

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ГОРАЛЬЧУК АНДРІЙ БОГДАНОВИЧ**



УДК 001.5:641.85:544.022.82

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НАПІВФАБРИКАТІВ  
ЗБИВНИХ ДЛЯ КУЛІНАРНОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ  
З ПОЛІФАЗНОЮ ДИСПЕРСНОЮ СТРУКТУРОЮ**

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор  
**Гринченко Ольга Олексіївна,**  
Харківський державний університет харчування та торгівлі, завідувач кафедри технології харчування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Гніщевич Вікторія Альбертівна,**  
Київський національний торговельно-економічний університет, професор кафедри технології і організації ресторанного господарства

доктор технічних наук, доцент  
**Дорохович Вікторія Віталіївна,**  
Національний університет харчових технологій, професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів

доктор технічних наук, професор  
**Демидов Ігор Миколайович,**  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів і продуктів бродіння

Захист відбудеться 14 грудня 2016 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

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

Автореферат розісланий 14 листопада 2016 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Глобалізація економіки, зростання частоти кризових явищ, загострення конкуренції на внутрішніх та зовнішніх продовольчих ринках змушують виробників знаходити нові форми співпраці, які реалізуються через розширення та ускладнення коопераційних зв'язків, нові форми стратегічних альянсів, різноманітність моделей та видів аутсорсингу.

Сучасна індустрія виробництва харчової продукції, характерними ознаками якої є диверсифікація виробництва, ґрунтується на використанні широкого кола інформації й знань в одній сфері вже недостатньо для підтримки її конкурентоспроможності. Генерація та запровадження інновацій більш ефективно здійснюються в умовах міжгалузевої кооперації, що забезпечує динамічний розвиток усіх зацікавлених сторін.

Сьогодні міжгалузева кооперація харчової промисловості та ресторанного господарства функціонує як окремі бізнес моделі – Food Service, B2B, HoReCa й потребує наукового супровіду. В харчовій індустрії їх реалізація здійснюється в ланцюзі «напівфабрикати – кулінарна/ кондитерська продукція», що дозволяє підвищити ефективність технологічних процесів, забезпечити сталі показники якості та безпечності харчової продукції, здійснювати її виробництво за скороченою технологічною схемою.

Разом з тим за останній час суттєво змінилися підходи до конструювання харчової продукції. Природній вміст інгредієнтів у продовольчій сировині не завжди задовольняє виробників та споживачів (як з точки зору харчової цінності, так й технологічних властивостей). Це стало імпульсом та спонукало до створення харчових продуктів, цільові властивості яких забезпечуються обґрунтованим вмістом та співвідношенням компонентів. За цих умов виробник гарантує сталість технологічних процесів, а споживач одержує продукцію з бажаними споживними властивостями.

Вищезначене набуває особливої значущості для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою (ПДС), яка характеризується незадовільною технологічною стійкістю, що проявляється в низькій піноутворюючій здатності, стійкості піни, розшаруванні та ін. Вирішити ці технологічні проблеми можливо за рахунок використання напівфабрикатів, у яких закладено потенціал із забезпечення технологічної стійкості продукції на їх основі.

Фундаментальними дослідженнями забезпечення технологічної стійкості дисперсних систем, у тому числі з ПДС, займалися Е. Dickinson, R. Miller, В. S. Murray, P. Walstra, В. М. Измайлова, П. М. Кругляков, П. О. Ребиндер, А. І. Русанов, Ю. Г. Фролов, Е. Д. Щукін, прикладні дослідження набули подальшого розвитку в рамках наукових шкіл П.П. Пивоварова, О. О. Гринченко, О. Г. Іоргачевої, В.В. Дорохович, А.В. Зубченко, О.Н. Артемової та ін. Проте системних та узагальнюючих досліджень як фундаментального, так і прикладного характеру, спрямованих на одержання напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС, нами не виявлено. Відсутня узагальнена інформація щодо принципів забезпечення технологічної стійкості ПДС шляхом

керованих процесів флотації жирової фази, недостатньо досліджено структурно-механічні властивості міжфазних адсорбційних шарів (МАШ) у таких системах. Відсутні чіткі уявлення про сумісне використання сировини білкової, полісахаридної природи та поверхнево-активних речовин (ПАР) для регулювання структурно-механічних показників МАШ та їх зв'язок з функціонально-технологічними властивостями харчової продукції.

У зв'язку з вищевикладеним, наукове обґрунтування технології напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою є важливою науковою та практичною проблемою міжгалузевого значення, вирішення якої дозволить науково обґрунтувати та реалізувати принципи забезпечення технологічної стійкості харчової продукції, розробити конкурентоспроможну продукцію з новими споживними властивостями, розширити ринки її збуту.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційну роботу виконано відповідно до основних напрямів науково-дослідної роботи ХДУХТ, зокрема за бюджетними науково-дослідними темами №14-10-11 Б (0109U008641) «Теоретичні та практичні аспекти виробництва піноемультсійних продуктів на основі молочної сировини», №19-15-16Б (0114U006540) «Наукові та прикладні основи забезпечення технологічної стабільності дисперсних систем для виробництва харчової продукції, одержаної індустріальними способами», за держбюджетною науково-дослідною темою №3-13БО (0113U000158) «Розробка наукових принципів регулювання властивостей сировини тваринного походження в технологіях харчової продукції масового споживання», а також госпдоговірними темами за замовленням підприємств галузі України, основними з яких є №38-12-13Д (0112U008262) «Наукове обґрунтування технологічних параметрів виробництва повітряно-горіхового напівфабрикату», №8-14Д (0114U005311) «Наукове обґрунтування технології оздоблювальних напівфабрикатів на основі рослинних олій», №15-14Д (014U006343) «Наукове обґрунтування технології сухого жирового напівфабрикату для збивання», №16-14-15Д (0114U004790) «Адаптація технологічного процесу виробництва капсульованого олієжирового продукту у відповідності з технологічними та технічними вимогами підприємства ACER CAMPESTRES, S.L.».

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою у вигляді сухих та рідких сумішей, використання яких дозволить інтенсифікувати технологічний процес виробництва, забезпечити сталі показники якості та безпечності готової продукції, розширити її асортимент.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі завдання:

– з урахуванням сучасних тенденцій розвитку продовольчого ринку країни визначити передумови та довести об'єктивну необхідність розвитку науково-практичного напрямку зі створення напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС, реалізація якого дозволить науково обґрунтувати та розробити технології нової продукції;

– на основі теоретичних положень термодинаміки з використанням методів системного аналізу розробити теоретичні моделі та визначити механізми одержання технологічно стійких систем з ПДС, експериментально встановити раціональні параметри їх функціонування;

– розробити наукові принципи керованого процесу флотації жирової фази для формування необхідних технологічних властивостей і забезпечення технологічної стійкості систем та харчової продукції з ПДС;

– установити закономірності перебігу процесів піноутворення й емульгування у взаємозв'язку зі змінами структурно-механічних властивостей МАШ, визначити закономірності змін фізико-хімічних, функціонально-технологічних, органолептичних показників харчової продукції з ПДС під впливом технологічних чинників;

– науково обґрунтувати та розробити технології напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС;

– комплексно дослідити та визначити споживні властивості напівфабрикатів збивних, розробити рекомендації з виробництва кулінарної та кондитерської продукції на їх основі;

– виконати комплекс наукових, технологічних, організаційних робіт з упровадження розроблених технологій у виробництво закладів ресторанного господарства та харчової промисловості, освітній процес;

– здійснити оцінку основних результатів та ефективності наукового дослідження за упровадження інноваційних проектів.

*Об'єкт дослідження* – технології напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою.

*Предмети дослідження:* водні розчини концентратів білкових, низькомолекулярних поверхнево-активних речовин, полісахаридів: йота-карагінану, капа-карагінану, натрій карбоксиметилцелюлози та їх сумішей; емульсії, системи з піноемульсійною структурою на основі олій: соняшnikової, пальмоядрової, какао-масла; системи, що моделюють за своїм складом напівфабрикати збивні, напівфабрикати збивні для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою, кулінарна та кондитерська продукція.

*Методи дослідження* – теоретичні методи термодинаміки, методи визначення органолептичних, фізико-хімічних, функціонально-технологічних, структурно-механічних, мікробіологічних показників, планування експерименту, методи аналізу систем, математичної обробки даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано та доведено наукову концепцію дослідження, яка полягає у реалізації в харчових технологіях керованих процесів забезпечення мінімального росту вільної енергії шляхом створення потенційного бар'єру протидії коалесценції дисперсних частинок, що дозволить одержати за фізичним станом, структурою, харчовою цінністю широкий асортимент напівфабрикатів для виробництва технологічно стійкої кулінарної та кондитерської продукції з ПДС, розширити її асортимент, сформувати нові споживні властивості.

У межах реалізації наукової концепції з урахуванням узагальнення теоретичних та експериментальних досліджень:

*вперше:*

– доведено ефективне функціонування науково-практичного напрямку зі створення напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС за упровадження розроблених інновацій;

– розроблено модель та визначено механізми одержання технологічно стійких систем з ПДС шляхом Пікерінг стабілізації за рахунок послідовної дестабілізації, флоатації, адгезії та агломерації твердих жирових частинок на бульбашках повітря;

– розроблено модель та визначено механізми одержання технологічно стійких систем з ПДС шляхом стеричної стабілізації за рахунок забезпечення високих значень граничної напруги зсуву МАШ на межі розділу фаз вода-повітря, вода-олія та в'язкості дисперсійного середовища;

– розроблено модель та визначено механізми одержання технологічно стійких систем з ПДС шляхом Пікерінг-стеричної стабілізації за рахунок сумісної адгезії та агломерації дестабілізованих твердих жирових частинок та утворення МАШ з високим значенням граничного напруження зсуву на бульбашках повітря;

– теоретично обґрунтовано та експериментально визначено параметри виробництва напівфабрикатів рідких збивних шляхом одержання емульсій з використанням масла або олій, збивання яких забезпечує технологічну стійкість продукції з поліфазною дисперсною структурою шляхом Пікерінг або стеричної стабілізації;

– теоретично обґрунтовано та експериментально визначено параметри виробництва напівфабрикатів сухих збивних жировмісних шляхом диспергування олії або олієвмісної сировини в сухій суміші з забезпеченням контакту олії з цукром у присутності поверхнево-активних речовин, відновлення та збивання яких забезпечує технологічну стійкість продукції з ПДС шляхом Пікерінг-стеричної або стеричної стабілізації;

– досліджено комплекс органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та токсикологічних показників нової продукції, визначено харчову та біологічну цінність, встановлено закономірності їх зміни під впливом технологічних чинників;

*набули подальшого розвитку та узагальнення:*

– теоретичні положення щодо ролі поверхнево-активних речовин, білків і полісахаридів у процесах піноутворення та емульгування в системах з ПДС;

– методологія дослідження міжфазних адсорбційних шарів.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі одержаних результатів реалізації наукової концепції, проведених теоретичних та експериментальних досліджень апробовано та впроваджено технології напівфабрикатів і кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою на їх основі.

Розроблено й затверджено технічні умови та технологічні інструкції: «Напівфабрикати повітряно-горіхові випечені. Технічні умови» (ТУ У 10.7–01566330–228:2013), «Суміш рідка для збивання «Air cream (Eip

крім)» (ТУ У 10.7–01566330–290:2014, Зміни №1:2016 до ТУ), «Суміш суха для збивання «Air mix» (Eір мікс)» (ТУ У 10.7–01566330–297:2014, Зміни №1:2016 до ТУ), а також технологічні інструкції з виготовлення кулінарної та кондитерської продукції на основі розроблених напівфабрикатів.

*Реалізація роботи.* Науково-технологічні розробки впроваджено в закладах ресторанного господарства та харчової промисловості України, Іспанії: ТОВ СМП «Тіп-Топ», м. Ужгород (акт від 25.04.2010 р.); ТОВ «Аніс», м. Харків (акт від 27.04.2010 р.); УДП ТОВ «Світанок», м. Ужгород (акт від 05.05.2010 р.); ТОВ «Капсулар», м. Дергачі, Харківська обл. (акт від 14.03.2013 р.); ТОВ «Чигринов», м. Харків (акт від 31.10.2014 р.); ТОВ «Тайфун-2000», м. Харків (акт від 31.10.2014 р.); ФО-П Софроні А.В., м. Харків (акт від 30.10.2015 р.); «ACER CAMPESTRES, S.L.», Castillo de Locubin (Jaen) (акт від 21.04.2015 р.).

Результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес ХДУХТ під час викладання дисциплін «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія кулінарної продукції закладів ресторанного господарства», виконання курсових, дипломних проектів та магістерських робіт (акти від 30.06.2010 р., 05.11.2013 р., 21.10.2014 р., 24.10.2014 р., 30.10.2015 р.).

**Особистий внесок здобувача** полягає в аналізі стану проблеми, формулюванні наукової концепції роботи, її теоретичному та експериментальному підтвердженні, розробці програми досліджень та її реалізації, проведенні аналітичних, експериментальних досліджень та їх аналізі, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на винаходи, розробці нормативної та технологічної документації, проведенні заходів з упровадження науково-технічних розробок у виробництво та освітній процес.

У матеріалах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать основні ідеї, наукове обґрунтування теоретичних положень, підготовка та проведення експериментів, аналіз та узагальнення одержаних результатів, формулювання основних висновків.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дослідження доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку науковців та фахівців галузі на наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДУХТ (2008–2016 рр.), конференціях, семінарах, форумах, основними з яких є: всеукраїнські науково-практичні конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, 2008, 2009, 2010, 2013 рр.), І всеукраїнська науково-практична конференція «Питання технології та гігієни харчування» (м. Донецьк, 2009 р.), «Актуальные проблемы экономики, менеджмента, маркетинга» (м. Белгород, 2009 р.), «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі» (м. Харків, 2011, 2012, 2013 рр.), «Торгівля та готельно-ресторанний бізнес: інноваційний розвиток в умовах глобалізації» (м. Харків, 2012 р.), міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2012 р.), міжнародних науково-практичних конференціях «Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових

виробництв, ресторанного господарства і торгівлі» (м. Харків, 2008 р.), «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному бізнесі» (м. Харків, 2012, 2014 рр.), «Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов» (м. Саратов, 2013 р.), «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2013, 2014 рр.), «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2014 р.), «Харчові технології, хлібопродукти і комбікорми» (м. Одеса, 2015 р.), «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м.м. Харків – Мелітополь – Кирилівка, 2015 р.).

Нові види напівфабрикатів та харчової продукції з поліфазною дисперсною структурою демонструвались на міжнародній виставці «Наука і виробництво. Машинобудування Харківщини» (м. Харків, 2009 р.), у межах міжнародної науково-практичної конференції «Ресторанне господарство в стратегіях розвитку туризму» (м. Харків, 2009 р.); в рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування» (м. Харків, 2009 р.), Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі» (м. Харків, 2011–2013 рр.), на спеціалізованій виставці з міжнародною участю «Освіта Слобожанщини та кіберпростір-2013» (м. Харків, 2011, 2012 рр.), спеціалізованій виставці «Магазин. Ресторан. Гостиница» (м. Харків, 2012 р.), міжнародній виставці «Продукти харчування. Фестиваль напоїв. Ресторанний бізнес. Технологія та обладнання» (м. Харків, 2012 р.), виставці наукових розробок у межах науково-практичного форуму «Наука і бізнес – основа розвитку економіки» (м. Харків, 2012 р.), виставці-дегустації «Ніч науки» (м. Харків, 2013 р.), виставці наукових розробок із нагоди відзначення 95-річчя Національної академії наук України (м. Харків, 2013 р.), в рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2014 р.), міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2014 р.), на виставці, присвяченій «Дню технолога» (м. Харків, 2014 р.), де отримали позитивні відгуки й високу оцінку фахівців ресторанного господарства та харчової індустрії. Продукція представлялася на засіданні експертно-дегустаційної комісії ХДУХТ, де отримала позитивну оцінку й рекомендована до впровадження (м. Харків, ХДУХТ, 2015 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 60 праць, у тому числі: 3 монографії; 25 статей, серед них 17 – у наукових фахових виданнях України (з яких 7 – у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз даних), 3 – у наукових періодичних виданнях інших держав з напряду, з якого підготовлено дисертаційну роботу); 1 – у виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз даних); 3 патенти України на



винахід та 1 патент України на корисну модель; 25 матеріалів конференцій і тез доповідей; 2 навчальних посібники (1 з яких з грифом МОН України); 1 енциклопедію.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертаційну роботу викладено у двох томах: перший том складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який включає 430 найменувань, у тому числі 221 іноземне. Основний текст дисертації викладено на 325 сторінках друкованого тексту, вона містить 69 таблиць та 127 рисунків. Другий том представлено 56 додатками на 340 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, відомості щодо реалізації та апробації результатів дисертації.

