МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський державний університет харчування та торгівлі

ТЕХНОЛОГІЯ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ САЛАТІВ

Монографія

Харків
ХДУХТ
2015

УДК 665.347.8:641.83
ББК 35,78
Т 38

Автори:
Є. О. Коротаєва, О. П. Неклеса, О. Ю. Нагорний, Н. Г. Гринченко

Рецензенти:
д-р техн. наук, проф. М. Ф. Кравченко,
д-р техн. наук, проф. В. М. Ковбаса

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі (протокол № 2 від 24 вересня 2015 р.)

Т 38 **Технологія олії соняшникової капсульованої та її використання у складі салатів**: монографія / Є. О. Коротаєва, О. П. Неклеса, О. Ю. Нагорний, Н. Г. Гринченко. – Х. : ХДУХТ, 2015. – 164 с.

ISBN 978-966-405-403-1

У монографії запропоновано сучасний напрям переробки олієжирової сировини − технологію олії соняшникової капсульованої, наукові принципи одержання капсул гідрофобних форм із використанням іонотропного гелеутворення способом вертикальної співвісної екструзії системи «олія соняшникова – розчин AlgNa» для застосування її у складі салатів, зокрема із листяних овочів.

Монографія призначена для науковців, практичних фахівців галузі, аспірантів, магістрів, студентів, що навчаються за спеціальністю «Харчові технології та інженерія».

УДК 665.347.8:641.83

ББК 35,78

© Коротаєва Є. О., Неклеса О. П.,
Нагорний О. Ю., Гринченко Н. Г., 2015
© Харківський державний університет
харчування та торгівлі, 2015

ISBN 978-966-405-403-1

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ……. 5
ВСТУП…….. 6
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЙ, ЖИРІВ ТА ЇХ СУМІШЕЙ КАПСУЛЬОВАНИХ……... 8
1.1. Характеристика фізіологічних та функціонально-технологічних властивостей олій рослинних як сировини для виробництва кулінарної продукції…….……... 8
1.2. Сучасні тенденції у виробництві та споживанні олій, жирів та їх сумішей у ЗРГ різних типів організації виробництва та обслуговування споживачів…… 23
1.3. Сучасні тенденції у виробництві нових харчових форм оліжирової сировини. Перспективи їх використання у складі салатів із листяних овочів…… 31
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ…..... 42
2.1. Інноваційний задум розробки ОСК..…… 42
2.2. Теоретичне обґрунтування моделі технологічного процесу одержання ОСК.……..……..…… 46
2.3. Обґрунтування моделі та розробка технології двошарового прийомного середовища.……..…..… 58
2.3.1. Обґрунтування складу водно-спиртової фази двошарового прийомного середовища.…….……..……....… 58
2.3.2. Визначення закономірностей формування міжфазового натягу……. 64
2.4. Обґрунтування складу оболонок капсул.……..…… 77
2.5. Дослідження впливу цукру білого в складі оболонок капсули на їх фізико-хімічні та структурно-механічні властивості.……..… 82
2.6. Формування структурно-механічних властивостей оболонок капсул під впливом фаз двошарового прийомного середовища……... 85
2.7. Аналітичне дослідження адгезійних властивостей гелів системи

«AlgNa – Ca^{2+} – вода»…..…….……...…… 89
2.8. Розробка моделі пристрою для одержання ОСК.……..…… 94
2.9. Визначення закономірностей динаміки сухих речовин у прийомному середовищі в технології одержання ОСК.……. 97
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ, ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ……...…….. 103
3.1. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва ОСК……...……..……...……...…...… 103
3.2. Обґрунтування умов та термінів зберігання ОСК……... 107
3.3. Розробка рекомендацій із використання ОСК у технологіях кулінарної продукції……...……..…….…… 114
3.4. Розробка рекомендацій із використання ОСК у ЗРГ та ПХП……..… 122
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ У СКЛАДІ САЛАТІВ……..……...……... 124
4.1. Визначення критичних зовнішніх впливів салатів із листяних овочів на властивості ОСК…….....……..……...……... 124
4.2. Розробка та обґрунтування технології салатів із листяних овочів із використанням ОСК…….....……..…...……...……..… 127
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ……..…….....…….....……..…. 134
5.1. Визначення економічної ефективності та соціального ефекту від упровадження нової технології……..…….....…….....……..… 134
5.2. Упровадження результатів дослідження у виробництво та навчальний процес……..……..……...…….. 139
ВИСНОВОК…….……. 144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….…… 149

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГП – готовий продукт

ЗВ – зусилля відриву

ЗЖК – замінні жирні кислоти

ЗР – зусилля руйнування

ЗРГ – заклади ресторанного господарства

МБВ – медико-біологічні вимоги

НЖК – незамінні жирні кислоти

ОСК – олія соняшникова капсульована

ПАР – поверхнево-активна речовина

ПНЖК – поліненасичені жирні кислоти

ПХП – підприємства харчової промисловості

СН – санітарні норми

ТІ – технологічна інструкція

ТП – технологічний процес

ТУ – технічні умови

ЦП – цільовий продукт

Alg_2Ca – альгінат кальцію

AlgNa – альгінат натрію

Ca^{2+} – іони кальцію

$CaCl_2$ – хлорид кальцію

Е432 − поліоксиетиленсорбітанмонолаурат

Е322 – лецитин

Е471 − моно- і дигліцериди вищих карбонових кислот

ВСТУП

Головним концептуальним завданням державної політики в галузі забезпечення населення України харчовими продуктами є покращення харчового статусу населення. Це пов’язано як зі зростанням обсягів виробництва й ефективністю використання харчових продуктів, так і з упровадженням сучасних технологічних процесів, які суттєво впливають на стан і розвиток харчових технологій.

Удосконалення технологій виробництва та реалізації салатів, особливо для сегмента кейтерингу, роздрібної торгівлі, магазинів кулінарії, пов’язано з можливістю забезпечення інтактності салатних заправок із листяними овочами, що забезпечує збереження їх високих органолептичних показників у технологічному потоці та подовжує терміни реалізації. Одним із таких технологічних рішень є капсулювання олієжирової сировини та готових салатних заправок у їстівні оболонки. Це дозволить розвинути та реалізувати промислову технологію салатів у бізнес-процесах закладів ресторанного господарства (ЗРГ), які будуть спиратися на науково обґрунтовані принципи контрольованого стримування впливу рецептурних компонентів салатів під час їх змішування. Наслідком цього є збільшення ефективності технологічного процесу, набуття нових споживних властивостей та подовження термінів зберігання готових салатів. Водночас капсулювання олій, жирів та їх сумішей дозволить розвинути технології переробки та зберігання олієжирової сировини і виявити закономірності зміни їх властивостей за участі в технологічному потоці.

На сьогодні у світі науково-технологічні принципи капсулювання харчових і технологічних систем є недостатньо обґрунтованими. В Україні вони набули розвитку завдяки науковій школі Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом д. т. н., проф. П.П. Пивоварова, завдяки роботі д. т. н., проф. О.О. Гринченко, д. т. н., проф. Є.П. Пивоварова, технологічній діяльності ТОВ «Капсулар» (Україна) та виробничих фірм Європи −

«ACER CAMPESTERS, S.L.», «CAVIAROLI S.A.» (Іспанія).

У науково-технічній літературі є обмеженою інформація про капсулювання ліпідів у термостабільні оболонки на основі іонотропних полісахаридів та повністю відсутня інформація про використання олій, жирів та їх сумішей капсульованих, зокрема олії соняшникової рафінованої дезодорованої (олія соняшникова), у технологіях кулінарної продукції.

На наш погляд, це є стримуючим фактором розвитку сучасної технології харчової продукції, а визначення основних закономірностей одержання олії соняшникової капсульованої (ОСК) та її використання у складі салатів дозволить створити принципово новий технологічний напрям виробництва салатів із новими споживними та технологічними властивостями.

За цих передумов розробка технології ОСК та її використання у складі салатів є актуальним науково-практичним завданням, що дозволить розробити нові технологічні принципи виготовлення кулінарної продукції, розширити її асортимент, а в разі їх упровадження у виробничу діяльність ЗРГ – задовольнити потреби споживачів України.

