллов, Ю. В. Чудик, О. Н. Сафонова и др.] // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2001. – № 2. – С. 35–37.
21. Боршно із зернових сумішей. Способи його використання у кондитерських виробках / [О. В. Богомоллов, Ю. В. Чудік, О. М. Сафонова та ін.] // Зерно і хліб. – 2001. – № 2. – С. 28–29.
22. Розробка способів підвищення повітро- та паропроникності шкаралупи яєць водоплавної птиці / В. О. Бреславець, Ю. К. Дунаєв, Ю. Р. Князєв, В. О. Захаренко // Птахівництво : міжвідом. темат. наук. зб. – 2001. – Вип. 50.– С. 34.
23. Захаренко В. О. До питання визначення розчинних сухих речовин при виробництві цукатів / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих, В. В. Полевич // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., 2002. – Ч. 1. – С. 283–288.
24. Захаренко В. О. Деякі теоретичні аспекти приготування цукатів на основі гарбуза / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих // Вісник ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського. Технічні науки. – 2002. – № 2 (14). – С.153–158.
25. Захаренко В. Цукати з гарбузів і моркви / В. Захаренко, Т. Непочатих, Р. Томашевська // Харчова і переробна промисловість. – 2003. – № 2. – С. 25–26.
26. Захаренко В. О. Вивчення деяких фізичних характеристик різних сортів гарбуза та моркви / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих, Ю. В. В'ьюнік // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : вісник Харк. держ. ун-ту сільськ. госп. – Х., 2003. – Вип. 22. – С. 224–231.
27. Захаренко В. О. Визначення клітинної проникності гарбузів та моркви / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих, О. Д. Гнілокозова // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр. : у 2-х ч. / Харк. держ. акад. технол. та орг. торг. – Х., – 2003.– Ч. 1. – С. 369–374.
28. Захаренко В. О. Вплив виду пакувального матеріалу на зберігання продуктів з гарбуза та моркви / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих // Ринкові та товарні дослідження : вісник Київ. нац. торг.-екон. ун-ту. – 2004. – № 4. – С. 96–103.
29. Захаренко В. А. Прогнозирование сроков хранения и определение качества куриных яиц / В. А. Захаренко // Науковий Вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Технічні науки. – 2004. – Вип. 2 (13). – С. 13–16.
30. Захаренко В. А. Исследование пористой микроструктуры натуральных колбасных оболочек / В. А. Захаренко, Л. Ю. Шубина, В. Н. Онищенко // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : вісник Харк. нац. техн. ун-ту сільськ. госп. ім. П. Василенка. – Х., 2004. – Вип. 28. – Т. 2. – С. 131–138.

31. Захаренко В. О. Вивчення мікропористої структури сушеної рослинної сировини / В. О. Захаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. –Х., 2005. – Вип. 2. – С. 284–292.

32. Захаренко В. О. До питання підвищення рівня експертизи яйцепродуктів / В. О. Захаренко // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. пр. / ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського. Донецьк, 2005. – Вип. 13. – С. 285–293.

33. Дослідження впливу породних відмінностей курей на строки зберігання яєць / [В. О. Захаренко, Ю. Р. Князєв, О. Ф. Майорова та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2006. – Вип. 2 (4). – С. 428–432.

34. Захаренко В. О. До питання підвищення рівня експертизи хлібобулочних виробів / В. О. Захаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2006. – Вип. 2 (4). – С. 417–421.

35. Пивоваров П. П. Роль пористості у формуванні товарознавчих показників харчових продуктів / П. П. Пивоваров, В. О. Захаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. –Х., 2008. – Вип. 2 (8). – С. 481–490.

36. Пивоваров П. П. Дослідження впливу харчових добавок на пористу структуру хлібобулочних виробів / П. П. Пивоваров, В. О. Захаренко, Ю. К. Кір'яков // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2009. – Вип. 1 (9). – С. 484–492.

37. Пивоваров П. П. Новий метод визначення коефіцієнта дифузії вологи під час обводнення сушеної рослинної сировини / П. П. Пивоваров, В. О. Захаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х., 2009. – Вип. 1 (9). – С. 510–517.