У **першому розділі** «Наукові та практичні передумови створення та використання напівфабрикатів збивних для харчової продукції з поліфазною дисперсною структурою» (аналітичний огляд літератури) на основі аналізу літературних джерел висвітлено сучасний стан та основні тенденції розвитку технологій напівфабрикатів для харчової продукції з поліфазною дисперсною структурою. Здійснено аналіз теоретичних основ забезпечення технологічної стійкості харчової продукції з гетерогенною дисперсною структурою. Надано характеристику та аналіз технологій харчової продукції з поліфазною дисперсною структурою, основні шляхи забезпечення її технологічної стійкості. Узагальнення цих даних стало підґрунтям для формулювання завдань, які спрямовано на досягнення мети дисертаційної роботи.

У **другому розділі** «Організація, предмети, матеріали та методи дослідження» наведено методологічні підходи, що покладено в основу дисертаційного дослідження, алгоритм та загальну програму проведення теоретичних та експериментальних досліджень. Надано характеристику предметів дослідження, методів дослідження та умов їх проведення. Представлено опис лабораторних стендів для одержання модельних систем, напівфабрикатів та продукції на їх основі.

Показники якості та безпечності сировини, напівфабрикатів, готової продукції визначали за загальноприйнятими методиками. Відбір зразків, визначення масової частки вологи, загального вмісту білків, вуглеводів, жирів, золи здійснювали за стандартними методиками.

Піноутворюючу здатність (ПЗ) модельних систем та готової продукції визначали методом Лур'є, стійкість піни (СП) – як відношення висоти стовпа піни до загальної висоти зразка, виражену у відсотках після витримування упродовж  $1 \times 60^2$  с для піноподібних систем,  $24 \times 60^2$  с – для піноемультсійних. Для нестійких технологічних систем стійкість піни визначали методом напіврозпаду піни ( $\tau^{1/2}$ , с), визначаючи час, за який стовп піни руйнується наполовину від її початкової

висоти. Граничну напругу зсуву (ГНЗ) МАШ модельних систем визначали на поверхневому віскозиметрі, піноемультійних систем – із використанням сполучених кристалізаторів. Поверхневий натяг водних розчинів концентратів білкових, ПАР, полісахаридів та їх сумішей визначали за допомогою сталагмометра; вид міжфазної взаємодії та зв'язування білком поверхнево-активних речовин – розрахунковим методом на основі результатів визначення критичної концентрації міцелоутворення. Крайовий кут змочування визначали як кут між дотичною, проведеною до поверхні змочувальної рідини, та поверхнею твердого тіла. Механічну міцність піноемультійних систем виражали через граничну напругу зсуву, визначення якої проводили на пенетрометрі фірми Labor. Ефективну в'язкість дослідних зразків визначали на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М. Структурно-механічні властивості гелів визначали на модифікованих вагах Каргіна-Соголової. Реєстрацію ІЧ-спектрів водних розчинів білків та білків з полісахаридами здійснювали в області  $4000-450\text{ см}^{-1}$  на приладі ІЧ-Фур'є-спектрометрі SPECTRUM ONE. Кількість дестабілізованого жиру в піноемультіях визначали як відношення кількості жиру, що залишився на фільтрі під час фільтрування, до маси жиру в пробі, що досліджувалася. Середній діаметр жирових частинок, кількість агрегованих жирових частинок досліджували шляхом мікроскопіювання зразків з подальшим автоматизованим визначенням розмірних характеристик за допомогою програмного засобу ImageJ 1.47. Електронну мікроскопію зразків вивчали за допомогою растрового електронного мікроскопа «Jeol» за збільшення в  $500...25000$  разів.

Органолептичний аналіз готової продукції проводили з використанням п'ятибальної шкали. Ефективність результатів дослідження визначали за загальноприйнятими методами в галузі. Експериментальні дані опрацьовували методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням програмного забезпечення MathCad та Excel.

У **третьому розділі** «Теоретичне та експериментальне обґрунтування технологічних параметрів одержання технологічно стійких поліфазних дисперсних систем» розроблено інноваційний задум нової продукції (напівфабрикатів збивних), сформульовано наукову концепцію дослідження, розроблено та експериментально доведено теоретичні моделі стабілізації поліфазної дисперсної структури, виявлено закономірності впливу технологічних чинників на піноутворюючу здатність, стійкість піни, механічну міцність піноемультійних систем.

На основі аналізу технологій виробництва продукції з ПДС доведено необхідність зміни технологічної моделі її одержання з позиції скорочення технологічного процесу та зменшення енерговитрат за одночасного виробництва продукції з високими показниками якості та безпечності. Спрогнозовано, що стабільність технологічного процесу виробництва продукції з ПДС може бути забезпечено шляхом створення напівфабрикатів в спеціалізованих підприємствах з реалізацією моделі «напівфабрикат – готова продукція». Узагальненням інформації про рівень технологій продукції з ПДС встановлено їх невідповідність сучасними вимогам. Це виявляється в обмеженому використанні харчової сировини з високим рівнем функціонально-технологічних

властивостей, що пов'язано з відсутністю вищезначеної моделі. Для реалізації наукової концепції сформульовано інноваційний задум розробки напівфабрикатів збивних, який передбачає одержання широкого асортименту харчової продукції з ПДС з різними текстурними властивостями, зокрема продукції: з високою пластичністю та механічною міцністю; з середньою пластичністю та низькою механічною міцністю; з низькою пластичністю та високою механічною міцністю. Для теоретичного та експериментального підтвердження концепції дослідження й прогнозування механізмів проаналізовано термодинамічні умови утворення та забезпечення технологічної стійкості систем з ПДС на прикладі моделі – систем з піноемульсійною структурою (ПЕС). Для описання процесів їх одержання та забезпечення технологічної стійкості використано рівняння рівноважної термодинаміки. Необхідною умовою створення системи з ПЕС з урахуванням I та II законів термодинаміки є прагнення її до мінімуму вільної енергії  $dG \leq 0$ . Тому основною термодинамічною задачею є забезпечення протікання таких процесів, які призведуть до зниження вільної енергії в системі та забезпечення мінімального її росту.

Оскільки системи з ПЕС складається з водного дисперсійного середовища та двох фаз, величина роботи зі створення кожної з фаз відрізняється за величиною та визначається сумою робіт по створенню фази 1 (жирової) та фази 2 (повітряної):

$$dG = \sigma_1 ds_1 + \sigma_2 ds_2, \quad (1)$$

де  $G$  – вільна енергія Гіббса системи, Дж;  $\sigma_1$  – міжфазний натяг вода-олія, Дж/м<sup>2</sup>;  $\sigma_2$  – міжфазний натяг вода-повітря, Дж/м<sup>2</sup>;  $s_1$  – площа поверхні жирових частинок, м<sup>2</sup>;  $s_2$  – площа поверхні повітряних бульбашок, м<sup>2</sup>.

Оскільки величина міжфазного натягу вода-повітря відрізняється за величиною від міжфазного натягу вода-олія, то досягнення монодисперсного стану для двох фаз (жирової та повітряної) одночасно або одночасне диспергування жирової та повітряної фази не є можливим. Отже, створення систем з ПЕС можливе шляхом:

- одержання емульсії з наступним введенням повітряної фази (збивання);
- одержання піни з наступним введенням жирової фази (емульгування);
- одержання піни та емульсії з наступним їх змішуванням;
- попереднього диспергування жирової фази з подальшим емульгуванням та піноутворенням.

Зменшення вільної енергії під час диспергування досягається за рахунок зниження поверхневого або міжфазного натягу шляхом введення ПАР, що зменшує величину роботи диспергування. За використання двох ПАР (ПАР<sub>1</sub>, ПАР<sub>2</sub>) на поверхні розділу фаз буде адсорбуватися та ПАР, поверхнева активність якої вища. Це забезпечить вище значення роботи адсорбції та відповідно нижче кінцеве значення вільної енергії Гіббса. За близьких значень поверхневої активності ПАР можлива їх сумісна адсорбція, за різних – конкурентна адсорбція з адсорбцією ПАР з вищою поверхневою активністю. Прояв конкурентної адсорбції може призводити до руйнування систем з ПЕС.

Однією з рушійних сил руйнування дисперсних систем є надлишковий (капілярний) тиск, який викликано кривизною частинок дисперсної фази та

приростом вільної енергії Гіббса системи за рахунок дисперсності. На основі вищевикладеного основними фізичними характеристиками, що визначають одержання технологічно стійких ПЕС з позиції рівноважної термодинаміки, є: величина міжфазного натягу, дисперсність частинок, вид і кількість ПАР та порядок внесення компонентів.

Для визначення закономірностей забезпечення технологічної стійкості систем з ПЕС необхідно дослідити поведінку дисперсних частинок з позиції флотації. Жирова частинка біля розділу фаз вода-повітря залежно від величин міжфазного натягу може приймати один із трьох станів: не входить у міжфазний шар вода-повітря, знаходиться у вигляді лінзи або розтікатися на поверхні розділу фаз. Поведінка чистих рідин (вода, олія) на межі розділу фаз вода-повітря описується рівнянням Дюпре (вхід жирової частинки, адгезія, утворення лінзи), а розтікання олії на межі розділу фаз – рівнянням Гаркінсона. Однак для систем, які окрім води та олії містять ПАР, необхідно зазначені рівняння доповнити такими величинами, як поверхневий натяг псевдоемульсійного шару (замість міжфазного натягу олія-повітря) в рівнянні Дюпре та значенням двомірного тиску в рівнянні Гаркінсона. Експериментальне визначення поверхневого натягу псевдоемульсійного шару представляє складне завдання, але теоретичний аналіз зазначених рівнянь дозволяє визначити чинники, які впливають на флотаційні процеси, а саме величини міжфазного натягу на різних поверхнях розділу фаз, присутність ПАР, реологічні характеристики МАШ.

Процес адгезії жирової частинки на бульбашці повітря необхідно розглядати як зменшення вільної енергії Гіббса в системі, а також можливості надання продукції пластичних текстурних властивостей. Сила адгезії ( $F_{адг}$ ) жирової частинки до бульбашки повітря визначається розміром жирової частинки, поверхневим натягом (чим він нижче, тим нижче й сила адгезії), величиною крайового кута змочування (рівняння 2), ймовірністю зіткнення жирових частинок та бульбашок повітря – інтенсивністю течії (перемішуванням), можливістю флотації – в'язкістю дисперсійного середовища.

$$F_{адг} = \pi d \sigma_{ВП} \sin \Theta, \quad (2)$$

де  $d$  – діаметр кола, за якого частинка прикріплюється до бульбашки, м;  $\sigma_{ВП}$  – поверхневий натяг водного розчину Н/м;  $\Theta$  – крайовий кут змочування частинки, град.

Тверді жирові частинки за повного покриття бульбашок повітря можуть створити захисний жировий бар'єр за принципом Пікерінг стабілізації систем з ПЕС, що протидіє коалесценції бульбашок повітря. Визначальною у цьому є сила агломерації ( $F_{агл}$ ) між жировими частинками, яка обумовлена капілярними силами між твердими жировими частинками за рахунок незначної кількості рідкої олії між ними:

$$F_{агл} = 2\pi r_0 \sigma_{ОП}, \quad (3)$$

де  $r_0$  – радіус жирової частинки, м;  $\sigma_{ОП}$  – міжфазний натяг олія-повітря, Н/м.

Отже, основними фізичними величинами, які визначають процеси флотації, адгезії та агломерації жирових частинок, є величини міжфазного натягу,

присутність ПАР, які здані утворювати МАШ з певними реологічними властивостями, дисперсність, крайовий кут змочування жирових частинок, в'язкість дисперсійного середовища та співвідношення рідких та твердих тригліцеридів в жировій фазі для утворення захисного жирового бар'єру на бульбашках повітря, забезпечуючи Пікерінг стабілізацію систем з ПЕС.

Найбільш універсальним чинником стабілізації пін і емульсій є структурно-механічний, який передбачає утворення МАШ, що забезпечують розклинюючий тиск за зближення дисперсних частинок, гранична напруга зсуву яких протидіє капілярному тиску. МАШ, утворені за рахунок використання ВМС (білків, полісахаридів) або неіоногенних ПАР, забезпечують стеричну стабілізацію дисперсних систем. Якщо розклинюючий тиск представити як ГНЗ МАШ, віднесеної до товщини шару, то одержимо критерій стійкості дисперсних систем, який зв'язує ГНЗ МАШ та капілярний тиск:

$$\frac{\Delta p_c}{P_k} \ll 1, \quad (4)$$

де  $\Delta p_c$  – капілярний (надлишковий) тиск в бульбашці або краплі олії, Па;  $P_k$  – ГНЗ МАШ, віднесена до товщини шару ( $P_s/\delta$ ), Па.

Тобто ГНЗ МАШ або сила агломерації жирових частинок визначатиме час існування ( $\tau$ ) системи з ПЕС, протидіючи напруженню руйнування, яке може бути викликано капілярним тиском, механічною дією на систему, збільшенням температури, що виражається рівнянням Журкова:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - q\Delta p_c}{kT}\right), \quad (5)$$

де  $\tau_0$  – передекспоненційний множник, с;  $\Delta p_c$  – капілярний тиск (напруження руйнування), Па;  $q$  – структурна постійна, Дж/К;  $U_0$  – початкова енергія активації процесу руйнування, Дж;  $k$  – стала Больцмана, Дж/К;  $T$  – абсолютна температура, К.

Отже, регулюванням ГНЗ МАШ за рахунок виду і кількості ПАР та дисперсності частинок можна керувати процесами коалесценції, агломерації, входження жирових частинок у міжфазний шар вода-повітря та стійкості як окремих фаз (повітряної, жирової), так і систем з ПЕС в цілому.

На основі теоретичних положень визначено умови створення та забезпечення технологічної стійкості систем з ПДС, регулювання яких дозволить реалізувати наукову концепцію одержання напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС з різними текстурними властивостями за рахунок реалізації трьох моделей: Пікерінг стабілізації з одержанням продукції з високою пластичністю та механічною міцністю; Пікерінг-стеричної стабілізації – з середньою пластичністю та низькою механічною міцністю; стеричної стабілізації – з низькою пластичністю та високою механічною міцністю (рис. 1).