РОЗДІЛ 1

НАУКОВІ ТА ПРАКТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЙ, ЖИРІВ ТА ЇХ СУМІШЕЙ КАПСУЛЬОВАНИХ

У даному розділі наведено аналітичний огляд літератури з питань одержання та переробки олієжирової сировини, розглянуто склад, структуру та її фізіологічні, функціонально-технологічні властивості у харчуванні людини; сучасне уявлення про тенденції виробництва олієжирової продукції для ЗРГ, проведено аналіз технологій переробки олій рослинних у нові форми для кулінарної продукції.

1.1. Характеристика фізіологічних та функціонально-технологічних властивостей олій рослинних як сировини для виробництва кулінарної продукції

Харчування є одним з основних факторів зовнішнього середовища, які визначають здоров'я людини, нормальний зріст і розвиток, фізичну та розумову працездатність, тривалість життя, опірність організму до інфекцій і шкідливих факторів навколишнього середовища. В умовах ринкових відносин багато в чому змінилася структура та характер харчування населення України, що пов'язано з дефіцитом різних макро і мікронутрієнтів у харчуванні [1–5].

Вченими зроблено значний внесок у розвиток харчової, зокрема олієжирової промисловості. Конкурентоспрожні підприємства ЗРГ на ринку змушені розробляти нові продукти, спрямовані на покращення харчування, зокрема, функціональні. Функціональне харчування – найбільш динамічно розвинена галузь харчової індустрії. За прогнозами у період до 2020 року функціональне харчування складатиме до 60,0% від загального обсягу світового індустріального виробництва продовольства [6; 7].

Сьогодення характеризується зміцненням у суспільній свідомості ідеї здорового способу життя, у тому числі принципів збалансованого повноцінного

харчування [7]. Пріоритетні напрями міжнародної політики в області харчування орієнтовані не тільки на задоволення потреб населення в окремих харчових продуктах, але й на забезпечення їх збалансованості за основними нутрієнтами. Методичні можливості та сучасні системи інтерпретації досліджень дозволили змінити підхід до використання традиційних продуктів харчування рослинного та тваринного походження шляхом збагачення їх основними нутрієнтами.

У даний час населення проявляє підвищений інтерес до хімічного складу, харчової цінності та наявності функціональних інгредієнтів у продуктах харчування і все частіше стикається з проблемою незбалансованого харчування за рахунок споживання очищених, рафінованих продуктів. Для здорового харчування людині необхідні харчові волокна, вітаміни, мікроелементи, мінеральні речовини, ненасичені жирні кислоти тощо [8].

Ліпіди відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, вони є основними структурними компонентами клітинних мембран, служать головним джерелом енергії та утворюють резерв енергетичного матеріалу (рис. 1.1). Жирова тканина оточує життєво важливі органи, оберігаючи їх від зсувів і травм; підшкірний жир створює термоізоляційний покрив тіла, жири є поганими провідниками тепла і оберігають внутрішні органи від переохолодження. Крім цього, жирова тканина є своєрідною формою запасу води, жири є органічними сполуками, найбільш багатими воднем; під час окислення 100 г жиру утворюється близько 150 мл води. На поверхні шкіри ліпіди утворюють захисну водовідштовхувальну плівку, яка захищає тканини як від втрати вологи, так і від перезволоження, має протимікробну дію. Жирова тканина є місцем утворення гормону лептину, який регулює енергетичний обмін, збуджує апетит, відповідає за функції репродуктивної, серцево-судинної та імунної систем [9].

Жири є джерелом насичених й ненасичених жирних кислот. Тому варто звертати увагу не тільки на кількість жирів у раціоні харчування, але й на співвідношення та якість жирних кислот.

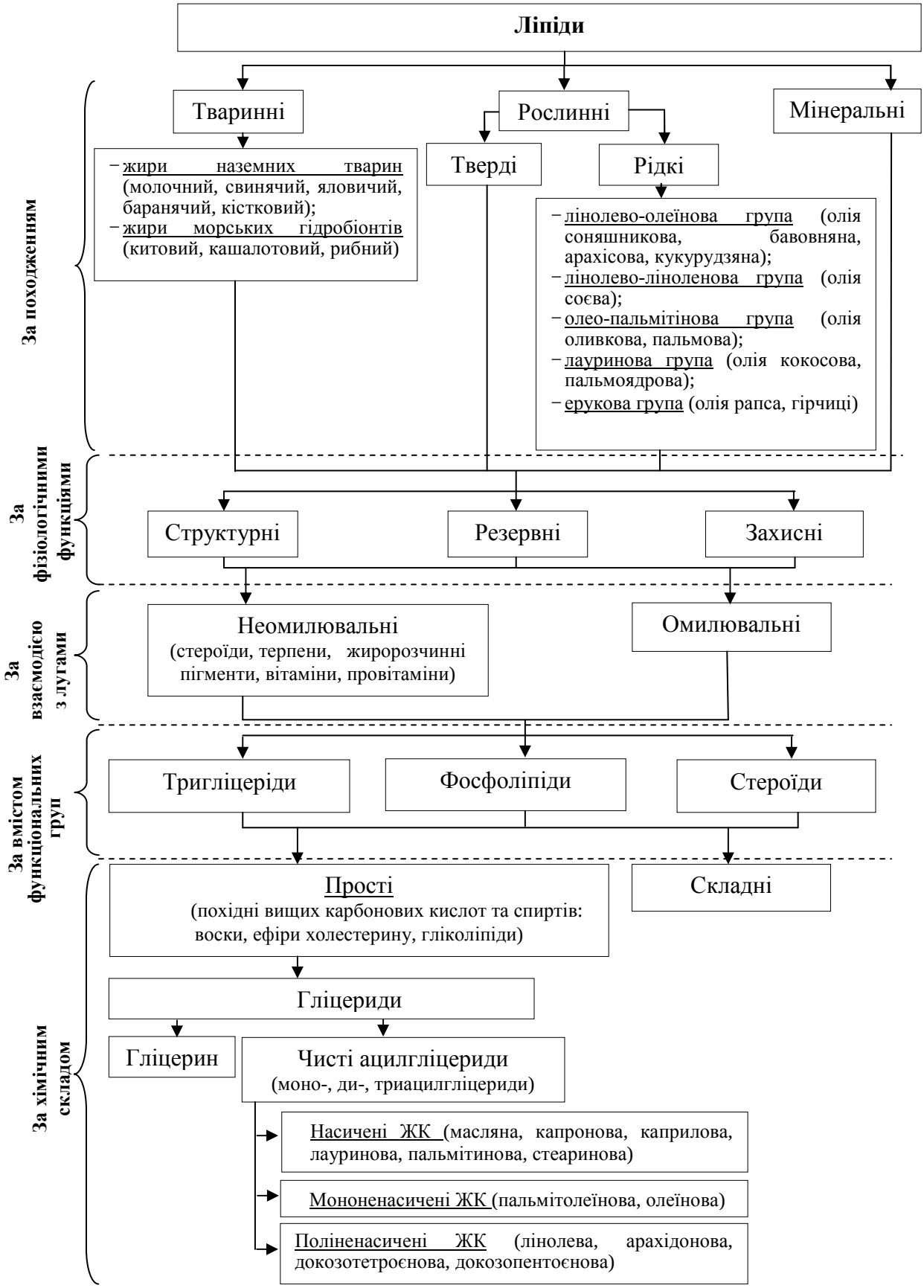


Рис. 1.1. Класифікація ліпідів за сукупними ознаками [14]

Чим більша кількість насичених кислот, тим твердіший жир, тим вища температура його плавлення, тим гірше він засвоюються організмом. Насичені жирні кислоти знаходяться в жирах тваринного походження. Вони володіють невисокою біологічною активністю та можуть негативно впливати на жировий та холестериновий обмін [10].

Жири є джерелом насичених й ненасичених жирних кислот. Тому варто звертати увагу не тільки на кількість жирів у раціоні харчування, але й на співвідношення та якість жирних кислот. Чим більша кількість насичених кислот, тим твердіший жир, тим вища температура його плавлення, тим гірше він засвоюються організмом. Насичені жирні кислоти знаходяться в жирах тваринного походження. Вони володіють невисокою біологічною активністю та можуть негативно впливати на жировий та холестериновий обмін [10].