38. Деклараційний патент 38168 А Україна, МКВ G 01 N 15/08. Спосіб визначення диференціальної пористості хлібобулочних та кондитерських (бісквіти) виробів / Захаренко В. О ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2000063215 ; заявл. 05.06.2000 ; опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4. – 4 с.

39. Деклараційний патент 41628 А Україна МКВ А 21 D 8/02. Спосіб визначення розпушеності дріжджового тіста / Захаренко В. О., Козлова С. Г. Лисюк Г. М., Самохвалова О. В. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2000116564 ; заявл. 21.11.2000 ; опубл. 17.09.2001, Бюл. № 8.– 4 с.

40. Деклараційний патент 43027 А Україна, МКВ А 21 D 13/08. Спосіб визначення загальної пористості хлібобулочних та бісквітних виробів / Захаренко В. О., Сафонова О. М., Чудік Ю. В. ; заявник та патентовласник Захаренко В. О., Сафонова О. М., Чудік Ю. В. (Україна). – № 2000127262 ; заявл. 18.12.2000 ; опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10. – 3 с.

41. Деклараційний патент 42270 Україна, МКВ А 21 D 13/08. Спосіб одержання масляного бісквітного напівфабрикату / Чудік Ю. В., Сафонова О. М., Захаренко В. О. ; заявник та патентовласник Чудік Ю. В., Сафонова О. М., Захаренко В. О. (Україна). – № 2000127260 ; заявл. 18.12.2000 ; опубл. 15.10.2001, Бюл. № 9. – 4 с.

42. Деклараційний патент 53888 А Україна, МКВ G 01 N 15/08. Спосіб визначення пористості рослинної сировини / Захаренко В. О., Непочатих Т. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2002010440 ; заявл. 17.01.2002 ; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2.– 3 с.

43. Деклараційний патент 54695 А Україна, МКВ А 23 L 1/06 Спосіб визначення розчинних сухих речовин при виробництві цукатів / Захаренко В. О., Непочатих Т. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2002010070 ; заявл. 03.01.2002 ; опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3. – 4 с.

44. Деклараційний патент 55621 А Україна, МКВ G 01 N 30/00. Спосіб визначення теплоти адсорбції пористих харчових продуктів / Захаренко В. О. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2002010439 ; заявл. 17.01.2002 ; опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. – 4 с.

45. Деклараційний патент 57419 А Україна, МКВ А 23 L 1/06. Спосіб виробництва цукатів з гарбуза та моркви / Захаренко В. О., Непочатих Т. А. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 2002107839 ; заявл. 03.10.2002 ; опубл. 16.06.2003, Бюл. № 6. – 4 с.

46. Патент на корисну модель 17787 Україна, МПК (2006) А 01 К 43/00. Спосіб визначення паропроникності ячної шкаралупи / Захаренко В. О., Чуйко А. М. ; заявник та патентовласник ХДУХТ (Україна). – № 0200603834 ; заявл. 07.04.2006 ; опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10. – 3 с.

47. Захаренко В. А. К вопросу исследования воздухопроницаемости яичной скорлупы / В. А. Захаренко, Ю. Р. Князев // Проблемы индустриализации общественного питания страны : все-союз. науч.-практ. конф., 27-29 ноября 1984 г. – Х. : ХИОП, 1984.– С. 341.

48. Юрина Э. В. Влияние добавок и тестоведения на макропористую структуру изделий из дрожжевого теста / Э. В. Юрина, В. А. Захаренко, К. Э. Протопопова // Проблемы индустриализации общественного питания страны : всесоюз. науч. конф., 12-14 дек. 1989 г. – Х. : ХИОП, 1989. – С. 153.

49. Захаренко В. А. О макропористой структуре хлебобулочных изделий / В. А. Захаренко // Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания : все-союз. науч.-практ. конф., дек. 1990 г. – Х. : ХИОП, 1990.– С. 205–206.

50. Влияние физических факторов на формирование качества цукатов / В. А. Захаренко, Т. А. Непочатых, Р. Я. Томашевская, Т. Н. Шапорова // Товары XXI століття : міжнар. наук.-практ. конф., 24-25 жовт. 2002 р. – Полтава : ПУСКУ, 2002. – Ч. II. – С. 55–57.