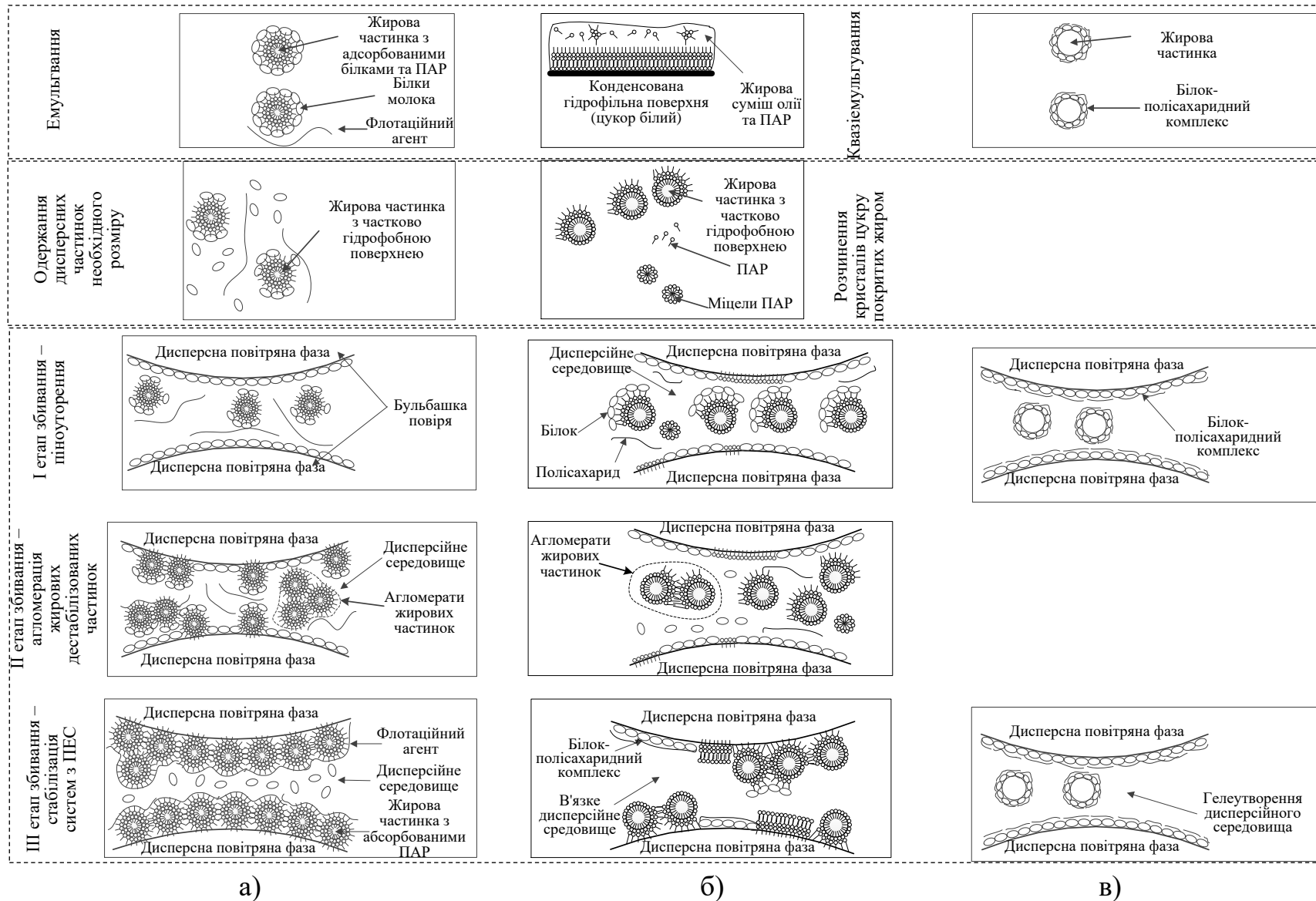


Рис. 1. Теоретичні моделі утворення технологічно стійких систем з ПЕС шляхом: а) – Пікерінг стабілізації; б) – Пікерінг-стеричної стабілізації; в) стеричної стабілізації

Відповідно до мети роботи та наукової концепції здійснено експериментальне підтвердження моделей забезпечення технологічної стійкості систем з ПДС, визначено механізми та закономірності, які лежать в їх основі.

Відмінною ознакою моделі Пікерінг стабілізації (рис. 1, а) є забезпечення технологічної стійкості шляхом утворення захисного жирового бар'єру на бульбашках повітря за рахунок капілярних сил зчеплення між жировими частинками. Реалізація даної моделі дозволяє одержати харчові системи з високою пластичністю та механічною міцністю, для досягнення яких необхідно забезпечити високий вміст олії та високу дисперсність жирової фази для повного покриття бульбашок повітря, що може бути реалізовано шляхом гомогенізації емульсії. Отже, раціональним є одержання напівфабрикату у вигляді рідкої суміші. Необхідними умовами утворення захисного жирового бар'єру, який буде протидіяти коалесценції бульбашок повітря, є керовані процеси:

- утворення стійкої прямої емульсії за рахунок реалізації поверхнево-активних властивостей білків молока та ПАР з високим значенням ГЛБ;
- дестабілізації жирової фази в процесі піноутворення системи, що може бути реалізовано за рахунок двох чинників – гомогенізації емульсії та введення ПАР з високою поверхневою активністю;
- флоатації та агломерації жирових частинок за рахунок використання ПАР з низьким ГЛБ та їх адгезії на бульбашках повітря.

Експериментальні дослідження проводилися на негомогенізованих та гомогенізованих системах, що дозволило визначити роль окремих компонентів та процесу гомогенізації в забезпеченні фізико-хімічних показників систем. Для обґрунтування виду ПАР визначено їх поверхневу активність (іоногенних, неіоногенних, амфотерних) з різною величиною ГЛБ (гідрофільно-ліпофільного балансу), казеїнату натрію, сумарних білків молока (відновленого знежиреного молока) та сумішей казеїнату натрію та ПАР. За величиною поверхневої активності (Дж×м/моль) речовини можна розташувати у ряд казеїнат натрію (0,030) < сумарні білки молока (0,035) < E472e (0,040) < E471 (0,090) < E472b (0,195) < E322 (0,20). На основі значень критичної концентрації міцелоутворення окремих речовин та їх сумішей визначено, що казеїнат натрію здатний утворювати комплекси з E472e (ефір діацетилвинної кислоти й моно- та дигліцеридів жирних кислот) та з E472b (ефір молочної кислоти й моно- та дигліцеридів жирних кислот). Досліджено крайові кути змочування водними розчинами ПАР гідрофільної та гідрофобної поверхні. За здатністю до змочування водними розчинами гідрофобної поверхні ПАР можуть бути розташовані в ряд E322 > E472e > E471 > E472b, зворотний до ряду здатності змочування гідрофільної поверхні. Одержані дані дозволили спрогнозувати реалізацію функціонально-технологічних властивостей ПАР в дисперсних системах. Так, введення E322 (лецитин) з високою поверхневою активністю за рахунок конкурентної адсорбції забезпечує десорбцію інших ПАР з міжфазної поверхні. Використання E472e, поверхнева активність якого близька до поверхневої активності казеїнату натрію та сумарних білків молока, забезпечує сумісну адсорбцію та збільшення ПЗ, стійкості емульсії. Функціонально-технологічні властивості E471 (дистильовані моногліцериди жирних кислот) та

E472b залежно від вмісту використовуються як для збільшення ПЗ та стійкості емульсії, так і навпаки – для дестабілізації жирових частинок та їх агломерації.

Визначено раціональний вміст відновленого знежиреного молока – 3,5...4,0%, який забезпечує ПЗ  $518 \pm 20\%$  у присутності цитрату натрію, за рН 6,8...7,0. Для одержання емульсії обрано какао-масло, яке характеризується швидкою кристалізацією, відсутністю транс-ізомерів жирних кислот, салістості, присмаку лауринової кислоти. Встановлено, що системи «відновлене знежирене молоко–какао-масло (15...35%)» характеризуються нижчою ПЗ порівняно з системами без какао-масла. СП та механічна міцність систем з ПЕС також низька та становить 45...48% та 23...30 Па відповідно. Раціональний вміст какао-масла з позиції ПЗ становить 23...27%, за якого ПЗ становить 160...189%.

Визначено вплив ПАР на ПЗ, механічну міцність та стійкість піни систем з ПЕС «відновлене знежирене молоко–какао-масло–ПАР» з вмістом однієї ПАР (E472e, E472b, E322). Встановлено, що за величиною ПЗ системи характеризуються так: максимальна ПЗ (150...220%) відповідає системам з E472e, мінімальна – з E322 (140...190%). За величиною механічної міцності (26,3...31,0 Па) системи з ПЕС практично не відрізняються, СП у всіх системах становить  $99 \pm 1\%$ .

Установлено, що введення двох ПАР (E472e та E472b) в системи з ПЕС забезпечує збільшення ПЗ. Раціональним вмістом ПАР є 0,4...0,5% (E472b) та 0,6...0,7% (E472e). Це забезпечує підвищення ПЗ до 240...255% та дозволяє збільшити механічну міцність систем з ПЕС до 50...56 Па. Додавання до систем, які вже містять дві ПАР в раціональній кількості третьої ПАР E322 (0,3%), дозволяє збільшити ПЗ до  $290 \pm 14\%$  та механічну міцність до  $400 \pm 16$  Па.

Розрахунки середньої площі переважаючої фракції бульбашок повітря та жирових частинок показали, що жирові частинки теоретично здатні повністю покрити бульбашки повітря. Однак механічна міцність систем низька. Це обумовлено низьким ступенем дестабілізації жирових частинок та відповідно низькою їх здатністю до адгезії на бульбашках повітря. Збільшення ступеня дестабілізації досягається за рахунок гомогенізації емульсії. Так, гомогенізація емульсії «відновлене знежирене молоко–какао-масло–E472b–E472e–E322» до середнього розміру жирових частинок  $(0,20 \pm 0,01) \times 10^{-6}$  м забезпечує повний ступінь дестабілізації жиру. Наслідком цього є збільшення ПЗ в 1,2 рази в системах без ПАР та в системах за введення E472e. Механічна міцність збільшується лише в системах за введення E472b в 1,3 рази. Повний ступінь дестабілізації жиру досягається за введення 0,25...0,35% E322. Введення 0,2...1,0% E472e забезпечує зниження ступеня дестабілізації жиру в 2,4 рази.

Сумісне використання двох ПАР (E472e та E472b) дозволяє збільшити ПЗ (до  $275 \pm 11\%$ ) та механічної міцності систем з ПЕС (до  $129,3 \pm 6,4$  Па) за рахунок збільшення ступеня дестабілізації жиру (до  $73,6 \pm 3,5\%$ ). Введення 0,25...0,35% E322 (це відповідає співвідношенню E322:какао-масло як 1:83) в системи, які вже містять дві ПАР (E472e та E472b), призводить до збільшення ПЗ в 1,3 рази, механічної міцності – в 5,9 разів та забезпечує повний ступінь дестабілізації жиру (рис. 2).



Введення 0,05% NaKMЦ (рис. 3) як флотаційного агента дозволяє збільшити флотацію жирових частинок в системах з ПЕС на основі гомогенізованої емульсії. Це забезпечує збільшення механічної міцності в 4,1 раз (до  $3100 \pm 155$  Па) та ПЗ в 1,4 раз (до  $410 \pm 17\%$ ).

Доведено, що вміст твердих тригліцеридів в рослинній олій визначає величину ПЗ та механічної міцності систем з ПЕС, які обумовлено силою агломерації між жировими частинками за зникаючого меніску (рівняння 3). Досліджено системи з вмістом какао-масла, кокосової та повністю гідрогенізованої пальмоядрової олії. Установлено, що найвищою механічною міцністю ( $3100 \pm 155$  Па) та ПЗ ( $410 \pm 17\%$ ) характеризуються системи з какао-маслом; за використання повністю гідрогенізованої пальмоядрової олії ці показники становлять  $2470 \pm 123$  Па та  $400 \pm 16\%$ , кокосової олії –  $1150 \pm 58$  Па та  $360 \pm 18\%$  відповідно.

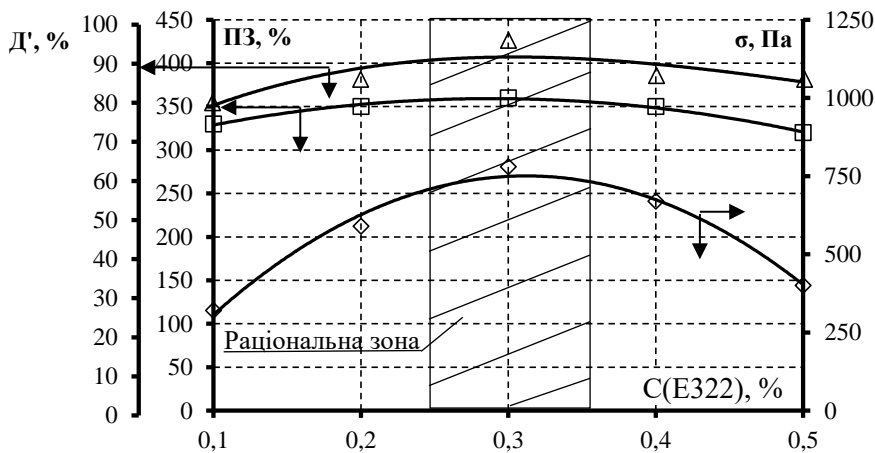


Рис. 2. Піноутворююча здатність ( $\square$ ), механічна міцність ( $\diamond$ ) та ступінь дестабілізації жиру ( $\Delta$ ) піноемульсійних гомогенізованих систем «відновлене знежирене молоко (3,5%)–какао-масло (25%)–E472b (0,4%)–E472e (0,6%)–E322» від вмісту E322

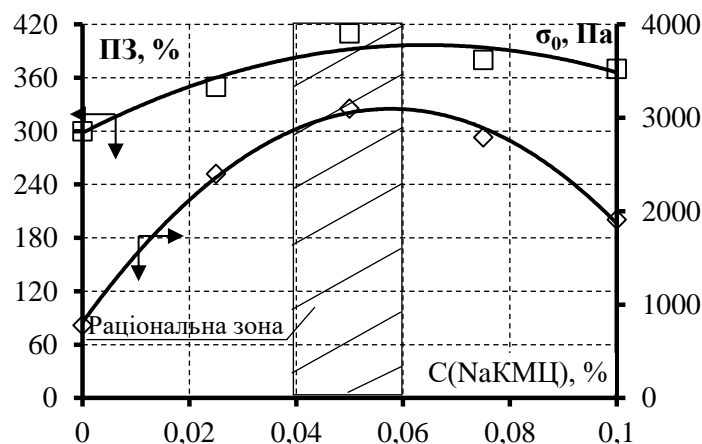


Рис. 3. Піноутворююча здатність ( $\square$ ) та механічна міцність ( $\diamond$ ) піноемульсійних гомогенізованих систем «відновлене знежирене молоко (3,5%)–какао-масло (25%)–E472b (0,4%)–E472e (0,6%)–E322 (0,3%)–NaKMЦ» від вмісту NaKMЦ

Закономірності стабілізації чи дестабілізації емульсій, пін і піноемульсійних систем доведено визначенням ГНЗ МАШ. Установлено, що введення E472e у відновлене знежирене молоко суттєво збільшує ГНЗ МАШ, що корелює зі збільшенням піноутворюючої здатності систем та зменшенням кількості дестабілізованого жиру під час збивання емульсій. Введення E472b практично не впливає на величину ГНЗ МАШ порівняно із системами без ПАР, E322 ефективно знижує ГНЗ МАШ, що корелює зі зниженням піноутворюючої здатності та забезпечує високий ступінь дестабілізації емульсії під час збивання. Сумісне використання двох ПАР (E472e та E472b) забезпечує збільшення ГНЗ МАШ як на межі розділу фаз вода-олія (в 22...24 рази), так і на межі розділу фаз вода-повітря (в 16...21 рази).

Шляхом порівняння даних ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-олія та вода-повітря в системі «відновлене знежирене молоко–E472e–E472b–E322» встановлено, що на межі розділу фаз вода-повітря ГНЗ МАШ вища в 1,3 раз, що є необхідною термодинамічною умовою утворення систем з ПЕС шляхом збивання емульсії за температури  $4\pm 1^\circ\text{C}$  (рис. 4, а). Тобто наявність повітряної фази є рушійною силою дестабілізації жиру. Однак за збільшенням температури до  $20\pm 1^\circ\text{C}$  ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-олія стає вищою в 2,7 рази порівняно з ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-повітря (рис. 4, б). Це змінює рушійну силу дестабілізації жиру, якою стає механічна дія на систему, та призводить до зниження ПЗ. За цих умов збільшення температури з  $4\pm 1^\circ\text{C}$  до  $32\pm 1^\circ\text{C}$  призводить до зниження ПЗ з  $410\pm 17\%$  до  $170\pm 7\%$  та механічної міцності системи з  $3100\pm 155$  Па до  $45\pm 2$  Па.