Кількісну перевагу насичених жирних кислот у складі продукту легко розпізнати. Насичені жири – це жири, що залишаються твердими за кімнатної температури (вершкове масло, тверді сири, жирні м'ясні продукти, свиняче топлене сало та ін.). Насичені жирні кислоти не мають складати більш ніж 1/4 усіх жирних кислот, вживаних з їжею. Однак в Україні традиційно їх споживається значно більше. На основі вивчення літературних даних [11; 12] встановлено, що надмірне вживання насичених жирів часто призводить до порушення обміну речовин та підвищення рівня холестерину в крові.

Олії – це джерело енергетичного та пластичного матеріалу, що має здатність надавати при їх систематичному споживанні сприятливий ефект на фізіологічні функції і обмін речовин в організмі людини. Властивість олії рослинної зберігати енергетичний резерв в організмі проявляється завдяки високій енергоємності та калорійності, що дає можливість переносити несприятливі умови, такі як холод та різні захворювання. Але, окрім своїх енергетичних характеристик, олії рослинні мають ряд цілющих і профілактичних властивостей залежно від виду [13].

Ліпідні продукти є необхідною складовою раціону людини, які надходять

в організм при вживанні олій, вершкового масла, маргарину, кулінарних жирів – так звані «видимі» жири, а також з рибою, м'ясом, молоком, яйцями сільськогосподарської птиці тощо – «сховані» жири. Статистичні дані показують, що доросла людина повинна споживати у середньому близько 32 кг жиру за рік, половина з якого припадає на «видимі» жирові продукти.

Олієжирова сировина порівняно з іншими продуктами має найвищу калорійність і є, перш за все, основним джерелом енергії. Енергетичні витрати людини забезпечуються за рахунок ліпідів приблизно на 33,0%, які в організмі людини виконують багато функціонально-фізіологічних функцій: беруть участь у пластичних, енергетичних, транспортних, структурних, синтезувальних, захисних, терморегулювальних процесах, захищають його від впливу зовнішніх факторів. Разом з цим олієжирова сировина – «ліпіди» є цінними продуктами харчування, яка має ряд функціонально-технологічних властивостей під час виробництва кулінарної продукції, а саме: нерозчинність ліпідів у воді, відносно низька температура топлення, пластичність за нормальної температури, здатність застигати під час охолодження, виконувати роль екстрагувальної речовини та ізолювального зв’язувального матеріалу, впливати на текстуру виробів, виконувати роль розпушувача [14].

Ліпіди – це джерело біологічно активних речовин: біологічно цінних незамінних (лінолевої) і умовно незамінних поліненасичених жирних кислот (ліноленової, арахідонової), ретинолу (різні форми вітаміну А), кальциферолів (різні форми вітаміну D), токоферолу (ізомери вітаміну Е), β-каротину (провітамін А), фосфоліпідів, стеринів. Кожна з цих речовин виконує специфічну функцію в обміні речовин організму [14].

У літературних джерелах [15–18] вченими доказується, що надлишкова кількість ліпідів у харчуванні призводить до ожиріння, атеросклерозу, жовчнокам'яної хвороби та інших захворювань, підвищує небезпечність появи раку молочних, статевих залоз, прямої кишки тощо. Авторами [19] розроблено науково обґрунтовані та перевірені медичною практикою норми споживання

жиру, в г на добу для окремих груп населення, з урахуванням характеру праці, статі, віку тощо. Деякі види ліпідів необхідно споживати відповідно до теорії збалансованого та раціонального харчування, тому що у процесі біологічних перетворень в організмі їх співвідношення впливає на оптимальність дії і засвоюваність.

В умовах ринкових відносин попит населення на олієжирові продукти є вирішальним у формуванні товарних ресурсів торгівлі. Разом з тим, під час формування асортиментної лінії такої продукції необхідно враховувати норми раціонального та збалансованого харчування, що розроблені вітчизняними та зарубіжними вченими [20–24].

Враховуючи той факт, що частка ліпідів у раціоні харчування становить 30,0…35,0% від загальної калорійності, продукти олієжирової промисловості займають одне з провідних місць на ринку харчових продуктів та частка їх у загальному обсязі становить 10,0…13,0%. У зв'язку з цим розширення спектру використання жирових продуктів в якості функціональних, є одним з перспективних напрямів харчової промисловості. Це вимагає розробки інноваційних рішень для створення нових продуктів функціонального призначення. Фізіологічна функціональність жирів і олій обумовлена, у першу чергу, їх хімічним складом. Велику цінність для організму людини представляють поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), що містяться в оліях рослинних. Вимогами науки про харчування (ДУ НДІ харчування РАМН) сформульовані певні вимоги до складу жирних кислот і співвідношення ПНЖК сімейства ω-6/ω-3 для здорового та лікувально-профілактичного харчування. За даними дієтологів, рекомендоване співвідношення у раціоні жирних кислот сімейства ω-6 (лінолева, γ-ліноленова та арахідонова кислоти) і жирних кислот сімейства ω-3 (α-ліноленова, ейкозапентоеновая і докозогексаеновая кислоти) складає 3,0…10,0:1,0…1,2. Жодна олія рослинна в повній мірі не відповідає цим вимогам (табл. 1.1). Традиційні олії рослинні (соняшникова, кукурудзяна, соєва, оливкова), характеризуються підвищеним вмістом ω-6 жирних кислот, в

той час як багаті ω-3 жирними кислотами олії (лляна) практично виключені з раціону [25].

Таблиця 1.1

Вміст незамінних ПНЖК у оліях рослинних

Найменування рослинної олії	Вміст ПНЖК	
	ω-3 (ліноленова)	ω-6 (линолева)
Соняшникова	сліди	45,0…68,0
Соєва	5,0…14,0	40,0…57,0
Ріпакова	3,0…13,0	15,0…30,0
Оливкова	–	4,0…12,0
Бавовняна	–	40,0…48,0
Кукурудзяна	1,2…2,0	42,0…45,0
Рижикова	30,0…42,0	15,6…25,0
Лляна	35,0…65,0	8,5…30,0
Кунжутна	0,2…0,3	35,8…55,6
Гірчична	1,0…2,0	14,5…30,4

Найбільш простий і економічний у технологічному сенсі спосіб створення олієжирового продукту, відповідного наведеним вище вимогам, є купажування різних за складом олій [26–31]. Такий підхід дозволяє корегувати вміст ПНЖК наприклад, шляхом використання спеціальних речовин, які їх містять.

Арахідонова та лінолева кислоти за біологічним впливом прирівнюються до вітамінів. ПНЖК беруть участь в обміні речовин, сприяють нормалізації обміну холестерину, стимулюють його окислення та видалення з організму. Утримуючи холестерин у вигляді колоїдного розчину в крові та жовчі, ПНЖК, фосфатиди та білки попереджують відкладення холестерину у вигляді дрібних кристаликів на стінках судин та у жовчних шляхах. ПНЖК є структурними елементами клітинних мембран, які підвищують опірність до 117 інфекцій та радіації [32]. Тривала відсутність їх у їжі порушує транспорт речовин між клітинами, іонний обмін. Арахідонова кислота є попередником утворення

тканинних гормонів (простагландинів), які відіграють важливу роль в обміні холестерину, окислювально-відновних процесах, збільшують еластичність стінок кровоносних судин, підвищують опірність організму, посилюють дію такого вітаміну, як холін. Арахідонова кислота в організмі утворюється з лінолевої, яка є незамінною та не синтезується в організмі. Основним її джерелом є олії рослинні – соняшникова, кукурудзяна, горіхова, соєва тощо, а також жир морських тварин. Дефіцит лінолевої кислоти у їжі веде до зниження вмісту арахідонової кислоти у фосфоліпідах мембран, до порушення синтезу простагландинів, підвищення зсідання крові, зниження еластичності організму в арахідоновій кислоті у харчовий раціон необхідно включати достатню кількість олій рослинних, що є основними постачальниками лінолевої кислоти. Найбільше лінолевої кислоти у олії соняшниковій – 68,0%, менше у кукурудзяній – 50,0%, соєвій – 58,0%, оливковій – 14,0% [33].