51. Захаренко В. О. Вплив частоти електромагнітного поля на процес дифузії цукрового сиропу при приготуванні цукатів // В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих // Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі : міжнар. наук.-практ. конф., 19 лист.2003 р. – Х. : ХДУХТ, 2003. – С.187–189.

52. Захаренко В. О. Товарознавча оцінка якості нових цукатів з гарбуза та моркви / В. О. Захаренко, Т. А. Непочатих // Товарознавство та ринок споживчих товарів у 3-му тисячолітті : міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 жовт. 2004 р. – Донецьк : ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2004. – С. 24.

53. Захаренко В. А. К вопросу повышения уровня экспертизы хлебобулочных изделий / В. А. Захаренко, С. В. Сорокина, А. В. Мячиков // Праці І всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф., 1-5 берез. 2005 р. – К., 2005. – Ч. 3. – С. 15–18.

54. Захаренко В. А. Прогнозирование сроков хранения яйцепродуктов / В. А. Захаренко, Л. Ю. Шубина // Техника и технология пищевых производств : междунар. науч.-техн. конф., 18-20 мая 2006 г. – Могилев : МГУП, 2005. – С. 119.

55. Захаренко В. О. Визначення якості сушеної рослинної сировини / В. О. Захаренко, Ю. Р. Князев // Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія : міжнар. наук.-практ. конф., 23-24 трав. 2006 р. – Х. : ХДУХТ, 2006. – Ч. 1. – С. 154.

56. Захаренко В. О. Пориста структура та її вплив на споживні властивості продуктів / В. О. Захаренко, О. В. М'ячиков // Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : міжнар. наук.-практ. конф., 19 лист. 2008 р. – Х. : ХДУХТ, 2008. – Ч. 1. – С. 278.

Особистий внесок здобувача:

1) проведення літературного пошуку, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 26, 27, 33–35, 48–50);

2) керівництво і участь в експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 5, 7–14, 17, 20–22, 53–56);

3) теоретичне обґрунтування нових методів експертизи і методології дослідження харчових продуктів із пористою структурою і їх використання (поз. 24, 29–32, 37, 47, 51, 52);

4) складання опису винаходів, складання та редагування формул винаходу, теоретичне обґрунтування запропонованих рішень (поз. 38–46);

5) розробка методології, нормативної документації та прогресивних методів дослідження пористої структури харчових продуктів (поз. 1–4, 6, 15, 16, 18, 19, 23, 28, 36).

АНОТАЦІЯ

Захаренко В.О. Удосконалення методології експертизи пористих харчових продуктів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.15 – товарознавство. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2010.

Дисертація присвячена розробці методології, теоретичного обґрунтування і самих фізичних методів контролю споживних властивостей пористих харчових продуктів. Доведено, що саме

якість пористої структури – співвідношення макро- і мікрокапілярів у дисперсній фазі, діапазон радіусів пор, ступінь їх монодисперсності – визначає як їх органолептичні властивості (смак, консистенцію, запах), так і тривалість зберігання. Запропоновано класифікацію найбільш відомих методів, які використовуються для визначення дисперсності пористих харчових продуктів. Запропоновано теорію втрат вологи під час зберігання курячих яєць, яка дозволяє прогнозувати за коефіцієнтом проникності шкаралупи термін зберігання яєць. Надано наукове обґрунтування просочення цукрового сиропу в рослинну сировину під час виробництва цукатів. Запропоновано метод визначення теплоти сорбції за однією (опорною) ізотермою сорбції в пористих харчових продуктах.

Запропоновано оригінальну методіку визначення коефіцієнта дифузії вологи в рослинній сировині. Зроблено аналіз розроблених у роботі методів при удосконаленні методології товарознавчої експертизи, який показує, що серед них є: методи, що замінюють побічне визначення показників якості на пряме, – визначення паропроникності яєчної шкаралупи ($\delta = 2\%$), розпушеності дріжджового тіста ($\delta = 0,5\%$); методи, що підвищують точність або є менш трудомісткими, – визначення ДФР у мікропоровій області (10...12%), теплоти адсорбції вологи пористими продуктами ($\delta = 10...15\%$), пористості сушеної продукції ($\delta = 2\%$), розчинних сухих речовин у цукатах ($\delta = 0,65\%$), пористості хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів ($\delta = 2\%$); методи, які замінюють органолептичне визначення показника на інструментальне, – метод визначення ДФР і ступеня однорідності пор у макропоровій області хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів ($\delta = 10\%$).