Розрахунок сумарної площі бульбашок повітря та жирових частинок показав, що жирові частинки теоретично можуть зайняти площу в 37,6 разів більшу, ніж сумарна площа бульбашок повітря.

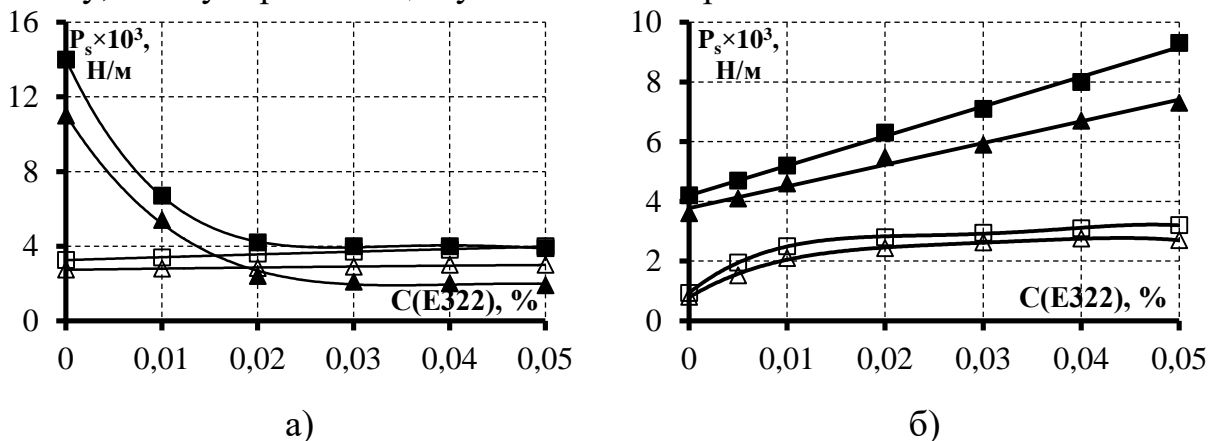


Рис. 4. ГНЗ МАШ систем «відновлене знежирене молоко (0,35%)–E472e–E472b–E322» від вмісту E322 на межі розділу фаз: вода-олія – темні маркери; вода-повітря – світлі маркери; за вмісту:  $\Delta$ ,  $\blacktriangle$  – E472e 0,06%, E472b – 0,04%;  $\square$ ,  $\blacksquare$  – E472e 0,06%, E472b 0,06%; за температури,  $^\circ\text{C}$ : а –  $4\pm 1$ ; б –  $20\pm 1$

Експериментально доведено, що процес збивання емульсії можна розділити на три етапи: піноутворення системи (до  $2,0\times 60$  с), дестабілізація жирових частинок ( $(2,0\dots 4,5)\times 60$  с) та стабілізація системи шляхом адгезії

жирових частинок на бульбашках повітря ((4,5...5,0)×60 с). Дані електронної мікроскопії переконливо доводять, що кінцева структура систем з ПЕС стабілізується жировими агрегатами з діаметром 1...2 мкм (рис. 5).

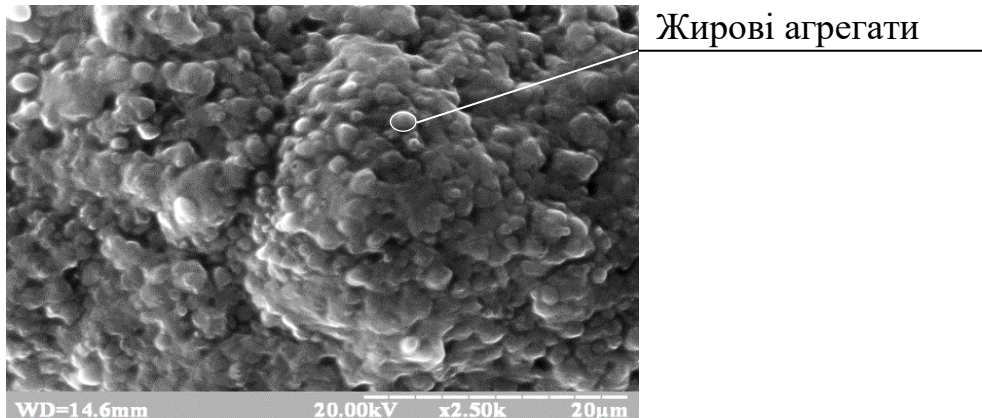


Рис. 5. Структура технологічно стійкої піноемulsionної системи, одержаної шляхом Пікерінг стабілізації (збільшення 2500 разів)

Таким чином, теоретично та експериментально доведено, що технологічна стійкість систем з ПЕС досягається шляхом утворення на бульбашках повітря захисного жирового шару. Узагальнення встановлених закономірностей впливу рецептурних компонентів на піноутворюючу здатність, стійкість піни, ступінь дестабілізації жиру, граничну напругу зсуву піноемulsionної та ГНЗ МАШ дозволили визначити раціональний вміст рецептурних компонентів, параметри та розробити модель технологічної системи одержання технологічно стійких систем з ПЕС шляхом Пікерінг стабілізації на основі напівфабрикату збивного з використанням какао-масла.

Модель утворення технологічно стійких систем з ПЕС шляхом забезпечення Пікерінг-стеричної стабілізації (рис. 1, б) передбачає сумісну адгезію жирових частинок та утворення МАШ з високою ГНЗ на бульбашках повітря. Реалізація даної моделі дозволяє одержати харчові системи з середньою пластичністю та низькою механічною міцністю, що реалізується за низького вмісту жирової фази та вимагає введення стабілізатора для забезпечення стійкості емульсії під час зберігання. Тому раціональним фізичним станом напівфабрикату є суха суміш. В основі утворення та забезпечення технологічної стійкості систем з ПЕС на основі сухої суміш лежать керовані процеси:

- утворення МАШ на жирових частинках під час диспергування олії в сухій суміші за рахунок введення ПАР в жирову фазу та забезпечення її контакту з гідрофільною конденсованою поверхнею;

- забезпечення під час піноутворення низьких значень ГНЗ МАШ на жирових частинках та бульбашках повітря й низької в'язкості дисперсійного середовища для дестабілізації жирових частинок, флоатації, адгезії та їх агломерації на бульбашках повітря (Пікерінг стабілізація);

- на завершальному етапі збивання підвищення ГНЗ МАШ для забезпечення технологічної стійкості ПЕС (стерична стабілізація) та в'язкості дисперсійного середовища.

Для одержання суміші сухої збивної жировмісної з сипкою консистенцією, відновлення і збивання якої забезпечує високу ПЗ, необхідно використовувати концентрати білкові молочні, які не грудкуються під час зберігання – казеїнат натрію, концентрат сироваткових білків. Встановлено, що ПЗ розчину казеїнату натрію 0,5...1,5% вище, ніж сироваткових білків та становить 575...600%, період напіврозпаду піни –  $(25...31) \times 60$  с. На основі досліджень ПЗ та періоду напіврозпаду піни систем «казеїнат натрію–ПАР» визначено, що раціональним є використання 3,5...4,5% E471 за вмісту казеїнату натрію 0,5%. Це забезпечує ПЗ  $1050 \pm 42\%$  та період напіврозпаду піни  $(720...830) \times 60$  с. Аналітично доведено перспективність використання у складі сумішей сухих збивних олії соняшникової, яка не містить транс-ізомерів жирних кислот, а її кристалізація забезпечується шляхом введення ПАР з високою температурою плавлення.

На основі вивчення впливу E471 на ПЗ та СП систем з ПЕС визначено раціональний вміст казеїнату натрію (0,5...1,0%), ПАР – E471 (3,0...3,1%) та олії соняшникової (5...7%), що забезпечує ПЗ на 635...655%, стійкість піни  $85 \pm 3\%$ . Вміст E471 в системах з ПЕС в інтервалі 1...6% не забезпечує повного ступеня дестабілізації жиру, який досягається за додаткового введення 0,08...0,1% E322 (це відповідає співвідношенню E322:олія соняшникова як 1:88). Це також забезпечує стійкість піни систем з ПЕС –  $99 \pm 1\%$  впродовж  $24 \times 60^2$  с та корелює з механічною міцністю систем з ПЕС.

Для забезпечення стійкості систем з ПЕС за рахунок стеричної стабілізації доведено необхідність введення капа-карагінану (0,5...1,0%), який збільшує ПЗ та механічну міцність систем з ПЕС (рис. 6). Методами ІЧ-спектроскопії підтверджено утворення комплексів «казеїнат натрію-капа-карагінан» за рахунок електростатичних взаємодій сульфогруп капа-карагінану та аміногруп казеїнату натрію.

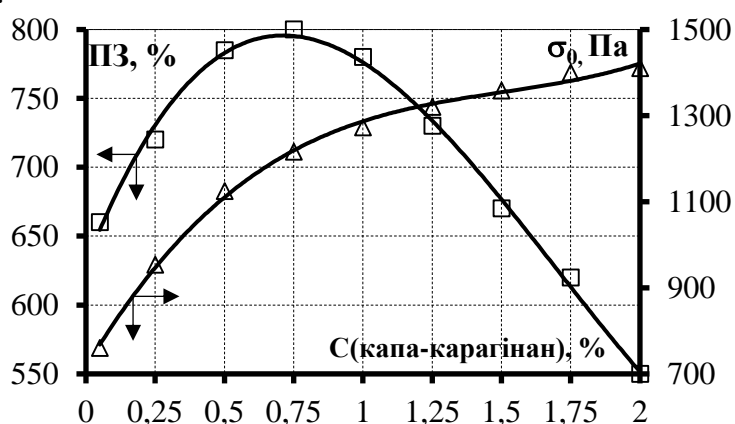


Рис. 6. Піноутворююча здатність (□) та механічна міцність (Δ) піноемульсійних систем «казеїнат натрію (0,5%)–E471 (3,0%)–E322 (0,08%)–олія соняшникова (5,0%)–капа-карагінан» від вмісту капа-карагінану

Сумісне використання казеїнату натрію, E322 та E471 забезпечує умови одночасного емульгування та піноутворення за рахунок близьких значень ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-олія та вода-повітря (рис. 6). Це є необхідною

умовою відновлення та збивання суміші сухої жировмісної (з попередньо диспергованою жировою фазою). Зниження температури системи з  $70^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$  забезпечує збільшення ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-олія в 8,4 рази, тобто охолодження зменшує ступінь дестабілізації жиру. На основі величин ГНЗ МАШ визначено, що рушійною силою дестабілізації жирових частинок за температури  $70\pm 1^{\circ}\text{C}$  (рис. 7, б) є механічна дія, а зниження температури до  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  (рис. 7, а) сприяє збільшенню ГНЗ МАШ та забезпеченню стійкості систем з ПЕС. Встановлено, що за контакту жирової фази з цукром у присутності ПАР відбувається утворення адсорбційних шарів, тобто за реалізації процесу квазіемулгування досягаються у 2 рази вищі показники ПЗ та механічної міцності. Це обумовлено більшим крайовим кутом змочування жирових частинок ( $25,0\pm 2,0^{\circ}$  проти  $1,5\pm 0,1^{\circ}$ ), які здатні до адгезії на бульбашках повітря. Підтвердженням цього є електронна мікроскопія піноемулсії.

Визначено параметри відновлення суміші сухої жировмісної, зокрема температура відновлення  $65\text{...}70^{\circ}\text{C}$ , частота обертання робочого органу збивального механізму  $17\text{...}19\text{ c}^{-1}$ , тривалість збивання  $(3\text{...}5)\times 60\text{ c}$ . На основі середнього діаметра та вмісту бульбашок повітря та жирових частинок визначено, що середня сумарна площа бульбашок повітря в 1,9 рази більша, ніж сумарна площа, яку можуть покрити жирові частинки. Таким чином, теоретично та експериментально доведено, що технологічна стійкість систем з ПЕС досягається шляхом сумісної адгезії твердих жирових частинок на бульбашках повітря та утворення МАШ з високою ГНЗ.

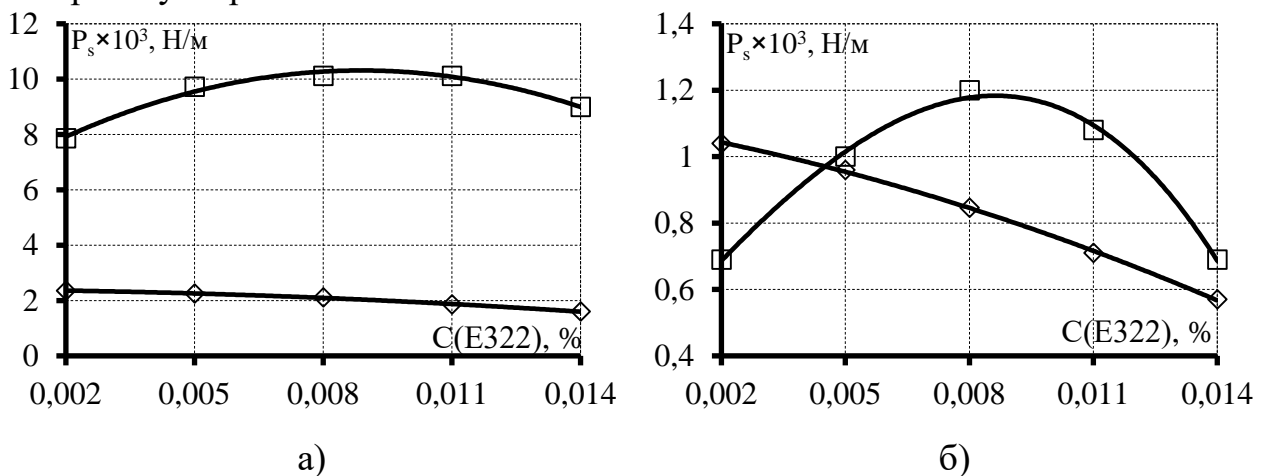


Рис. 7. ГНЗ МАШ систем «казеїнат натрію (0,05%)–E471 (0,3%)–E322» від вмісту E322 за температури  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  (а) та  $70\pm 1^{\circ}\text{C}$  (б) на межі розділу фаз:  $\diamond$  – вода-повітря ;  $\square$  – вода-олія

Узагальнення встановлених закономірностей впливу рецептурних компонентів на ПЗ, СП, ступінь дестабілізації жиру, механічну міцність систем з ПЕС, ГНЗ МАШ дозволило визначити раціональний вміст рецептурних компонентів та параметри, розробити модель технологічної системи одержання технологічно стійких систем з ПЕС шляхом Пікерінг-стеричної стабілізації на основі напівфабрикатаку сухого збивного жировмісного.

Модель утворення технологічно стійких систем з ПЕС шляхом забезпечення стеричної стабілізації (рис. 1, в) передбачає реалізацію принципу

забезпечення утворення МАШ з високою ГНЗ на бульбашках повітря і жирових частинках. Це дозволить одержати харчові системи з низькою пластичністю та високою механічною міцністю. Низький вмісту жирової фази забезпечує низьку пластичність, а високу механічну міцність – введення стабілізатора, тому доцільним є одержання напівфабрикату у рідкому вигляді.

Необхідною умовою утворення високої ГНЗ МАШ, що протидіє коалесценції дисперсних частинок, є керовані процеси:

- утворення прямої емульсії, за рахунок білків молока та полісахаридів з утворенням МАШ з високою ГНЗ;
- відсутність флотації та адгезії жирових частинок;
- піноутворення систем з утворенням МАШ з високою ГНЗ;
- висока в'язкість дисперсійного середовища.