Ненасичені жирні кислоти широко представлені у всій олієжировій сировині, але більше всього їх знаходиться у оліях рослинних, що обумовлює їх рідку консистенцію. Найпоширенішими ненасиченими кислотами є лінолева, ліноленова, арахідонова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова, мірістолеїнова, пальмітолеїнова, олеїнова кислоти. Незамінні (есенційні) жирні кислоти – лінолева, ліноленова та арахідонова, які не синтезуються в організмі людини та мають дуже важливе фізіологічне значення, і повинні надходити в організм разом з їжею. Олеїнова кислота, яка присутня у великих пропорціях в оливковій олії (звідси і назва кислоти), а також у соняшниковій, ріпаковій оліях та у маргаринах, не володіє фізичною активністю, але посилює активність лінолевої кислоти. У раціоні людини кількість цих кислот має становити половину всіх жирних кислот, споживаних із їжею [34].

Есенційні жирні кислоти регулюють ліпідний обмін, нормальний розвиток організму; обумовлюють стійкість і еластичність кровоносних судин; знижують чутливість до впливу ультрафіолетового та радіаційного опромінення і забезпечують низку інших функцій організму. Коли їх бракує,

порушується ліпідний обмін і, як наслідок, розвивається атеросклероз. Основним джерелом незамінних жирних кислот є олії рослинні [35].

Корисні властивості олії рослинної проявляються завдяки великій кількості біологічно активних речовин, які містяться в даному продукті, який також є гарним розчинником ряду вітамінів: A, D, E, K. Найбільш важливий елемент, який входить до складу олії, – це вітамін Е. Залежно від виду олії рослинної вміст цього вітаміну різний: від 170 мг % у олії соєвій до 20 мг % − в оливковій.

Вітамін Е є антиоксидантом, який перешкоджає розвитку атеросклерозу, служить профілактикою серцево-судинних захворювань, укріплює імунну систему та уповільнює старіння, благотворно впливає на функцію статевих залоз, поліпшує пам'ять. Але кожна олія окремо не має жирнокислотного складу, який забезпечує надходження до організму людини необхідних жирних кислот в потрібній кількості та в збалансованому співвідношенні, тому пропонується застосовувати метод купажування олій для виробництва продуктів, щоб забезпечити повноцінне харчування людини, тобто надати продуктам функціональних властивостей.

Створення нових форм олієжирової сировини є багатогранним питанням оптимізації жирнокислотного складу шляхом купажу [38]. Вченими МДУХВ розроблено концепцію купажування олій і жирів [34]. Розроблено технології приготування пшеничного хліба з використанням олії соняшникової, що з одного боку позитивним фактом, оскільки вона легко дозується, і в той же час, негативним фактом, так як у її складі мало високоплавких тригліцеридів, які є важливими учасниками формування заданої пористості хлібу пшеничного.

Виробничий асортимент олієжирової сировини ширший від торгового (рис. 1.2).

Для торговельної мережі та ЗРГ постачають олієжирову сировину рослинного (олію соняшникову, бавовняну, гарбузову, арахісову, кукурудзяну, олію виноградних кісточок, кісточок вишні, лляну, зародків пшениці, рисові висівки, розторопші, абрикосу, гірчиці, какаову, кедрову, конопляну, кунжутну,

мигдалеву, пальмову, кокосову, ріпакову, рижикову, соєву, олію жожоба, кеш'ю, фісташкову, фундуку, маку, авокадо, оливкову, обліпихову, сафлору) та тваринного походження (жир курячий, качиний, свинячий, яловичий, баранячий, борсучий, риб'ячий, кістковий, масло вершкове).

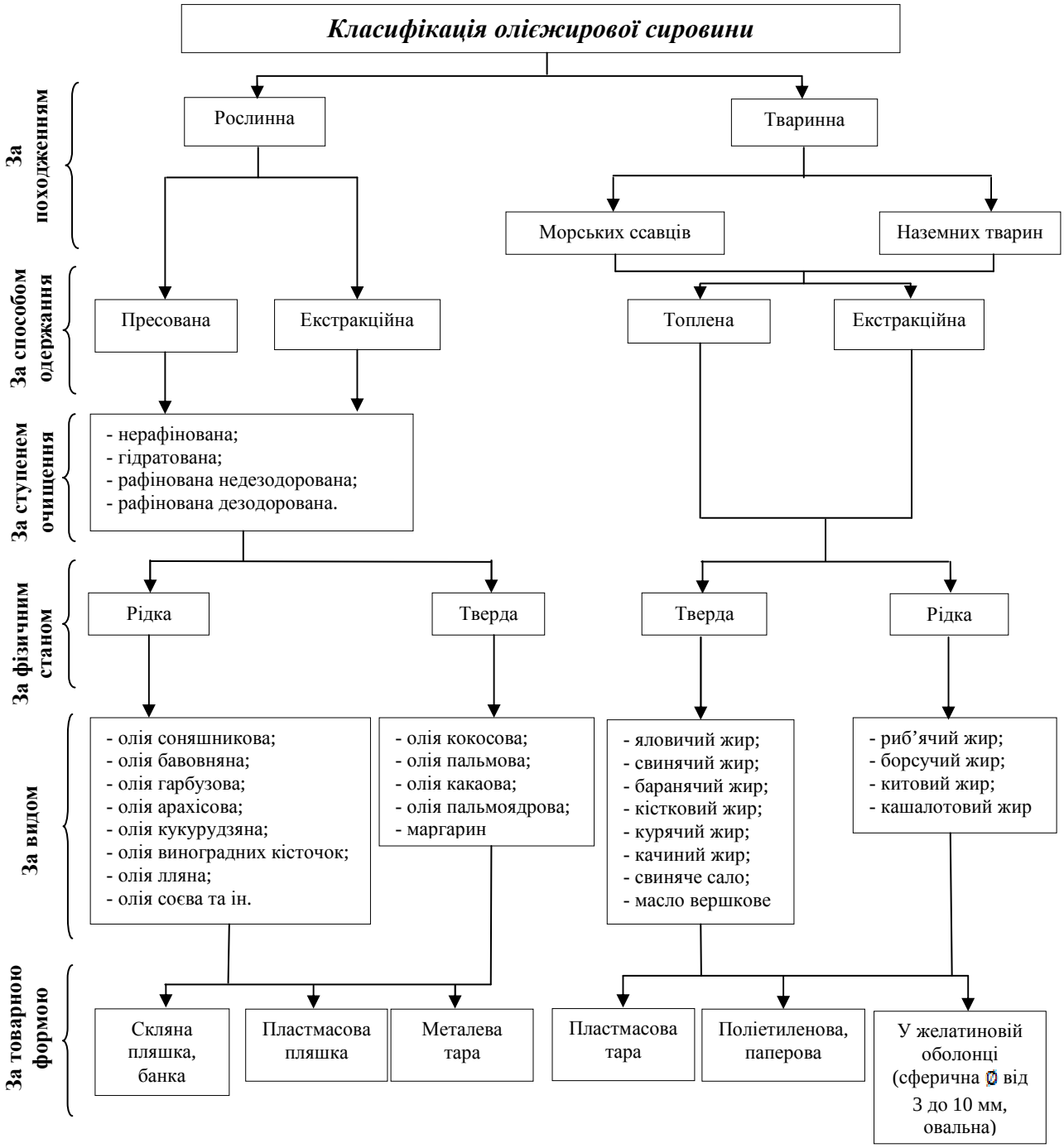


Рис. 1.2. Класифікація олієжирової сировини за сукупними ознаками асортименту на ринку

За фізичним станом жири представлені у твердому стані та рідкому. За

товарною формою олієжирова сировина реалізується у полімерній, скляній, металевій, пластмасовій, поліетиленовій, паперовій тарі, у тому числі у капсульованій формі, різній за діаметром та формою (круглі, овальні) [35–37].