Ключові слова: пористі харчові продукти, експертиза, диференціальна функція розподілу пор за радіусами, диференціальна пористість, загальна пористість, макропори, мікропори

АННОТАЦІЯ

Захаренко В.А. Усовершенствование методологии экспертизы пористых пищевых продуктов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.15 – товароведение. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена разработке методологии, теоретического обоснования и самих физических методов контроля потребительских свойств пористых пищевых продуктов. Доказано, что именно качество пористой структуры – соотношение макро- и микрокапилляров в дисперсной фазе, диапазон радиусов пор, степень их монодисперсности – определяет как их органолептические свойства (вкус, консистенцию, запах), так и длительность хранения. Предложена классификация наиболее известных методов, которые используются для определения дисперсности матричных пищевых продуктов. Сопоставление бесструктурных и структурированных пористых продуктов показывает, что последние имеют более сложное пористое строение, широкий диапазон радиусов пор, различные соотношения макро- и микрокапилляров, тогда как бесструктурные ограничены

размерами микрочастиц. Дано теоретическое обоснование метода и создан прибор для определения дифференциальной функции распределения (ДФР) пор по радиусам в макропоровой области, который основан на пропрессовывании воздуха через образец, поры которого заполнены инертной жидкостью – керосином. В совокупности с новым показателем качества – коэффициентом вариации – этот метод позволяет оценивать влияние пищевых добавок при их внесении в рецептуру пищевых продуктов и оценивать степень однородности их пор. Модифицирован сорбционный метод определения ДФР в микропоровой области: предложен аналитический вид уравнения, которое описывает изотермы сорбции-десорбции, постоянные которого одновременно являются постоянными и для уравнения ДФР пор по радиусам. Предложена теория потерь влаги при хранении куриных яиц, которая позволяет прогнозировать по коэффициенту проницаемости скорлупы сроки хранения яиц и сортировать куриные яйца изначально. Разработан динамический способ нахождения паропроницаемости яичной скорлупы, позволяющий научно обосновать сроки хранения куриных яиц. Для повышения экспертизы введен новый показатель качества яиц – коэффициент проницаемости яичной скорлупы, позволяющий прогнозировать сроки хранения яиц изначально, а не по высоте воздушной камеры.

Дано научное обоснование пропитки сахарного сиропа в растительное сырье при производстве цукатов. Доказано, что на скорость пропитки сахарным сиропом влияет частота наложения внешнего поля и пористость сырья. Предложен метод определения теплоты сорбции по одной (опорной) изотерме сорбции в пористых пищевых продуктах. Рассмотрено его использование в технологии изделий фарша из овощных пюре и измельченных овощных масс, рассмотрено изменение их пористой структуры под воздействием технологических факторов и при хранении, а также с целью управления качеством комбинированных пищевых полуфабрикатов «Аналог кальмара» и «Аналог филе рыбьего».

С учётом изменения пористости теста при брожении установлена зависимость электропроводности дрожжевого теста от его разрыхленности, что положено в основу нового метода оценки разрыхленности теста и позволяет в непрерывном потоке контролировать стадию процесса брожения теста. Разработана схема и изготовлена установка для контроля процесса брожения теста в производственных условиях.

Установлено, что использование различных пищевых добавок существенно влияет на дифференциальную и общую пористость полуфабрикатов и изделий из дрожжевого теста. Введение низких концентраций добавок с более высокой дисперсностью улучшают пористую структуру, а грубодисперсные фракции, вносимые в значительных весовых количествах, снижают качество мякиша готовых изделий. Подтверждено, что использование пищевых добавок позволяет существенно варьировать показателями пищевой ценности хлебобулочных изделий и повысить биологическую ценность готовых изделий, то есть улучшить их качество и потребительские свойства в целом, расширить ассортимент булочных изделий. Показано, что разработанные новые методы и методология определения общей и дифференциальной пористости могут применяться для объективной оценки состояния мякиша и дисперсности хлебобулочных и мучных кондитерских изде-