Методами ІЧ-спектроскопії підтверджено утворення комплексів за участю сульфогруп йота-карагінану, іонів кальцію та карбоксильних груп білків молока. Смуга поглинання функціональної групи Амід І зміщена з  $1650\text{ см}^{-1}$  до  $1654\text{ см}^{-1}$ , зафіксовано зміщення смуг поглинання сульфогруп в область більших хвильових чисел, максимальне поглинання характерно для систем за співвідношення відновлене знежирене молоко:йота-карагінан як 1:0,05...0,06.

Введення йота-карагінану у кількості 0,3...0,6% дозволяє підвищити ПЗ в 1,1...1,4 разів та забезпечити необхідну стійкість піни ( $99\pm 1\%$ ) систем на основі відновленого знежиреного молока за його вмісту 5,0...10,0%. Однак дані системи характеризуються низькою механічною міцністю, що вимагає введення загусника. Перспективним є використання крохмалю кукурудзяного.

Шляхом двофакторного експерименту ПЗ піноподібних систем визначено раціональний вміст йота-карагінану та крохмалю за різного вмісту молока сухого знежиреного (табл. 1).

Таблиця 1

### Раціональні концентрації рецептурних компонентів

Рівняння регресії	Вміст, %			ПЗ, %
	Молоко сухе знежирене	Йота-карагінан, $x_1$	Крохмаль, $x_2$	
$ПЗ = 132 + 63,3x_1 + 19,7x_2 - 65,3x_1^2 - 2,4x_2^2 - 2,6x_1x_2$	5,0	0,4	3,8	183
$ПЗ = 127 + 137,5x_1 + 15,3x_2 - 131,9x_1^2 - 2,2x_2^2 - 0,8x_1x_2$	7,5	0,5	3,4	188
$ПЗ = 108 + 72,5x_1 + 19,5x_2 - 65,3x_1^2 - 2,6x_2^2 - 1,67x_1x_2$	10,0	0,5	3,6	161

Гідрофілізація жирових частинок в системі реалізується за двох чинників – достатньої кількості білка в системі та високого вмісту рідких тригліцеридів в жировій фазі. Раціональним є купажування олії для надання продукції пластичності, зокрема соняшникової та пальмоядрової (1:1), які не містять транс-ізомерів жирних кислот. Визначено раціональний вміст суміші олій, який становить 6...7% за вмісту молока знежиреного 7,5%, що забезпечує ПЗ  $230\pm 9\%$  та механічну міцність  $3500\pm 175\text{ Па}$ .

Доведено, що введення йота-карагіану у відновлене знежирене молоко призводить до збільшення ГНЗ МАШ як на межі розділу фаз вода-повітря, так і на межі розділу фаз вода-олія (рис. 8) та забезпечує технологічну стійкість систем з ПЕС. Встановлено, що за співвідношення відновлене знежирене молоко:йота-карагіан як 1:0,06 досягається максимальна ГНЗ МАШ, що обумовлено комплексоутворенням, яке підтверджується ІЧ-спектроскопією.

Реологічні дослідження гелеподібних систем на основі відновленого знежиреного молока, йота-карагіану, крохмалю та суміші олій дозволили визначити шляхи регулювання текстури систем та роль кожного з компонентів у забезпеченні визначених текстурних ознак. Так, йота-карагіан надає тискотропні властивості системам та разом з білками молока приймає участь у гелеутворенні. Крохмаль незалежно від йота-карагіану та білків молока забезпечує гелеутворення в системі на відміну від жирової фази, яка протидіє гелеутворенню.

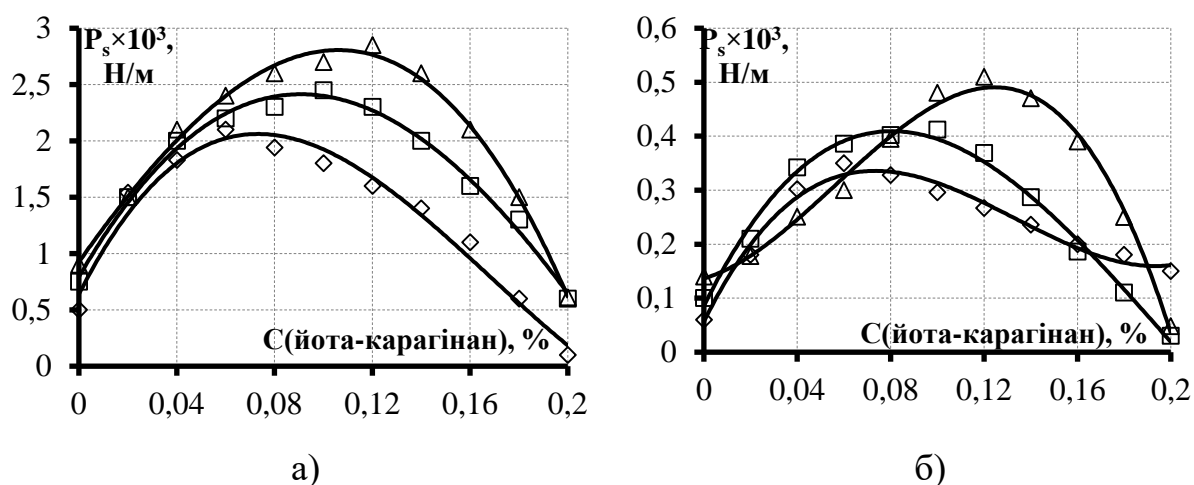


Рис. 8. ГНЗ МАШ систем «відновлене знежирене молоко–йота-карагіан» за  $t = 40 \pm 1^\circ\text{C}$  на межі розділу фаз вода-олія (а) та вода-повітря (б) від вмісту йота-карагіану за вмісту відновленого знежиреного молока, %:  $\diamond$  – 1,0;  $\square$  – 1,5;  $\triangle$  – 2,0

Визначено параметри збивання емульсії (температуру ( $4 \dots 6^\circ\text{C}$ ), тривалість ( $4 \dots 6$ ) $\times 60$  с), які забезпечують максимальну ПЗ. Вивчивши вплив рецептурних компонентів на ПЗ, СП, реологічні властивості гелів, визначено раціональний вміст, параметри та розроблено модель технологічної системи одержання технологічно стійкої продукції з ПЕС шляхом стеричної стабілізації на основі напівфабрикату збивного з використанням суміші олій.

Таким чином, підтверджено, що за реалізації трьох моделей забезпечення технологічної стійкості піноемульсійних систем можна одержати продукцію з різними текстурними властивостями, які стали підґрунтям для розробки науково обґрунтованих технологій напівфабрикатів збивних.

У четвертому розділі «Наукове обґрунтування параметрів технологічного процесу виробництва напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою» на основі результатів експериментальних досліджень обґрунтовано рецептурний склад та технологічні параметри виробництва п'ятох напівфабрикатів збивних: «Напівфабрикат

збивний з використанням какао-масла», «Напівфабрикат збивний з використанням суміші олій соняшникової та пальмоядрової», «Напівфабрикат сухий збивний жировмісний», «Напівфабрикат сухий збивний горіховий», «Напівфабрикат повітряно-горіховий».

На основі проведених експериментальних досліджень науково обґрунтовано параметри та рецептурний склад напівфабрикату збивного з використанням какао-масла. Для забезпечення технологічної стійкості продукції на основі напівфабрикату шляхом Пікерінг стабілізації та надання їй високої пластичності та механічної міцності у рецептурному складі використано какао-масло, що характеризується високою температурою плавлення. Дестабілізація жирової фази відбувається за введення ПАР з високою поверхневою активністю (E322) та двостадійної гомогенізації (за тиску  $10 \times 10^6$  Па на першій стадії,  $5 \times 10^6$  Па – на другій стадії), що забезпечує відсутність передчасної агломерації жирових частинок. Підвищення ПЗ досягається за рахунок введення E472e, а агломерація жирових частинок за введення E472b (рис. 9). Порівняльний аналіз фізико-хімічних показників продуктів-аналогів та розробленого напівфабрикату показав, що останній характеризується вищими технологічними показниками, зокрема ПЗ – в 1,2...1,4 рази, механічної міцності систем з ПЕС – 1,3...1,5 рази.

Обґрунтовано параметри та рецептурний склад напівфабрикату сухого збивного жировмісного. В технології напівфабрикату реалізовано принцип квазіемульгування, що забезпечується за рахунок диспергування жирової суміші, яка складається з соняшникової олії з розчиненими у ній E471 (забезпечує кристалізацію олії) та E322 (забезпечує дестабілізацію жирової фази) за безпосереднього контакту з цукром білим та сумісного використання казеїнату натрію і капа-карагінану, що забезпечують високу ГНЗ МАШ. Адгезія жирових частинок та утворення МАШ з високою ГНЗ забезпечує середню пластичність, а невисокий вміст капа-карагінану – низьку механічну міцність системи. Використання напівфабрикату дозволяє одержати продукцію з середньою пластичністю та низькою механічною міцністю, технологічна стійкість продукції забезпечується за рахунок Пікерінг-стеричної стабілізації. На основі аналізу фізико-хімічних показників доведено, що розроблений напівфабрикат характеризується вищою ПЗ (в 1,7...2,0 рази) за однакових показників СП і механічної міцності систем з ПЕС.

Обґрунтовано параметри та рецептурний склад напівфабрикату збивного з використанням суміші олій соняшникової та пальмоядрової. Для забезпечення технологічної стійкості систем з ПЕС за рахунок стеричної стабілізації реалізовано принцип забезпечення високої ГНЗ МАШ як на бульбашках повітря, так і на жирових частинках за рахунок комплексоутворення білків молока та йота-карагінану. Це забезпечує низьку пластичність, а введення крохмалю – високу механічну міцність системи.



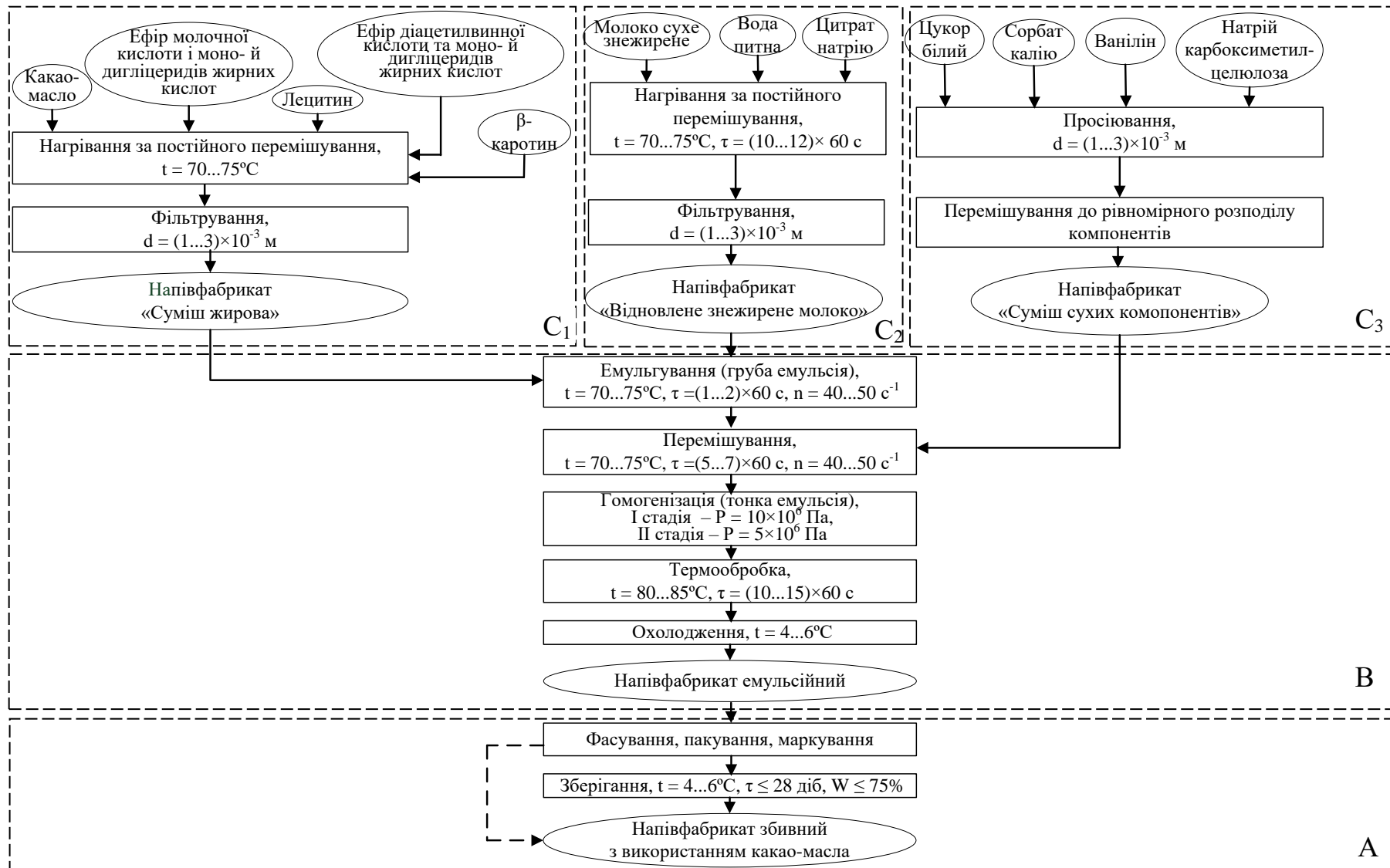


Рис. 9. Технологічна схема виробництва напівфабрикату збивного з використанням какао-масла: А, В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> – підсистеми

Окремим випадком стабілізації систем з ПДС є забезпечення технологічної стійкості повітряно-горіхового напівфабрикату за принципом стеричної стабілізації, за умов відсутності флотації жирових та твердих частинок горіхової сировини; високого граничного напруження зсуву міжфазних адсорбційних шарів на бульбашках повітря та жирових частинках.

Проведені експериментальні дослідження дозволили обґрунтувати технологічні параметри двох напівфабрикатів – повітряно-горіхового випеченого та сухого збивного горіхового для його одержання. Узагальнення результатів ПЗ, СП, середнього діаметру переважаючої фракції бульбашок повітря, ГНЗ МАШ дозволило обґрунтувати використання Е471 для забезпечення стійкості систем з ПЕС в межах технології повітряно-горіхового напівфабрикату. Доведено необхідність введення NaKMЦ 0,15...0,25% для збереження ПЗ ( $340 \pm 13\%$ ) та попередження флотації твердих частинок горіхової сировини. Технологічний процес одержання напівфабрикату реалізується шляхом введення в піноподібну систему подрібненої горіхової сировини.

За реалізації технології одержання напівфабрикату повітряно-горіхового шляхом одержання суміші сухої обґрунтовано необхідність сумісного подрібнення горіхів з Е471 за принципом квазіемульгування, що дозволяє досягти вищої дисперсності твердих частинок горіхової сировини (рис. 10).