Характерним для олії гірчичної є вміст глікозидів, які під час гідролізу утворюють алилову олію, яка має гіркий смак, а також великий вміст ерукової кислоти, що обмежує її використання у їжу. У лляній та конопляній оліях міститься 50,0…65,0% лінолевої і 17,0…45,0% ліноленової кислот, які здатні швидко окислюватись (висихати) та утворювати міцні еластичні захисні плівки, тому ці олії використовують для виробництва клею, фарб, пластиків, поліетиленової плівки, поліамідних смол, фармацевтичних препаратів, оліфи, лаків, лінолеуму, клейонок [39–40].

До олій рослинних твердих відносять кокосову, пальмоядрову, пальмову та какао-бобів. У них переважають насичені жирні кислоти (76,0…83,0%), тому вони мають тверду, мазку або в’язку (за температур вище точки топлення) консистенцію. Ці олії в Україні не виробляють, їх імпортують з інших країн і використовують для виробництва маргарину та кондитерських жирів. Олію какао-бобів використовують для виготовлення шоколадних виробів [41].

Олію кокосову виготовляють з м'якоті (копра) плодів кокосової пальми пресовим або екстракційним способами нерафіновану (нехарчову) та рафіновану дезодоровану (харчову). Кокосова олія містить до 71,0% низькомолекулярних летких (капронова, каприлова, капринова, лауринова) жирних кислот, має низьку температуру топлення (20,0…28,0º С), приємний смак і запах, білий колір з жовтуватим відтінком [42].

Олію пальмоядрову отримують з ядра плодів африканської і американської олійних пальм пресовим та екстракційним способами. Вона містить 56,0…68,0% низькомолекулярних жирних кислот, має температуру топлення 25,0…30,0º С [43], приємний горіховий смак, жовтий колір (нагадує топлене вершкове масло).

Олію пальмову виробляють з м'якоті плодів тих самих пальм, що і

пальмоядрову, пресовим способом. Ця олія містить до 50,0% насичених жирних кислот, з яких пальмітинова складає 80,0%, в ньому майже немає низькомолекулярних летких жирних кислот (0,2…0,4%). Тому пальмова олія має температуру топлення вищу (32,0…42,0° С), ніж кокосова і пальмоядрова олії, темно-жовтий колір, приємний солодкуватий смак [42].

Олію какао-бобів одержують із підсмажених плодів гарячим пресуванням. Жмих бобів містить 18,0…20,0% ліпідів, його використовують у кондитерській промисловості для виготовлення какао-порошку. В жирі какао-бобів відсутні низькомолекулярні леткі жирні кислоти, а стеаринова та пальмітинова складають 59,0%. Температура топлення жиру 28,0…36,0° С, він білого або жовтуватого кольору, відрізняється приємним смаком і запахом. Використовують його для виготовлення шоколадних виробів, у фармацевтичній промисловості, парфумерії, вживають у їжу. Через високі ціни на олію какао-бобів вона може фальсифікуватись пальмовою, кокосовою.

Харчову олію рафіновану, гідратовану, нерафіновану одержують методом пресування та екстрагування також із іншої сировини. Зокрема, у виноградному насінні міститься від 10,0 до 20,0% олії, в ядрах кісточок абрикосів – 51,0%, вишень – 33,0%, слив – 40,0%, черешень – 26,0%. Використання плодових кісточок і насіння для виробництва олії дає можливість збагачувати асортимент та заощаджувати значну кількість насіння соняшнику. За впровадження безвідходних і маловідходних технологій переробки фруктів на ринок може надходити олія абрикосова, сливова, виноградна, мигдальна та ін. [38].

Сучасний технологічний процес переробки олійного насіння передбачає виконання підготовчих технологічних операцій, волого-теплової обробки (підсмажування − вологе й сухе). Вилучення олій рослинних проводять методами пресування та екстрагування (екстракції) органічними жиророзчинниками.

Рафінація олії – це метод видалення (очищення) від олії супутніх речовин і домішок: фосфатидів, пігментів, вільних жирних кислот, пахучих речовин, домішок, шматків тканин олійного матеріалу [44].

Олія рослинна – складна багатокомпонентна система, в якій, крім гліцеридів, містяться механічні домішки та деякі інші речовини, тому висока її якість забезпечується її очищенням наступними методами: фізичними (відстоювання, центрифугування, фільтрація); хімічними (нейтралізація); фізико-хімічними (гідратація, дезодорація, відбілювання, виморожування восків). Умовно розрізняють очищення первинне і глибоке – рафінування.

За ступенем очищення та цільовим призначенням олія рослинна буває нерафінована (очищена від механічних домішок), гідратована (очищена від фосфатидів), рафінована (очищена від фосфатидів, вільних жирних кислот, барвників), рафіновано-дезодорована (рафінована олія, очищена від ароматичних та смакових речовин, пестицидів і канцерогенів).

Найпоширенішим способом очищення олії є фільтрація або подвійна фільтрація, яка полягає у фільтруванні крізь спеціальну тканину або тканину з фільтрувальним папером у фільтрпресах рамного чи камерного типу.

Від фосфатидів олію очищають гідратацією, яка полягає в насиченні парою або водою під час перемішування, внаслідок чого фосфатиди та білкові речовини зволожуються, набрякають, збільшуються за об’ємом, утворюючи пластівці, які з часом випадають в осад.

Одним з найпоширених способів очищення олії є обробка її слабкими розчинами лугів (NaOH). При взаємодії жирних кислот з лугами утворюються нерозчинні в олії солі – мила, які випадають в осад у вигляді пластівців. Для очищення олій від барвників застосовують адсорбційне рафінування. Суть способу полягає в обробці олії спеціальними відбілюючими порошками, дрібненькі часточки яких адсорбують на своїй поверхні барвники.

Неприємний запах і смак видаляються з олії дезодорацією. Для цього у спеціальних апаратах періодичної або безперервної дії крізь шар олії пропускають перегріту, дуже розріджену водяну пару, що в техніці називається дистиляцією.

У процесі рафінації з олій можуть видалятися речовини, які мають антиокислюючі властивості та фізіологічну цінність, наприклад вітаміни. Олії, які реалізуються у роздрібній торгівлі, доцільно піддавати глибокої рафінації для забезпечення сталих властивостей під час зберігання.

У табл. 1.2 наведено склад і фізико-хімічні показники олій рослинних [45].

Таблиця 1.2

Склад і фізико-хімічні показники олій

Найменування показника	**Найменування олії рослинної**						
	Олія лляна	**Олія соєва**	**Олія кукурудзяна**	**Олія арахісова**	**Олія гірчична**	**Олія оливкова**	**Олія соняшникова**
Вміст ненасичених жирних кислот %:							
- *пальмітинової*	–	2,5-6	8-10	6-11	до 0,2	–	3,5-6,4
- *стеаринової*	–	4,5-7,3	2,5-4,5	2-7	до 0,5	–	1,6-4,6
- *олеїнової*	13-29	23-29	30-49	50-63	22-30	64-85	24-40
- *лінолевої*	15-30	51-57	40-56	13-33	14-19	4-12	46-62
- *ліноленової*	44-61	3-6	–	–	–	–	до 1
- *арахідонової*	–	0,9-2,5	0,9-2,5	2,3-4,9	0,5	–	0,7-0,9
Показник заломлення: *t = 20°C*	1,4858 - 1,4872	1,4740 - 1,4780	1,4710 - 1,4740	1,4700 - 1,4740	1,4700 - 1,4740	1,4660 - 1,4740	1,4740 - 1,4780
Число омилення	191,0 - 196,0	189,0 - 195,0	187,0 - 190,0	185,0 - 197,0	170,0 - 184,0	185,0 - 200,0	186,0 - 194,0
Йодне число	175,0-204,0	120,0-141,0	111,0-133,0	82,0 – 92,0	92,0-107,0	72,0-89,0	119,0-136,0
Вміст неомилюючих речовин (%) *по масі:*	0,5-1,1	0,5-2,0	1,5-2,5	0,3 – 1,0	1,0-3,0	–	0,3-0,7
Густина за 15° С, кг/м^3	934,0 - 935,0	922,0 - 934,0	924,0 - 936,0	911,0 - 929,0	913,0 - 923,0	914,0 - 929,0	920,0- 927,0
Харчова цінність, ккал/ 100 г	499	700-800	850-940	911-929	750-850	899-900	899

Залежно від способу рафінування олії поділяють на види, а кожний вид – на товарні сорти. Вид і товарний сорт олії визначають за прозорістю, смаком, запахом, кольором та фізико-хімічними показниками: колірне, кислотне число, нежирові домішки, вміст фосфоровмісних речовин, вологи та летких речовин, неомилюючих речовин, проба на мило [46].