лий. Предложена оригинальная методика определения коэффициента диффузии влаги в растительном сырье. Доказано, что значения коэффициента диффузии воды для растительного сырья могут быть рассчитаны по ДФР и кривой водопоглощения. Доказано, что сорбционный гистерезис, вид сушки оказывает существенное значение на ДФР сушеной продукции и ее коэффициент диффузии. Проанализировано влияние порообразования на процессы, определяющие формирование качества пористых продуктов питания. Показано, что для прогнозирования гарантированного качества таких продуктов необходим контроль процесса порообразования на всех стадиях их создания.

Сделан анализ разработанных в работе методов для усовершенствования методологии товароведной экспертизы, который показывает, что среди них есть: методы, которые заменяют побочное определение показателей качества на прямое, – определение паропроницаемости яичной скорлупы ($\delta = 2\%$), разрыхленности дрожжевого теста ($\delta = 0,5\%$); методы, которые повышают точность или являются менее трудоемкими, – определение ДФР в микропоровой области ($\delta = 10...12\%$), теплоты адсорбции влаги пористыми продуктами ($\delta = 10...15\%$), пористости сушеной продукции ($\delta = 2\%$), растворимых сухих веществ в цукатах ($\delta = 0,65\%$), пористости хлебобулочных и мучных кондитерских изделий ($\delta = 2\%$); методы, которые заменяют органолептическое определение показателя на инструментальное, – метод определения ДФР и степени однородности пор в макропоровой области хлебобулочных и мучных кондитерских изделий ($\delta = 10\%$).

Исследованиями и внедрением в научную работу, производство и учебный процесс доказана высокая эффективность разработанных в диссертации методов.

Ключевые слова: пористые пищевые продукты, экспертиза, дифференциальная функция распределения пор по радиусам, дифференциальная пористость, общая пористость, макропоры, микропоры.

ANNOTATION

Zakharenko V.O. Improvement of methodology of examination of porous food products. – Manuscript.

Dissertation for the Doctor's degree by specialty 05.18.15 – Science of Commodities. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2010.

Dissertation is devoted to the development of methodology, theoretical ground and physical methods of control of consumer properties of porous food products. It is namely proved that exactly quality of porous structure is the correlation macro- and microcapillaries in a dispersion phase, range of radiuses of pores, the degree of their monodispersion determines both their organoleptic properties (taste, consistency, smell) and shelf-life of storage.

Classification of the best known methods which are used for determination of dispersion of porous food products is offered. The theory of losses of moisture during storage of chicken eggs is offered, it al-

allows to forecast the term of storage of eggs according to the coefficient of permeability of shell. The scientific ground of percolation of saccharine syrup into vegetable raw during the production of the candied fruits is given. The method of determination of warmth of sorption according to one (to fullerum) isotherm of sorption in porous food products is offered.

The original method of determination of coefficient of diffusion of moisture in vegetable raw is offered. The analysis of the methods for the increase of commodity expert investigation which were developed in this dissertation is done. It shows that among them there are methods which replace side determination of indexes of quality to direct one – the determination of steam penetration of egg-shell ($\delta = 2\%$), fluffing of yeast dough ($\delta = 0,5\%$); methods which raise exactness or are less labor-intensive – determination of DFP in a micropores field (10...12%), warmth of adsorption of moisture by porous products ($\delta = 10...15\%$), to porosity of the dried products ($\delta = 2\%$), soluble dry production in the candied fruits ($\delta = 0,65\%$), porosity of bakeries and flour confectionary ($\delta = 2\%$); methods which replace organoleptic determination of index to instrumental one - a method of determination of differential function of division of pores according to the radiuses (DFP) and degree of homogeneity of pores in the macropores field of bakeries and flour confectionary ($\delta = 10\%$).

Key words: porous food products, expertise, differential function of division of pores according to the radiuses, differential porosity, general porosity, macropores, micropores.

Підп. до друку 13.04.2010 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.

Обл.-вид. арк. 1,9. Ум. друк. арк. 2,2.

Тираж 100 прим. Зам. №174

ДОД ХДУХТ, вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.