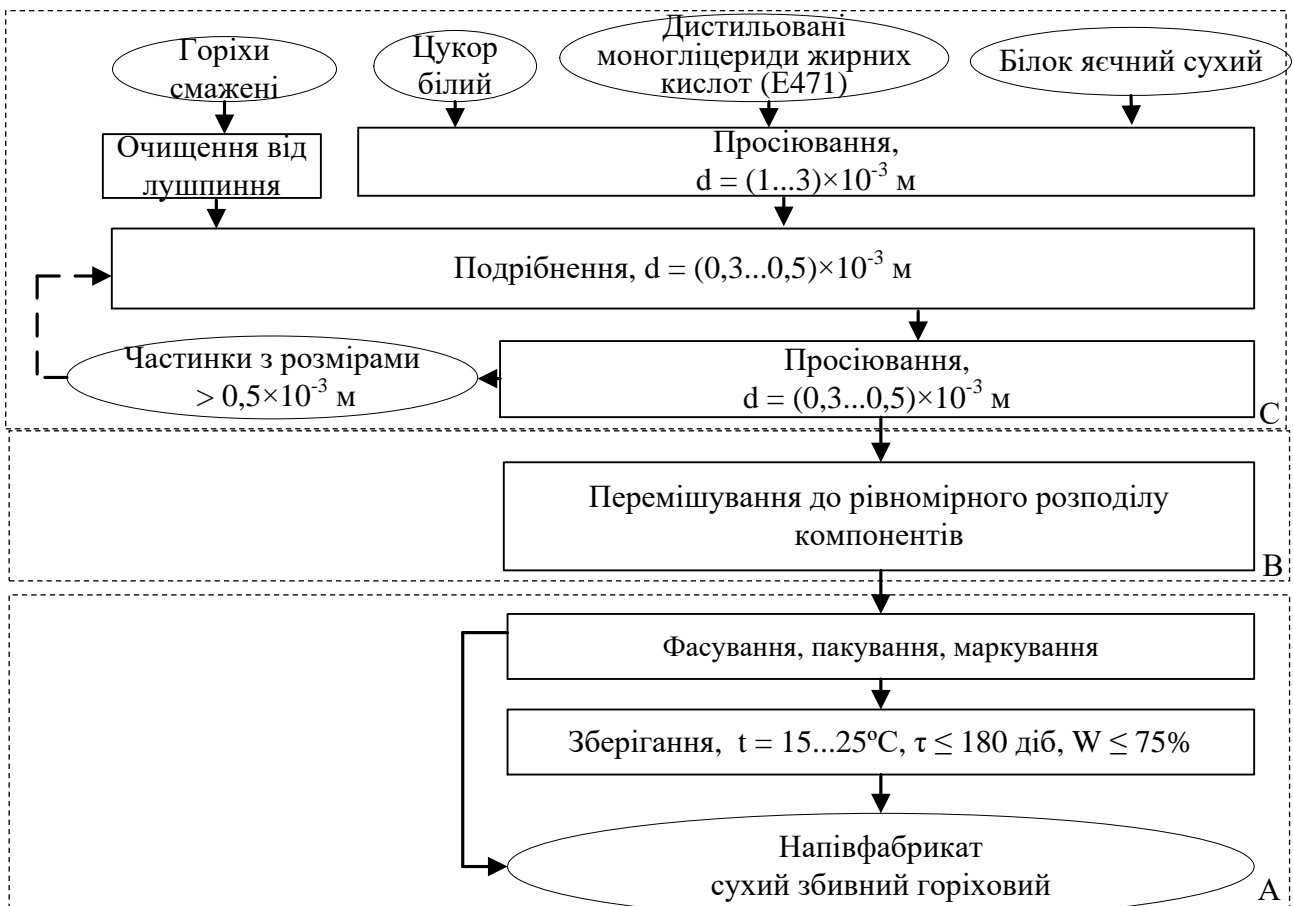


Рис. 10. Технологічна схема виробництва напівфабрикату сухого збивного горіхового: А, В, С – підсистеми

Доведено необхідність збивання рецептурної суміш за температури 65...70°C (E471 заходиться у розплавленому стані) та обов'язкової наявності цукру в системі не менше 35%. Визначено раціональний вміст E471, що становить 0,8...0,9%. За температури 70°C та вмісту E471 0,8...0,9% досягаються близькі значення ГНЗ МАШ як на межі розділу фаз вода-повітря, так і на межі розділу фаз вода-олія, що дозволяє здійснити одночасно процес емульгування та піноутворення, й забезпечити ПЗ систем 330%. Обґрунтовано раціональні параметри термообробки напівфабрикату повітряно-горіхового, які забезпечують необхідний питомий об'єм випеченого напівфабрикату – 3,6...3,8 м<sup>3</sup>/кг.

Таким чином, на основі проведених експериментальних досліджень обґрунтовано параметри й рецептурний склад напівфабрикатів збивних у вигляді рідких та сухих сумішей, що дозволило одержати цільову верифіковану та валідовану харчову продукцію.

У **п'ятому розділі** «Дослідження основних показників якості та безпечності напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою» узагальнено результати експериментальних досліджень та технологічних відпрацювань, спрямованих на визначення основних показників якості та безпечності напівфабрикатів для кулінарної та кондитерської продукції з ПДС, їх зміни під впливом технологічних чинників. З урахуванням одержаних експериментальних даних визначено основні шляхи реалізації механізмів забезпечення технологічної стійкості кулінарної та кондитерської продукції з ПДС на основі напівфабрикатів збивних (рис. 11).

Обґрунтовано умови та терміни зберігання напівфабрикатів, встановлено закономірності впливу основних рецептурних компонентів на ПЗ, СП, механічну міцність збитих рецептурних сумішей на їх основі. Досліджено фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості напівфабрикатів. Розроблено рецептурний склад та технології солодких страв, кремів оздоблювальних та повітряно-горіхових напівфабрикатів, тістечок повітряно-горіхових.

Визначено органолептичні, мікробіологічні, токсикологічні показники, хімічний склад напівфабрикатів збивних впродовж зберігання. Встановлено, що залежно від фізичного стану та технологічного призначення напівфабрикати характеризуються широкою варіабельністю вмісту харчових речовин. Доведено, що хімічний склад є сталим впродовж зберігання напівфабрикатів.

Визначено, що лімітуючим чинником зберігання рідких напівфабрикатів є мікробіологічні показники, сухих, повітряно-горіхового – показники якості олії. На основі результатів дослідження обґрунтовано умови та термін зберігання напівфабрикатів збивних.

Доведено, що напівфабрикати за вмістом харчових добавок, токсичних елементів повністю відповідають вимогам чинного законодавства України. Так, всі ПАР, що використовуються у складі напівфабрикатів, мають статус GRAS, NaKMЦ та сорбат калію вносяться у кількості, що не перевищують встановлених норм.

Визначено вплив харчових інгредієнтів на ПЗ, СП та механічну міцність систем з ПЕС, одержаних на основі напівфабрикату збивного з використанням

какао-масла. Доведено, що раціональний вміст цукру білого становить 7...12%, сиру кисломолочного – до 15%, какао-порошку – 7...8%, рН систем не повинно бути нижче за 5,5, що забезпечує величину ПЗ вище 300%. Показано негативний вплив масла вершкового та олії соняшникової на процес піноутворення, що призводить до руйнування піни. За необхідності збільшення вмісту жирової фази введення жиру необхідно здійснювати у вигляді прямої емульсії.

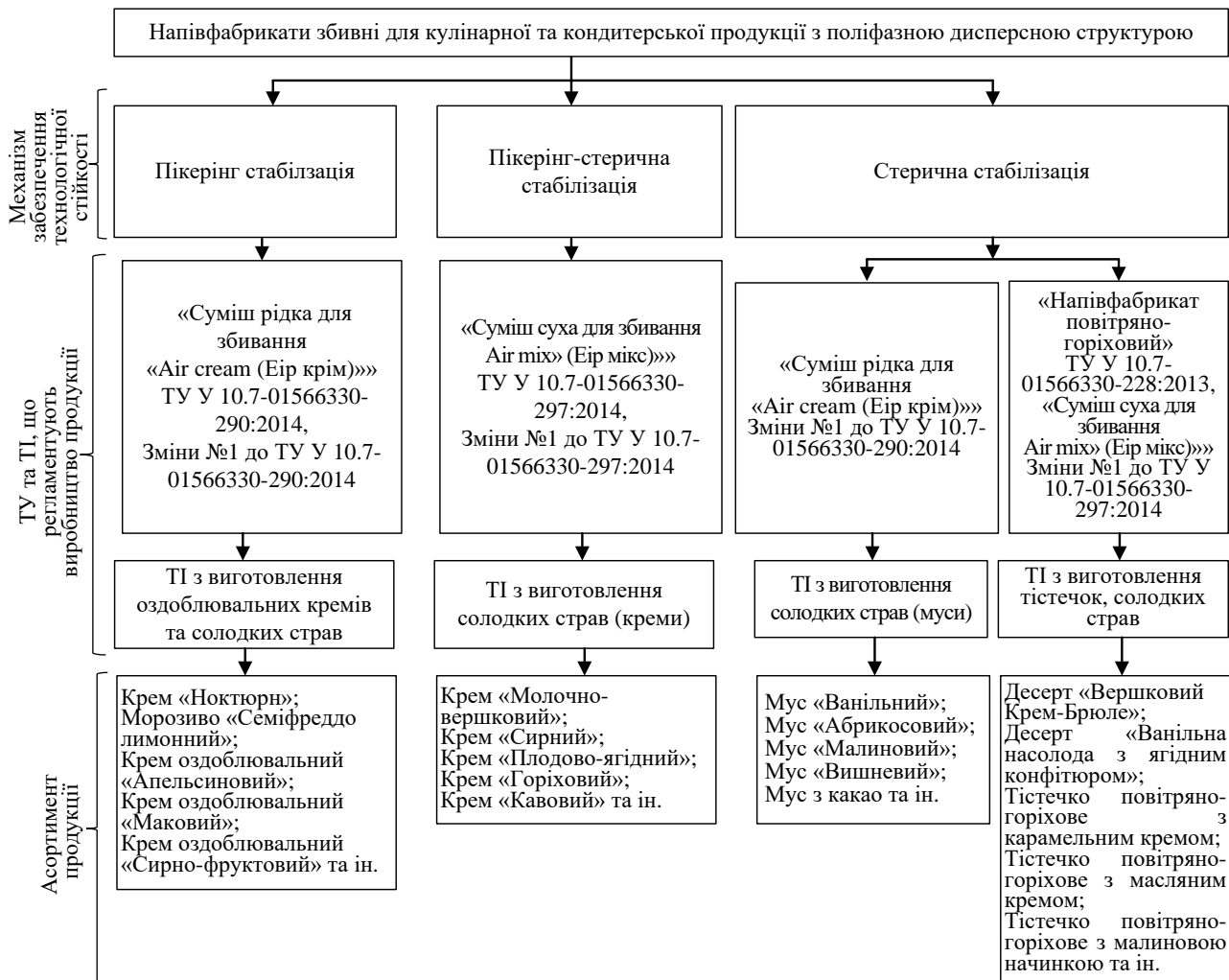


Рис. 11. Блок-схема реалізації механізмів забезпечення технологічної стійкості систем з ПДС в технології кулінарної та кондитерської продукції на основі напівфабрикатів збивних

Доведено доцільність використання желатину швидкокорозчинного (1,0...2,0%) для регулювання механічної міцності систем з ПЕС на основі напівфабрикату сухого жировмісного. За зазначеного вмісту желатину ПЗ складає 710...750%, механічна міцність систем з ПЕС – 1440...1510 Па. Досліджено вплив харчових інгредієнтів на ПЗ, механічну міцність систем з ПЕС та визначено раціональний їх вміст (10...40%), зокрема сиру кисломолочного знежиреного, масла вершкового, молока згущеного, пюре яблучного, пасти горіхової, какао-порошку, напівфабрикатів на основі шоколаду та вершків. Установлено можливість введення до складу солодких страв з піноемульсійною

структурою наповнювачів, що містять органічні кислоти, без зниження ПЗ і СП в інтервалі рН 4,0...6,5.

Розроблено рекомендації з використання напівфабрикату повітряно-горіхового у складі кулінарної та кондитерської продукції. Для формування асортименту тістечок повітряно-горіхових доведено доцільність використання оздоблювальних напівфабрикатів з вологістю 20...55%.

Узагальнення результатів закономірностей впливу технологічних чинників на технологічну стійкість систем з ПДС дозволило розробити широкий асортимент кулінарної та кондитерської продукції, який не є вичерпними, а віддзеркалює лише ті, що обґрунтовано в межах даного дослідження.

У шостому розділі «Оцінка результатів та ефективності наукового дослідження» сформульовано основні положення, на підставі яких здійснено оцінку ефективності дисертаційної роботи з використанням сукупності характеристик, які відображають науковий, науково-технічний, соціальний та економічний ефекти розробок.

Доведено економічну доцільність впровадження розробок у практичну діяльність підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства. Визначено, що за рахунок більш високих якісних характеристик додатковий прибуток, який отримає підприємство-виробник за умов впровадження інноваційної продукції у виробництво, складатиме 0,5...4,0 тис. грн. на кожні 1000 кг розроблених напівфабрикатів збивних.

На основі розрахунку показників інвестиційних витрат та періоду їх окупності здійснено оцінку інвестиційної привабливості проекту з виробництва напівфабрикатів збивних. Встановлено, що для реалізації проекту з організації виробництва нової продукції необхідні інвестиції обсягом 11...12 млн. грн., період окупності становить 1,8...1,9 роки, що доводить доцільність реалізації проекту та його привабливість для інвестора.

Визначено, що напівфабрикати збивні мають більш високі показники ринкових та споживних переваг порівняно з продуктами-аналогами за рахунок використання у їх складі олій та масла, які не піддавалися гідрогенізації, поверхнево-активних речовин зі статусом GRAS, що доводить їх соціальну ефективність.

## ВИСНОВКИ

1. Теоретично та експериментально підтверджено, що розвиток науково-практичного напрямку з виробництва кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою ґрунтується на створенні напівфабрикатів збивних, використання яких забезпечує керованість процесами розвитку поверхні розділу фаз з утворенням цільових верифікованих і валідованих харчових продуктів за умови мінімального росту вільної енергії, що потребує запровадження організаційно-технологічних заходів зі створення спеціальних підприємств (ділянок), залучення в технологічний цикл їх виробництва ресурсів, способів та обладнання з цільовими характеристиками.

2. Виходячи зі сформульованої наукової концепції та розуміння того, що величина роботи з диспергування окремих фаз у системі з поліфазною дисперсною структурою залежить від міфжазного натягу вода-повітря та вода-олія, які є різними за величиною, доведено необхідність здійснення диспергування окремих фаз (повітряної, жирової, твердих частинок) послідовно. За цих умов забезпечення технологічної стійкості систем з поліфазною дисперсною структурою реалізується шляхом зменшення міжфазного натягу вода-повітря та вода-олія за рахунок використання обґрунтованих видів і кількості ПАР, зменшення площі поверхні розділу фаз за рахунок агломерації твердих жирових частинок та їх адгезії на бульбашках повітря, створення міжфазних адсорбційних шарів з високою міцністю. Уперше теоретично спрогнозовано й експериментально визначено раціональні параметри функціонування теоретичних моделей одержання технологічно стійких систем з поліфазною дисперсною структурою – Пікерінг стабілізація (напівфабрикат збивний з використанням какао-масла), Пікерінг-стерична стабілізація (напівфабрикат сухий збивний жировмісний), стерична стабілізація (напівфабрикати збивний з використанням суміші олій соняшnikової та пальмоядрової, сухий збивний горіховий) за рахунок забезпечення умов мінімального росту вільної енергії в системі шляхом створення потенційного бар'єру протидії коалесценції дисперсних частинок, практична реалізація чого дозволяє одержати продукцію з різними текстурними властивостями.

3. Теоретично та експериментально доведено, що Пікерінг стабілізація систем з поліфазною дисперсною структурою забезпечується дестабілізацією, агломерацією, флотацією та адгезією твердих жирових частинок на бульбашках повітря з утворенням захисного жирового бар'єру за рахунок капілярних сил між жировими частинками. Механізми забезпечення Пікерінг стабілізації реалізуються в технологічному процесі шляхом: *утворення* прямої емульсії на основі олії з низьким вмістом рідких тригліцеридів, відновленого знежиреного молока, ПАР, зокрема з високим значенням ГЛБ для утворення емульсії (E472e – ефіру діацетилвинної кислоти та моно- й дигліцеридів жирних кислот); *дестабілізації* жирових частинок під час піноутворення шляхом гомогенізації емульсії до розміру жирових частинок  $(0,2 \pm 0,01) \times 10^{-6}$  м за введення ПАР з високою поверхневою активністю (E322 – лецитину); *флотації* (за введення флотаційного агенту – натрій карбоксиметилцелюлози), *агломерації* (за введення ПАР з низьким ГЛБ E472b – ефіру молочної кислоти та моно- й дигліцеридів жирних кислот), а також *адгезії* жирових частинок на бульбашках повітря за умов забезпечення невисокого значення граничного напруження зсуву міжфазних адсорбційних шарів (шляхом забезпечення невисокого вмісту білків сухого знежиреного молока).