Колірне число олії визначають порівнянням проби, яку наливають у пробірку, з кольором одного з еталонів, який найбільше подібний до кольору олії. Йодне число характеризує наявність в олії ненасичених жирних кислот або кількість подвійних зв'язків у ненасичених жирних кислотах олії. Йод здатний приєднуватись за місцем подвійних зв'язків жирних ненасичених кислот [47].

Кислотне число виражається кількістю мг 0,1N розчину лугу, здатного нейтралізувати вільні жирні кислоти, що містяться в 1 г олії. Вільні жирні кислоти накопичуються в олії внаслідок гідролізу гліцеридів, кислотне число є сортовим показником олії [48].

Масова частка фосфоромістких речовин характеризує наявність в олії фосфоліпідів та виражається у відсотках. Масова частка вологи і летких речовин є видовим і сортовим показником олії.

Якісна проба на мило дає можливість визначити його залишки в олії після проведення лужної нейтралізації, сепарування і промивання жиру. Наявність мила в харчових оліях не допускається [49].

Наявність речовин, що не омилюються, характеризує наявність в олії токоферолів, стеринів, вуглеводнів (глікозиди, сквален, арахіден та ін.), каротиноїдів тощо.

Вміст пестицидів, важких металів, мікотоксинів у олії не повинен перевищувати кількостей, передбачених санітарно-гігієнічними нормами та чинними стандартами [51].

Бракується олія, що має невідповідні фізико-хімічні показники, вміст пестицидів, важких металів, мікотоксинів, вищий від допустимих кількостей [52].

Фальсифікацію, змішування різних видів і найменувань олії визначають за допомогою показника числа заломлення, йодного числа тощо.

Олії рослинні – необхідна складова частина збалансованого раціону харчування людини. На їх частку припадає значна частина енергетичної цінності їжі. Разом з ними організм отримує ряд фізіологічно важливих речовин: фосфатиди, НЖК, ПНЖК, вітаміни, стерини. Споживання олій

рослинних важливо для людського організму, тому через свої властивості вони займають певний сегмент харчування населення [53]. Найбільш розповсюдженою серед них в Україні є олія соняшникова.

Олія соняшникова володіє високими смаковими якостями та перевершує інші олії рослинні за поживними властивостями та засвоюваністю. Вона використовується в їжу безпосередньо, а також під час виготовлення овочевих, рибних консервів, маргаринів, соусів, кондитерських виробів. Засвоюваність соняшникової олії складає 95,0…98,0%. НЖК, що входять до її складу, легко засвоюються організмом і не відкладаються на стінках судин, звужуючи їх. Корисні речовини олії нормалізують холестериновий обмін. Крім того, олія соняшникова багата вітамінами, особливо Е і F. Завдяки своєму складу володіє найбільшою енергоємністю, створюючи енергетичний резерв, оскільки при згоранні 1 г жиру виділяється 9 ккал тепла (1 г білка або вуглеводів – тільки 4 ккал). Олія соняшникова – продукт, який за калорійністю не поступається жирам тваринного походження. Вона є унікальним джерелом цілого комплексу біологічно активних речовин [43]. У додатку А наведено хімічний та фракційний склад олії соняшникової.

Таким чином, доцільним було здійснити пошук та розробити технологію переробки олій рослинних, а саме олії соняшникової, у харчові (готові до вживання) олієжирові напівфабрикати, нові товарні форми із різним харчовим та біологічним вмістом.

1.2. Сучасні тенденції у виробництві та споживанні олій, жирів та їх сумішей у ЗРГ різних типів організації виробництва та обслуговування споживачів

Значний внесок вчених − Shimada, Sadi A.M., Burr M.L., Kennedy J.P., Schacky C.V. та ін. − зроблено у розвиток інноваційних технологій олієжирової сировини харчової та переробної промисловості, яка широко використовується

у харчуванні людини та має велике фізіологічне значення.

На сьогоднішній день тенденції виробництва олієжирової сировини та продукції з її високим вмістом (кондитерське виробництво, консервна, рибна, молочна, м’ясна промисловість, кулінарні страви та безпосереднє вживання в їжу) визначають інноваційну діяльність як основну розвитку харчової промисловості в цілому та сприяють реалізації інноваційних розробок, які розвиваються у двох форматах: ЗРГ, «харчова промисловість − ЗРГ».

На ринку існує широкий асортимент різноманітних олій, жирів, які мають природний жирнокислотний склад та моделюються за рекомендаціями медицини, фізіології харчування, дієтології із урахуванням попиту населення [54–56]. Промислові зразки цієї категорії представлені оліями рідкими та твердими, жирами рідкими та твердими, гідрогенізованими кулінарними та кондитерськими жирами, маргаринами тощо [54–57].

Промислова переробка олій рослинних, в основному, представлена виробництвом сумішей рослинних, збагачених вітамінами, каротином, антиоксідантами тощо, які використовуються як самостійний продукт, так і у вигляді наповнювачів харчових систем [56]. Така переробка направлена на підтримку здоров’я нації та укріплення систем організму людини, а також забезпечення та формування характерних органолептичних та структурно-мехнанічних властивостей готового продукту [58].

Суміші рослинних олій мають широкий спектр застосування − безпосереднє використання у їжу, адаптація в технологіях салатних заправок, масла оселедця, інших жирових продуктів (маргаринів, спредів, майонезів, соусів), а також створення нових олійних та олієжирових сумішей для галузі харчової промисловості, що сприятиме не лише розширенню асортименту продукції, але й виробництву нових видів виробів профілактичного та функціонального призначення, спрямованих на оздоровлення населення [54]. Але не менш важливим є фізико-хімічні властивості олієжирової сировини, які змінюються під впливом зовнішнього середовища та скорочують терміни

реалізації готової продукції. Це призводить до пошуку технічних, технологічних прийомів одержання, переробки олієжирової сировини з метою стабілізації колоїдних систем шляхом використання ПАР та стабілізаторів.

Олія рослинна є класичною сировиною у виробництві маргарину, під час виготовлення якого дотримуються заходів, що забезпечують максимальне збереження природних властивостей жирових компонентів, збалансованість їх за жирнокислотним складом, збагачення комплексом добавок в першу чергу, вітамінів А, D, Е, К, F, фосфоліпідів, каротину тощо. Разом з тим традиційний асортимент вітчизняних маргаринів не повністю відповідає вимогам щодо жирнокислотного складу, ПНЖК, споживних властивостей (консистенція, смак, запах). Цей асортимент не забезпечує потреби людей, хворих на печінку, серце, судинну систему, для яких рекомендуються жири, багаті на лінолеву кислоту, вітаміни та інші. У цьому відношенні найбільш перспективними є м’які маргарини поліпшеної якості, у тому числі дієтичні, які набувають все більшого поширення за кордоном і виробляються в Україні, але в незначних обсягах [58].

У літературних джерелах [59] вказується, що асортимент м'яких (наливних) маргаринів вітчизняного виробництва містить, на відміну від традиційних, більше лінолевої кислоти – 28,0…42,0%, бо до їх складу входить від 30,0 до 65,0% олії соняшникової та 8,0…10,0% кокосової, які поліпшують смак, запах, пластичність маргарину через низькомолекулярні леткі жирні кислоти, що містяться в цих оліях. В м'яких маргаринах більше вітамінів А, D, Е, β-каротину. Вони за властивостями наближаються до вершкового масла. На теперішній час продовжується робота з розробки технології нових м'яких маргаринів, але розширення їх асортименту стримується труднощами у забезпеченні виробництва необхідною сировиною, добавками, у тому числі імпортними, термоформувальним обладнанням для виготовлення упаковок, що буде нести економічні прирости.