4. Теоретично та експериментально підтверджено, що модель стеричної стабілізації систем з поліфазною дисперсною структурою передбачає утворення міжфазних адсорбційних шарів з високим граничним напруженням зсуву на жирових частинках і бульбашках повітря. Модель стеричної стабілізації реалізовано у двох технологіях – у технології напівфабрикату збивного з використанням суміші олії соняшnikової та пальмоядрової за рахунок

використання білків молока та йота-карагінану, які за участі іонів кальцію утворюють комплекси, а також забезпечують створення потенційного бар'єру протидії коалесценції жирових частинок і бульбашок повітря. Необхідними умовами реалізації технологічного процесу є: *утворення* прямої емульсії, її *збивання* із забезпеченням відсутності флотації та адгезії жирових частинок на бульбашках повітря за рахунок високого вмісту рідких тригліцеридів у жировій фазі (за рахунок використання суміші олії соняшникової та пальмоядрової), а також *гелеутворення* системи (за рахунок використання йота-карагінану й крохмалю). Реалізація моделі стеричної стабілізації в технології напівфабрикату сухого збивного горіхового здійснюється шляхом утворення міжфазних адсорбційних шарів на жирових частинках під час подрібнення горіхів у присутності E471 (дистильованих моногліцеридів жирних кислот) за контакту з цукром білим, змішування з сухим яєчним білком, відновлення та збивання напівфабрикату за умов повного розплавлення E471, що забезпечує близькі й високі значення граничного напруження зсуву міжфазних адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода-повітря та вода-олія.

5. Забезпечення технологічної стійкості харчової продукції з ПДС шляхом Пікерінг-стеричної стабілізації здійснюється за рахунок створення потенційного бар'єру протидії коалесценції бульбашок повітря за принципами дестабілізації, агломерації, флотації та адгезії жирових частинок на бульбашках повітря з неповним їх покриттям з наступним забезпеченням високого граничного напруження зсуву міжфазних адсорбційних шарів. Дану модель реалізовано в технології напівфабрикату збивного сухого жировмісного, що досягається шляхом *утворення* міжфазних адсорбційних шарів на жирових частинках та їх кристалізації під час диспергування олії соняшникової в сухій суміші за рахунок уведення ПАР (E471 та E322 – лецитину) із забезпеченням контакту олії з гідрофільною конденсованою поверхнею (цукром білим). *Дестабілізація* жирових частинок під час відновлення та збивання напівфабрикату досягається за рахунок уведення E322, флотація досягається за низької в'язкості дисперсійного середовища. *Агломерація* та *адгезія* на бульбашках повітря забезпечується за рахунок уведення E471. На завершальному етапі *збивання* – підвищення граничного напруження зсуву міжфазних адсорбційних шарів і в'язкості дисперсійного середовища за рахунок гелеутворення комплексів казеїнат натрію-капа-карагінан шляхом зниження температури.

6. Визначено механізми регулювання флотації жирових частинок, обов'язковими умовами якої є низька в'язкість дисперсійного середовища і граничне напруження зсуву на бульбашках повітря та жирових частинках, що досягається за співвідношення лецитин (E322):олія як 1:(83...88) кг/кг за умови знаходження її в твердому стані. Доведено, що рушійною силою дестабілізації жирових частинок є контакт емульсії з повітрям (за умови вищих значень граничної напруги зсуву міжфазних адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода-повітря, ніж на межі розділу фаз вода-олія) або механічна дія на піноемульсійну систему (за умови рівних значень граничної напруги зсуву міжфазних адсорбційних шарів або вищих значень на межі вода-олія). Вид

рушійної сили дестабілізації визначається складом, температурою системи та дисперсністю жирових частинок.

7. З використанням методів системного аналізу науково обґрунтовано та розроблено технології п'ятих напівфабрикатів збивних у вигляді рідких і сухих сумішей для одержання кулінарної та кондитерської продукції з ПДС, досліджено їх функціонування як технологічних систем. Визначено закономірності зміни основних показників якості та безпечності напівфабрикатів збивних у технологічному потоці. Встановлено, що використання напівфабрикатів збивних дозволяє одержати широкий асортимент продукції з варіабельною текстурою та харчовою цінністю; розроблено рекомендації з використання напівфабрикатів збивних у технології кулінарної та кондитерської продукції закладів ресторанного господарства.

8. Реалізовано комплекс заходів щодо впровадження нових технологій у закладах ресторанного господарства України та Іспанії, а також освітній процес. Прогнозована величина загального економічного ефекту від виробництва напівфабрикатів збивних складає 0,5...4,0 тис. грн. на 1 тону продукції. Встановлено, що для реалізації проекту з організації виробництва нової продукції необхідні інвестиції обсягом 11...12 млн. грн., період окупності становить (1,8...1,9) року, що доводить доцільність реалізації проекту та його привабливість для інвесторів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горальчук А. Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини : монографія / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров; Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків: ХДУХТ, 2010. – 123 с. *Здобувачем науково обґрунтовано теоретичні положення, розроблено методологію, обґрунтовано та узагальнено результати досліджень*

2. Горальчук А. Б. Технологія десертів молочних із використанням карагінанів : монографія / А. Б. Горальчук [та ін.]; Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків: ХДУХТ, 2013. – 122 с. *Здобувачем проведено літературний пошук, науково обґрунтовано теоретичні положення, здійснено керівництво експериментальними дослідженнями.*

3. Товма Л. Ф. Удосконалення технології напівфабрикату повітряно-горіхового : монографія / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко ; Національна акад. нац. гвардії України. – Харків: ХДУХТ, НАНГУ, 2016. – 104 с. *Здобувачем науково обґрунтовано теоретичні положення, здійснено керівництво експериментальними дослідженнями.*

4. Сабадош Г. О. Аналітичне обґрунтування використання карагінанів у складі молочних десертів / Г. О. Сабадош, А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 40–46. *Здобувачем обґрунтовано теоретичні положення, розроблено методологію досліджень, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації*



5. Сабадош Г. О. Оптимізація рецептурного складу молочних десертів з пінною структурою / Г. О. Сабадош, А. Б. Горальчук, Т. В. Трощій // Наукові праці : зб. наук. пр. / ОНАХТ. – Сер. Технічні науки. – Одеса : ОНАХТ, 2009. – Вип. 36. – Т. 2. – С. 158–161. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено одержані дані, сформульовані висновки.*

6. Сабадош Г. О. Дослідження міжфазних властивостей білків молока у технології отримання молочних десертів / Г. О. Сабадош, А. Б. Горальчук // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2009. – Вип. 2 (10). – С. 191–197. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, здійснено літературний пошук.*

7. Єфремова О. С. Обґрунтування використання поверхнево-активних речовин у технології рослинних вершків / О. С. Єфремова, А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 123–131. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, здійснено узагальнення результатів дослідження, здійснено підготовку матеріалів до публікації.*

8. Котляр О. В. Дослідження спорідненості поверхні фаз для обґрунтування складу харчових гетерогенних систем / О. В. Котляр, Є. О. Клапцов, А. Б. Горальчук // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків. : ХДУХТ, 2012. – Вип. 1 (14). – С. 67–73. *Здобувачем розроблено методологію дослідження, узагальнення результатів.*

9. Товма Л. Ф. Встановлення закономірностей стабілізації піноемульсійних систем / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : зб. наук. пр. / Тавр. держ. агротехнол. ун-т. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, Т.4. – С. 81–87. *Здобувачем здійснено узагальнення результатів, формулювання висновків.*

10. Горальчук А. Б. Дослідження впливу технологічних чинників на міцність гелів капа-карагіану / А. Б. Горальчук, Т. В. Трощій, Г. О. Сабадош // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. : зб. наук. пр. / ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк: ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2012. – Т. 1. – С. 264–271. *Здобувачем здійснено дослідження міцності гелів капа-карагіану, узагальнення результатів, формулювання висновків.*

11. Горальчук А. Б. Аналітичне обґрунтування розробки молочних десертів / А. Б. Горальчук, Т. В. Трощій, Г. О. Сабадош // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : зб. наук. пр. / Тавр. держ. агротехнол. ун-т. – Мелітополь : ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, Т.4. – С. 124–321. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, формулювання висновків.*

12. Котляр О. В. Визначення впливу поверхнево-активних речовин на стабілізацію суспензій / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : зб. наук. пр. / Тавр. держ.

агротехнол. ун-т. – Мелітополь : ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, Т.1. – С. 50 – 54. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовку матеріалів до публікації.*

13. Товма Л. Ф. Визначення закономірностей формування міжфазних адсорбційних шарів у технології повітряно-горіхового напівфабрикату / Л. Ф. Товма, А. Д. Пуніна, А. Б. Горальчук // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Вип. 1 (17). – С. 109–115. *Здобувачем здійснено експериментальні дослідження з визначення граничної напруги зсуву міжфазних адсорбційних шарів, формулювання висновків.*

14. Товма Л. Ф. Визначення поверхневого натягу систем білок-ПАР з метою вибору ПАР у технології повітряно-горіхового напівфабрикату / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Вип. 2 (18). – С. 9–17. *Здобувачем здійснено експериментальні дослідження з визначення поверхневого натягу, узагальнення матеріалів, формулювання висновків.*

15. Котляр О. В. Дослідження піноутворюючої здатності білоквмісної молочної сировини та поверхнево-активних речовин в технології сухого збивного напівфабрикату / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Вип. 2 (18). – С. 3–9. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовку матеріалів до друку.*

16. Омельченко С. Б. Визначення міцності міжфазних адсорбційних шарів у піноемульсійних системах / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Вип. 2 (20). – С. 238–247. *Здобувачем здійснено експериментальні дослідження з визначення граничної напруги зсуву міжфазних адсорбційних шарів, узагальнення результатів.*

17. Котляр О. В. Вплив рецептурних компонентів сухого жирового напівфабрикату для збивання на механічну міцність пінних мас / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 3/10 (69) – С. 45–49. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз. Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, літературний пошук та узагальнення результатів.**

18. Товма Л. Ф. Стабілізація структури повітряно-горіхових напівфабрикатів поверхнево-активними речовинами / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 1/10 (67). – С. 48–53. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз. Здобувачем здійснено літературний пошук та експериментальні дослідження.**

19. Омельченко С. Б. Вивчення міжфазних адсорбційних шарів з метою розробки технології молочної продукції / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5/11 (71). – С. 46–51. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження, підготовку матеріалів до друку.*

20. Kotlyar O. The study of surface-activ agents impact on the strength of interfacial adsorption layers / O. Kotlyar, A. Goralchuk, O. Grinchenko // The Advanced Science Journal. – USA, 2014. – Issue 10. – Pp. 37–42. **Стаття у виданні США, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.*

21. Omelchenko S. Argumentation of emulsifier part in the recipe of foam and emulsion dairy products containing vegetable fats / S. Omelchenko, A. Goralchuk, O. Grinchenko // The Advanced Science Journal. – USA, 2014. – Issue 7. – Pp. 28–32. **Стаття у виданні США, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.*

22. Kotlyar O. Discourse of the form and concentration of surfactants to ensure the sustainability foam-emulsive products / O. Kotlyar, A. Goralchuk, O. Grinchenko // Ukrainian Food Journal. – 2014. – Vol. 3. – Pp. 353–363. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем сформульовано і розроблено методологію дослідження та наукову концепцію роботи.*

23. Котляр О. В. Обґрунтування технологічних параметрів виробництва сухого жирового напівфабрикату для піноподібної десертної продукції / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Продовольча індустрія АПК. – 2014. – № 5. – С. 22–24. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем сформульовано і розроблено методологію та наукову концепцію роботи.*

24. Омельченко С. Б. Збивні напівфабрикати на основі рослинних олій / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Продовольча індустрія АПК. – 2014. – № 6. – С. 26–30. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем розроблено методологію досліджень, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.*

25. Товма Л. Ф. Определение прочности межфазных-адсорбционных слоев с целью выбора ПАВ в технологии воздушно-орехового полуфабриката / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – 2014. – Vol. 2, No. 5/2014. – Pp. 145–147. **Стаття у виданні Словацької Республіки.** *Здобувачем здійснено експериментальні дослідження з визначення граничної напруги зсуву міжфазних адсорбційних шарів, узагальнення результатів.*

26. Омельченко С. Б. Визначення впливу харчових інгредієнтів на показники якості напівфабрикату збивного оздоблювального / С. Б. Омельченко,

А. Б. Горальчук, О. О. Гринченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 343–352. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

27. Омельченко С. Б. Визначення раціональних параметрів технологічного процесу виробництва оздоблювальних напівфабрикатів / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук, Н. В. Федак // Science Rise. – 2015. – № 2/2 (7). – С. 73–77. **Стаття у виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем здійснено літературний пошук, узагальнено результати дослідження.*

28. Goralchuk A. Developing a model of the foam emulsion system and onfirming the role of the yield stress shear of interfacial adsorption layers to provide its formation and stability/ A. Goralchuk, S. Omel'chenko, O. Grinchenko, V. Mikhaylov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3, No. 11 (81). – Pp. 11–19. **Стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз.** *Здобувачем сформульовано і розроблено методологію та наукову концепцію роботи, розроблено теоретичну модель, підготовлено матеріали до друку.*

29. Пат. на винахід 107300 Україна, МПК А 23 G 1/52, А 23 L 1/36. Спосіб одержання повітряно-горіхового напівфабрикату / Горальчук А. Б., Товма Л. Ф., Гринченко О. О., Неклеса О. П. ; заявник та патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі. – № 107300 ; заявл. 16.12.2013 ; опубл. 10.12.14, Бюл. № 23. – 5 с. *Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на видачу патенту.*

30. Пат. на винахід 107319 UA, МПК 2006.01 A23L 1/19. Спосіб отримання сухого збивного напівфабрикату для десертної продукції / Горальчук А. Б., Котляр О. В., Гринченко О. О. ; заявник та патентовласник / Харк. держ. ун-т харч. та торг. (Україна). – № а201403914 ; заявл. 14.04.2014 ; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23 – 4 с. *Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на видачу патенту.*

31. Пат. на винахід 106859 UA, МПК 2006.01 A23G 3/52, A21D 13/08. Спосіб одержання пластичної кондитерської кремово-збивної маси / Горальчук А. Б., Омельченко С. Б., Гринченко О. О., Неклеса О. П. ; заявник та патентовласник / Харк. держ. ун-т харч. та торг. (Україна). – № а201314677 ; заявл. 16.12.2013 ; опубл. 25.07.2014, Бюл, опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19. – 4 с. *Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на видачу патенту.*

32. Патент на корисну модель 44248 Україна, МПК (2009) A23 C 23/00. Спосіб одержання молочного десерту / Сабадош Г. О., Горальчук А. Б. ; заявник та патентовласник Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі / № u200904090 ; заявл. 27.04.2009 ; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18. – 4 с. *Здобувачем проведено патентний пошук, підготовлено заявку на видачу патенту.*

33. Наборська П. О. Перспективи розробки технології емульсійних кремів на основі молочної сировини / Т. В. Трощій, А. Б. Горальчук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : всеукр. наук. конф. студентів, 15 квітня 2009 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2009. – Ч. 1. – С. 25. *Здобувачем здійснено формулювання концепції нової продукції, узагальнено результати дослідження.*

34. Сабадош А. А. Моделирование рецептурного состава молочных десертов с пенной структурой / А. А. Сабадош, А. Б. Горальчук, Т. В. Трощій, А. С. Черная // Актуальные проблемы экономики, менеджмента, маркетинга : Междунар. науч.-практ. конф., 17-19 ноября 2009 г. : материалы. – Белгород : БелГУ, 2009. – Ч. 2. – С. 303–308. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

35. Єфремова О. С. Дослідження впливу рецептурних компонентів на структуру пін рослинних вершків / О. С. Єфремова, А. Б. Горальчук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 20 квітня 2010 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2010. – Ч. 1. – С. 19. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

36. Єфремова О. С. Перспективи використання рослинних вершків / О. С. Єфремова, А. Б. Горальчук // Молодь Європи в соціально-економічних процесах ХХІ століття : міжнар. наук.-практ. конф. студентів, магістрантів, аспірантів, молодих учених, 22 квітня 2010 р. : тези. – Харків : КНТУ, ХТЕІ КНТЕУ, 2010. – Ч. 2. – С. 125. *Здобувачем здійснено формулювання концепції нової продукції.*

37. Забочай О. В. Вплив капа-карагінану на щільність піноподібних мас / О. В. Забочай, О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 25 квітня 2012 р. : тези – Харків : ХДУХТ, 2012. – Ч. 1. – С. 10. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

38. Товма Л. Ф. Аналітичне обґрунтування вдосконалення технології повітряно-горіхового напівфабрикату / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2012 р. [присвячена 45-річчю ХДУХТ] : тези у 2 ч. – Харків : ХДУХТ, 2012. – Ч. 1. – С. 94–95. *Здобувачем здійснено розробку концепції нової продукції.*

39. Омельченко С. Б., Горальчук А. Б. Перспективи використання рослинних вершків / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2012 р. [присвячена 45-річчю ХДУХТ] : тези у 2 ч. – Харків : ХДУХТ, 2012. – Ч. 2 – С. 68–69. *Здобувачем здійснено аналітичні дослідження технологій виробництва рослинних вершків.*

40. Горальчук А.Б. Аналітичне обґрунтування стабілізації гетерогенних систем шляхом регулювання МАШ / А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2012 р. [присвячена 45-річчю ХДУХТ] : тези у 2 ч. – Харків : ХДУХТ, 2012. – Ч. 2. – С. 30-31.