З огляду на технологію виробництва маргарину [58; 59] зазначено, що технологічний процес його виробництва складається з трьох основних

процесів: емульгування, охолодження та механічна обробка емульгованого жиру з іншими компонентами. Для виробництва маргарину використовують олії: соняшникову, бавовняну, соєву, ріпакову, саломаси, переетерифіковані жири, вершкове масло, універсальні жирові суміші, кокосову, пальмоядрову, пальмову олії, пальмовий стеарин, пальмітин бавовняної олії та ін. Жири (крім вершкового масла) повинні бути рафіновані, дезодоровані. Вони забезпечують високу якість і харчову безпеку продукту.

Основною сировиною для виробництва кулінарних, кондитерських, хлібопекарських жирів служать харчові рослинні і тваринні саломаси з температурою топлення $t_т$ = 31,0…34,0º С (60,0%), рідкі олії рослинні (25,0%), тваринні топлені жири – свинячий, яловичий, баранячий (15,0…35,0%), переетерифіковані жири для поліпшення консистенції. Як добавки вводять фосфатидний концентрат, вітаміни, антиоксиданти, ароматизатори, барвники та ін. [58]. Технологічна схема одержання жирів цієї групи включає такі операції: підготовка рецептурних компонентів, їх дозування, змішування, охолодження та кристалізація, фасовка, пакування. Найбільш важлива операція – кристалізація компонентів. Вона заснована на властивості жирової суміші деякий час зберігати текучість за температури нижче температури застигання, тобто за умов переохолодження [61].

Жири кондитерські та хлібопекарські, що використовуються для промислової переробки, випускають нефасованими.

Кулінарні жири використовують, в основному, для приготування їжі в домашніх умовах і на підприємствах харчової промисловості. У рецептуру цих жирів входять саломас з температурою топлення $t_т$ = 31,0…34,0º С (35,0…75,0%) та рідка рослинна олія (10,0…35,0%) [59].

Кондитерські жири знаходять різноманітне застосування у кондитерській промисловості. Жир для шоколадних виробів і цукерок являє собою саломас з температурою топлення $t_т$ = 35,0…36,5º С. У жир для печива входять саломас з температурою топлення $t_т$ = 31,0…34,0º С (72,0…74,0%), жири топлені яловичий і

свинячий, фосфатидний харчовий концентрат (3,0%). Жир для вафельних і прохолодних начинок, крім саломасу, містить олію кокосову або пальмоядрову (20,0…40,0%). У саломас входить рідка олія рослинна (15,0…25,0%). Основу жиру для кексів складають олія кокосова або пальмоядрова (79,0…81,0%), саломас з $t_т$ = 35,0…36,5° С (18,0…20,0%), в якості добавки застосовують барвники [58].

Хлібопекарські жири використовують для виготовлення та випічки хліба і хлібобулочних виробів. Фосфатидний жир містить 17,0% фосфатидного концентрату. Рідкий жир для хлібопекарської промисловості – близько 80,0% рідкої олії рослинної і 12,0…14,0% рослинного саломасу, для стабілізації жирової емульсії застосовуються емульгатори.

На сьогоднішній день в літературних джерелах [60; 61] наведено дані щодо використання олії рослинної у виробництві рибних консервів, майонезів, кулінарної та кондитерської продукції у вигляді наповнювачів.

Споживання твердих жирів тваринних на тлі скороченого споживання або відсутності в раціоні олій та морської риби, а також повне виключення жирів з раціону призводить до хронічного дисбалансу та нестачі ПНЖК в раціоні харчування. До аліментарно-залежних захворювань, викликаних дефіцитом ПНЖК, відносяться: ожиріння, гіпертонія, аритмія, атеросклероз, тромбози, цукровий діабет, псоріаз, запальні процеси, доброякісні пухлини, рак. Поліненасичені жирні кислоти, жиророзчинні вітаміни та фосфоліпіди відносяться до такої групи біологічно активних добавок, як нутрицевтики, тобто представляють собою есенційні нутрієнти та є природними інгредієнтами їжі. Нутріцевтики сьогодні широко використовуються в практиці лікувального харчування. Експерти вважають, що приблизно 80,0% населення нашої країни споживає недостатню кількість есенційних жирних кислот. Щоденна потреба в них дорівнює 10,0…20,0% від загальної кількості калорій, що отримується. У есенційних жирних кислот в організмі безліч функцій: вони використовуються для утворення жиру, який покриває та захищає внутрішні органи; розщеплюючись, жирні кислоти виділяють енергію; вони також необхідні у

формуванні мембран клітин організму. На сьогоднішній день практично жоден з видів натуральних жирів і олій, які переробляються промисловістю, не можна вважати оптимальним за фізіологічними параметрами, в першу чергу, за жирнокислотним складом. Олії рослинні є джерелом жиророзчинних вітамінів і фосфоліпідів. Розробка жиророзчинних композицій з певним співвідношенням ПНЖК може розглядатися як актуальне і практично значимий напрям у виробництві жирових продуктів для здорового харчування.

Для використання розроблених композицій у складі сумішей жирових для профілактичного харчування, а також збереження їх біологічної цінності та стабільності жирів, зручним у технологічному відношенні способом може бути їх попереднє капсулювання. Проводиться дослідження з розробки композицій жирових сумішей на базі купажування олій рослинних, жиророзчинних вітамінів і природних антиоксидантів з вибором способу капсулювання, умов, оболонкоутворювача та ін. [35].

Переробка олій у функціональні добавки розширюється як сегмент харчової, парфумерно-косметологічної та фармацевтичної галузі [62–64].

Відома кількість технологій виробництва олій, жирів капсульованої форми, які поділяються за способом одержання, що притаманні, в основному, фармацевтичній галузі [65]. Перш за все, це збагачені олієжирові наповнювачі у желатинових капсулах [65–67]. Відомо, що желатини утворюють нетермостійкі гелі, які за температури, яка сягає вище точки плавлення, переходять у розчин ВМС, тому використання таких олієжирових капсул у складі гарячих закусок, теплих салатів та кулінарної продукції, яка піддається термічній обробці, неможливо [68].

Відомий спосіб одержання капсульованої олієжирової сировини внаслідок вертикального коаксіального екструдування. На сьогоднішній день проведення такого капсулювання обмежено внаслідок складного апаратурного оформлення та параметрів процесу [65].

Патентний пошук [66; 69; 70] свідчить, що, здебільшого, олія рослинна

може переробляться у капсульований продукт заданого діаметру з використанням гелеутворювачів. Така технологія неможлива без певного апаратурного оснащення й має ряд недоліків або ряд обмежень за призначенням і використанням даного продукту або напівфабрикату у технологіях харчової продукції. До недоліків зазначених способів відноситься використання розчину желатину в якості оболонки, гель якого не є термостабільним, у результаті чого оболонка капсули не термостабільна [66].

У зазначеному способі [69] одержання термостабільної капсули оболонка продукту є термостабільною, але до недоліків відноситься неможливість одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів, наприклад, у вигляді олій, розплавів жирів або зворотної емульсії, тому що жирова складова у цих капсулах обов'язково повинна бути у формі фази у водному дисперсійному середовищі.

Недосконалим є спосіб, який передбачає високотемпературне екструдування розплаву желатину в охолоджену олію рослинну [70]. Обов'язкове нагрівання оболонкоутворювача негативно впливає на якість оліжирового умісту, призводить до мікробіологічних загроз, суттєво ускладнює процес капсулювання.

На наш погляд, є перспективним напрям переробки оліжирової сировини у капсульовану форму з термостабільною оболонкою на основі іонотропних полісахаридів. Прогнозується, що розробка та обґрунтування технології капсулювання оліжирової сировини у термостійкі оболонки Alg_2Ca дозволить одержувати продукти з високими органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та забезпечить сталі показники олій, жирів та їх сумішей під час зберігання, які входять до складу капсули. Такий спосіб дозволить розширити асортимент оліжирової сировини, забезпечити її інтактність у технологічному процесі виробництва кулінарної продукції, розробити нову товарну форму, яка за своїми функціонально-тенхнологічними властивостями буде сприяти вирішеню чисельних технологічних завдань у галузі. Технологія ОЖСК вимагає виробництва авторського апаратурно-

технічного оснащення, що підтверджує інноваційність задуму.