41. Омельченко С. Б. Вплив технологічних чинників на технологічні властивості рослинних вершків [Електронний ресурс] / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-16 листопада 2012 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2012. – С. 27–28. Режим доступу: <http://www.hduht.edu.ua/News/zb12.11.2014.pdf>. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

42. Товма Л. Ф. Обґрунтування вмісту яєчного білка в технології повітряно-горіхового напівфабрикату [Електронний ресурс] / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-16 листопада 2012 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2012. – С. 29–30. Режим доступу: <http://www.hduht.edu.ua/News/zb12.11.2014.pdf>. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

43. Омельченко С. Б., Горальчук А. Б. Обоснование рецептурного состава молочных пеноэмульсионных продуктов с использованием растительных жиров» / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов : материалы междунар. научн.-практ. конф. – 17 березня Саратов, 2013 г. тезисы – Саратов : СГАУ им. Вавилова, 2013. – С.141–147. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

44. Миронов О. Ю. Обґрунтування використання поверхнево-активних речовин в технології піноподібної продукції на основі яєчного білка / О. Ю. Миронов, А. Б. Горальчук, Л. Ф. Товма // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 25 квітня 2013 р. : тези у 2-х ч. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Ч. 1. – С. 35. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

45. Омельченко С. Б. Обґрунтування вмісту емульгаторів у складі піноемульсійних продуктів / С. Б. Омельченко, І. М. Шаня, А. Б. Горальчук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 25 квітня 2013 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Ч. 1. – С. 53. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, аналітичні дослідження з визначення переліку емульгаторів щодо використання у складі піноемульсійних продуктів.*

46. Котляр О. В. Аналітичне обґрунтування молочної сировини для одержання сухих жирових напівфабрикатів для страв із пінною структурою / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 25 квітня 2013 р. : тези у 2-х ч. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Ч. 1. – С. 26. *Здобувачем здійснено розробку концепції нової продукції, проведено аналітичні дослідження технологій сухих напівфабрикатів.*

47. Котляр О. В. Визначення впливу ПАР на піноутворюючу здатність сухої суміші для збивання / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 75-річчю від дня народження ректора університету (1988–1991 рр.), д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ – М. І. Беляєва, 19 листопада 2013 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2013. – С. 77–78. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

48. Товма Л. Ф. Визначення впливу ПАР на піноутворюючу здатність яєчного білка / Л. Ф. Товма, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного, готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., 19 листопада 2013 р. : [присвячена 75-річчю з дня народження ректора університету (1988-1991 рр.) доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича] : тези у 2 ч. – Харків : ХДУХТ, 2013. – Ч. 1. – С. 113-114. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

49. Омельченко С. Б. Вплив температури на міцність міжфазних адсорбційних шарів / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 75-річчю від дня народження ректора університету (1988–1991 рр.), д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ – М. І. Беляєва, 19 листопада 2013 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2012. – С. 93–94. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, розроблено експериментальну установку для визначення ГНЗ МАШ, узагальнено результати дослідження.*

50. Горіченко Н. В. Роль ПАР у процесах формування міжфазних адсорбційних шарів піноемульсійних продуктів / Н. В. Горіченко, А. Б. Горальчук, С. Б. Омельченко // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 26 березня 2014 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 5. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

51. Омельченко С. Б. Обґрунтування рецептурного складу оздоблюючих напівфабрикатів з емульсійною та пінною структурою / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф. , 22 травня 2014 р. : тези у 2-х ч. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 53–54. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження, проведено технологічні відпрацювання оздоблювальних напівфабрикатів.*

52. Котляр О. В. Аналітичне обґрунтування технології виробництва сухого збивного напівфабрикату для десертної продукції / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : проблеми, перспективи, ефективність: Міжнар. наук.-практ. конф. , 22 травня 2014 р. : тези у 2-х ч. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 37–38.

53. Котляр О. В. Визначення впливу стабілізатора на механічну міцність піноемульсійних систем [Електронний ресурс] / О. В. Котляр, А. Б. Горальчук // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 12–14 листопада 2014 р. : тези. – Харків: ХДУХТ, 2014. – С. 41–42. Режим доступу: <http://www.hduht.edu.ua/News/zb12.11.2014.pdf>. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

54. Трубіцин Д. О. Удосконалення технології молочних коктейлів шляхом використання поверхнево-активних речовин / Д. О. Трубіцин, Котляр О. В., А. Б. Горальчук // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 2 квітня 2015 р. : тези. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Ч. 1. – С. 53. *Здобувачем здійснено розробку концепції нової продукції, керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

55. Омельченко С. Б. Визначення впливу цукру на піноутворюючу здатність і стійкість піни напівфабрикату збивного оздоблювального / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Харчові технології, хлібопродукти і комбікорми : міжнар. наук.-практ. конф. 16 вересня 2015 р. : тези – Одеса : ОНАХТ, 2015. – С. 67–69. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

56. Омельченко С. Б. Визначення ролі поверхнево-активних речовин у формуванні міжфазних адсорбційних шарів / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : міжнар. наук.-практ. конф. : 8 вересня 2015 р. : тези – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 291–292. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнено результати дослідження.*

57. Омельченко С.Б., Горальчук А.Б. Вивчення впливу сиру кисломолочного знежиреного на піноутворюючу здатність і стійкість піни збивного напівфабрикату / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі:



проблеми, перспективи, ефективність : міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р. : тези у 2-х ч. – Харків : ХДУХТ, 2016. – Ч. 1. – С. 67–69. *Здобувачем здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, проведено технологічні відпрацювання одержання кремів.*

58. Горальчук А. Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко та ін. – Харків : ХДУХТ, 2006. – 63 с.

59. Пивоваров П. П. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посібник / П. П. Пивоваров, А.Б. Горальчук, Є.П. Пивоваров та ін. – Харків : ХДУХТ, 2013. – 363 с.

60. Черевко А. И. Энциклопедия питания: в 10 т. Т. 4. Пищевые добавки / А. И. Черевко, В. М. Михайлов, В. А. Большакова, Б. Б. Ботштейн, Т. Н. Головкин, А. Б. Горальчук и др. – Харьков : Мир Книг, 2016. – 645 с.

## АНОТАЦІЯ

Горальчук А.Б. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів збивних для кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2016.

В дисертаційній роботі викладено теоретичне та експериментальне обґрунтування принципів забезпечення технологічної стійкості кулінарної та кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою шляхом створення науково обґрунтованих технологій напівфабрикатів збивних, використання яких дозволяє скоротити технологічний процес виробництва продукції на їх основі та зменшити енергозатрати, за одночасного виробництва продукції з високими показниками якості та безпечності.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано та доведено наукову концепцію, яка полягає у реалізації в харчових технологіях керованих процесів забезпечення мінімального росту вільної енергії шляхом створення потенційного бар'єру протидії коалесценції дисперсних частинок, що дозволяє одержати за фізичним станом, структурою, харчовою цінністю широкий асортимент напівфабрикатів для виробництва технологічно стійкої кулінарної і кондитерської продукції з поліфазною дисперсною структурою, розширити її асортимент, сформувати нові споживні властивості. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технології п'яти напівфабрикатів збивних та широкий асортимент кулінарної й кондитерської продукції на їх основі.

*Ключові слова:* поліфазна дисперсна структура, напівфабрикати збивні, міжфазні адсорбційні шари, Пікерінг стабілізація, стерична стабілізація, кулінарна та кондитерська продукція.

## АННОТАЦИЯ

Горальчук А.Б. Научное обоснование технологий полуфабрикатов сбивных для кулинарной и кондитерской продукции с полифазной дисперсной структурой. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.16 – технология пищевой продукции. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2016.

В диссертационной работе изложено теоретическое и экспериментальное обоснование принципов обеспечения технологической устойчивости кулинарной и кондитерской продукции с полифазной дисперсной структурой путем создания научно обоснованных технологии полуфабрикатов сбивных, использование которых позволяет сократить технологический процесс производства продукции на их основе и уменьшить энергозатраты, при одновременном производстве продукции с высокими показателями качества и безопасности.

На основании теоретических и экспериментальных исследований сформулирована и доказана научная концепция, которая заключается в реализации в пищевых технологиях управляемых процессов обеспечения минимального роста свободной энергии путем создания потенциального барьера противодействия коалесценции дисперсных частиц, что позволяет получать по физическому состоянию, структуре, пищевой ценности широкий ассортимент полуфабрикатов для производства технологически устойчивой кулинарной и кондитерской продукции с полифазной дисперсной структурой, расширить ее ассортимент, сформировать новые потребительские свойства. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны технологии пяти полуфабрикатов сбивных и широкий ассортимент кулинарной, кондитерской продукции на их основе.

*Ключевые слова:* полифазная дисперсная структура, полуфабрикаты сбивные, межфазные адсорбционные слои, Пикеринг стабилизация, стерическая стабилизация, кулинарная и кондитерская продукция.

## ANNOTATION

Goralchuk A.B. Scientific foundation of whipped semi-finished products technologies for culinary and confectionery products with polyphase dispersed structure. – Manuscript.

Dissertation for the Doctor's degree of technical science by speciality 05.18.16 – Technology of Food production. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

It is theoretically and experimentally confirmed that the development of scientific and practical direction for the production of culinary and confectionery products with polyphase dispersed structure based on the creation of whipped semi-finished products through the implementation of technological principles that provide the control of development processes of the interface phases to form specified verified and validated

food with developed interphase. This is subject to minimum free energy growth, which requires the introduction of organizational and technological measures to create special enterprises (sections), involvement in the technological cycle of production resources, methods and equipment with target characteristics.

Based on theoretical and experimental researches the scientific concept has been formulated and proved. The concept base is ensuring of minimal growth of free energy during controlled processes within the food technology implementation through creation of potential barrier of resistance to coalescence of dispersed particles. This process is giving the wide range of semi-finished products by physical condition, structure and nutritional value for production of technologically sustainable culinary and confectionery products with polyphase dispersed structure, expand its product range and form new nutritional properties.

It is theoretically shown that the dispersion of individual phases in the system of polyphase dispersed structure depends on the interfacial tension of the water-air and water-oil, which are different in size. It is also proved the sequential necessity for dispersion of individual phases (air, fat, solid particles).

Under these conditions the provision of technological stability of systems with polyphase disperse structure is realized by reducing the interfacial tension of water-air and water-oil through the usage of reasonable kinds and amount of surfactant, reducing the area of the interface phases due to agglomeration of solid fat particles and their adhesion to air bubbles, creation of interfacial adsorption layers of high strength.

For the first time it is theoretically predicted and experimentally determined the rational parameters of functioning of theoretical models of getting of technologically stable systems with polyphase disperse structure – Pickering stabilization (whipped semi-finished product using cocoa butter), Pickering-steric stabilization (dry whipped fat-containing semi-finished product), steric stabilization (whipped semi-finished product using a mixture of sunflower and palm kernel oil, dry whipped nutty semi-finished product) by ensuring conditions for minimal growth of free energy in the system through creation of potential barrier of resistance to coalescence of dispersed particles, the implementation of which allows to obtain products with different textural properties.

It is theoretically and experimentally proved that Pickering stabilization of systems with polyphase dispersed structure is provided with destabilization, agglomeration, flotation and adhesion of solid fat particles in the air bubbles to form protective fat liquid barrier by capillary forces between the fat particles.

The mechanisms to ensure Pickering stabilization in the technological process are realized through formation of direct oil-based emulsion with low-liquid triglycerides, renewed skim milk and E472e. Destabilization of fat particles in the foaming process is granted by homogenization of emulsion to the size of the fat particles of  $(0,2\pm 0,01)\times 10^{-6}$  m using E322. Flotation is provided with NaCMC and agglomeration – by using E472b during the process. Adhesion of fat particles in air bubbles is provided under low value conditions of limit tension of shear of interfacial adsorption layers.

The model of steric stabilization of systems with polyphase dispersed structure involves the formation of interfacial adsorption layers with a high limit tension of shear

in fat particles and air bubbles by using milk proteins and iota-carrageenan which create complexes due to ions of calcium interaction. This approach is implemented in technology of whipped semi-finished product using the mixture of sunflower and palm kernel oil.

The model of steric stabilization in dry whipped nutty semi-finished product technology is implemented through the formation of interfacial adsorption layers in fat particles during grinding process of nuts in contact with white sugar, mixing with dry egg protein and interacting with E471 in case of its full melting during renewal and whipping of semi-finished product. This process ensures close and high values of limit tension of shear of interfacial adsorption layers at the interface of water-air and water-oil phases.

The technological stability of food with polyphase dispersed structure through Pickering steric stabilization is implemented by creation of potential barrier of resistance to coalescence of air bubbles based on destabilization, agglomeration, flotation and adhesion of fat particles on the air bubbles in case of incomplete coverage subsequently providing of high limit tension of shear of interfacial adsorption layers. This model is implemented in technology of dry whipped fat-containing semi-finished product achieved through the formation of interfacial adsorption layers on fat particles and their crystallization during dispersion of sunflower oil in the dry mix by introducing E471 and E322 providing the contact of oil with hydrophilic condensed surface (sugar white).

The recommendations on use of whipped semi-finished product in culinary and confectionery producing technology for restaurant industry establishments were devised.

It was implemented the package of introduction of new technologies both in restaurant industry establishments of Spain and Ukraine and educational process. The estimated total economic benefit of whipped semi-finished product producing is about 0,5...4,0 thousand UAH per 1 ton of product.

It is defined that for the project implementation 11...12 million of UAH investment is needed. In this case the payback period is 1,8...1,9 years, which proves the feasibility of the project and its attractiveness to investors.

*Keywords:* polyphase disperse structure, whipped semi-finished product, interfacial adsorption layers, Pickering stabilization, steric stabilization, culinary and confectionery products.

Автор висловлює подяку д.т.н., проф. П.П. Пивоварову та д.т.н., проф. М.І. Погожих за наукові консультації, які надано під час виконання дисертаційної роботи.

Підписано до друку 10.11.2016 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.  
Умов. друк. арк. 2,8. Тираж 130 прим. Заовл. №

---

Надруковано у копі-центрі «МОДЕЛІСТ», ФО-П Миронов М.В.,  
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ВО 4 № 022953