Значна кількість технологічних рішень переробки олій, жирів та їх сумішей свідчить не тільки про інтерес до них як до харчової сировини, яка має комплекс технологічних функцій та властивостей. Розмаїтість технологічних рішень переробки олієжирової сировини у харчові системи та продукти різного призначення може пояснюватися відсутністю переконливих переваг одних способів над іншими, різноманітністю цілей та задач.

Тенденції щодо розробки нових технологій одержання олієжирових продуктів з рослинної сировини спрямовані у бік збереження нативних властивостей жирів. Кожна з технологій видозмінює властивості та склад жиру. Через широкий асортимент таких продуктів існує потреба у розробці способів одержання олієжирового продукту соціального значення, направленого на підвищення функціювання життєво важливих органів функцій організму та здоров’я в цілому.

Проведені аналітичні дослідження дозволяють стверджувати, що на ринку України олієжирова сировина за формою в основному представлена як продукт у самостійних пакувальних матеріалах, вироблених зі скла, полімеру тощо (рис. 1.2). Залежно від упаковки олія рослинна може бути порційною, що знайшла широке використання під час організації харчування у вигляді стіків, діпів, сашетів [71]. Пакування олій у самостійну їстівну оболонку з певним діапазоном маси є перспективним методом одержання олії рослинної, яка виступала б як самостійний продукт, так і напівфабрикат високого ступеня готовності.

Таким чином, приймаючи до уваги різноманітні функціонально-фізіологічні та функціонально-технологічні властивості олієжирової сировини, що зробили її важливими компонентами багатьох харчових продуктів, розробка економічно доцільної технології одержання ОЖСК, яка б задовольняла б усім сучасним вимогам, є актуальною задачею харчової промисловості.

1.3. Сучасні тенденції у виробництві нових харчових форм олієжирової сировини. Перспективи їх використання у складі салатів із листяних овочів

Ефективна, динамічно зростаюча, високопродуктивна харчова промисловість займає провідне місце у формуванні економіки України завдяки системному забезпеченню населення повноцінними продовольчими товарами, реалізація яких полягає у конкурентоспроможності технологій виробництва українських товарів і відповідності продовольчій безпеці держави, що сприяє підвищенню її експортного потенціалу.

Найважливішою умовою забезпечення працездатності й активного довголіття людини є повноцінне харчування, що забезпечує організм усіма необхідними харчовими речовинами. Оптимальне використання біологічно активних інгредієнтів дозволить ефективно підвищити якість харчування. Фізіологічно нормальне постачання організму необхідною кількістю енергії з компонентів харчування (головним чином вуглеводів та жирів) забезпечується повноцінним вживанням відповідних продуктів [72].

Ефективність використання капсульованих продуктів багатогранна та застосування їх принципово відображено у роботах [73–78]. Значна кількість наукових публікацій висвітлює особливості виготовлення та застосування капсульованих продуктів у фармацевтичній, харчовій, хімічній, фотографічній, текстильній, біотехнологічній, медичній та нафтопереробній промисловостях та сільському господарстві.

Сучасні методи капсулоутворення забезпечують можливість капсулювання як гідрофільних, так і гідрофобних матеріалів та дозволяють одержувати капсульовані продукти з різними розмірними характеристиками.

У більшості випадків оболонкоутворюючий матеріал являє собою рідиноподібну фазу (розплав або розчин), у такому стані він може з легкістю розподілитися по поверхні речовини, що підлягає капсулюванню, та вкрити її

суцільною плівкою, яку потім різними способами переводять у твердий стан. Як матеріали для оболонок, що забезпечують герметичність капсул, використовують велику кількість ВМС, натуральних та синтетичних полімерів. Але спектр оболонкоувторювачів, придатних до використання у складі харчових продуктів та медичних препаратів, обмежується вимогами щодо їх токсичності для організму людини. Вибір матеріалу оболонок залежить від призначення, властивостей та способу вивільнення основної речовини, а також від обраного методу капсулювання [79].

Існують методи капсулювання, які засновані на механічному нанесенні оболонок на частинки речовини. Під час мікрокапсулювання у центрифугах або пристроях типу «труба в трубі» частинки речовин, що капсулюються (тверда або рідка), проходять через плівку розчину плівкоутворювача (екструзія), покриваються нею, утворюючи капсули. Подальше затвердіння оболонок відбувається за рахунок охолодження капсул у формуючому середовищі або обробки «зшиваючими» (комплексоутворювачими) агентами, що призводить до одержання капсули заданої стабільної форми.

Першими розробленими та детально вивченими технологіями капсулювання були методи, основані на використанні желатину як плівкоутворюючого матеріалу, який під час охолодження утворює гелі зі зв’язуванням значної кількості вологи та здатен формувати на поверхні капсул твердоподібні оболонки. Забезпеченням обмеженого змочування капсулюємої речовини (жиру) плівкоутворюючим матеріалом (розчином желатину) під час капсулювання відбувається формування краплин, які внаслідок дії поверхневих сил набувають кулеподібної форми (термодинамічно найбільш вигідної), поверхня яких обволікається плівкоутворюючим матеріалом, що несумісний з умістом капсули. З фізико-хімічної точки зору саме обмежена здатність до змішування реагуючих речовин забезпечує утворення чіткої границі поділу фаз, що заважає розтіканню плівкоутворюючого матеріалу по поверхні краплин [80; 81].

У літературних даних [79; 82; 83] вказано, що структуроутворення

желатинових оболонок капсул на практиці найчастіше здійснюють шляхом їх охолодження у розчинах неполярних речовин (олії) з метою запобігання розчинення оболонки капсул. Механізм фазових перетворень розчину желатину полягає у зміні конформації макромолекул полімеру під час охолодження та утворенні просторової сітки гелю, яка стабілізується водневими зв'язками, гідрофобними та іншими силами міжмолекулярної взаємодії. Внаслідок переходу системи з рідиноподібного у твердоподібний стан відбувається утворення гелеподібної оболонки капсул та фіксується їх кулеподібна форма.

Сьогодні капсули з желатиновою оболонкою знайшли дуже широке застосування у виробництві фармацевтичних препаратів та у технологіях функціональних харчових продуктів. У желатинових оболонках для харчових та профілактичних цілей традиційно капсулюють олії, зокрема жир риб'ячий, ефірні масла та жиророзчинні вітаміни. Отже, спектр речовин, що можуть бути інкапсульовані у желатинові оболонки, обмежується їх полярністю, а самі капсули володіють високою лабільністю до дії температури. Треба відзначити, що до недоліків желатинових капсул відноситься їх нетермостабільність, що обумовлено властивістю желатину переходити у розчин. Тому, не зважаючи на всі переваги використання желатину для формування оболонок капсул, інтенсивно розвивається напрям використання інших полімерів рослинного та тваринного походження в технологіях одержання капсульованих продуктів [79, 84–86].

Розробка технології капсульованих продуктів із застосуванням полісахариду морських водоростей – альгінату натрію (AlgNa) – дозволила вдосконалити процес виготовлення капсул для фармацевтичної промисловості, розширити спектр використання олієжирових капсул у вигляді наповнювачів кулінарної продукції та як самостійний продукт лікувально-профілактичної дії; підвищити їх стабільність та забезпечити контрольоване вивільнення умісту (біологічно-активної або лікарської речовини) у потрібній ділянці шлунково-кишкового тракту [86].

Існуючий асортимент капсульованих гідрофобних речовин знайшов попит у фармацевтичній, медичній галузі, під час переробки нафтопродуктів тощо, але такі

підходи мають ряд недоліків для харчової промисловості, у тому числі для ЗРГ.

Напрацьований досвід вчених д. т. н., проф. П.П. Пивоварова, д. т. н., проф. О.О. Гринченко, д. т. н., проф. Є.П. Пивоварова щодо використання AlgNa з іонами Ca^{2+} в якості оболонкоутворювача у технологіях капсульованих гідрофільних харчових систем має невичерпаний ресурс, тому його реалізація має місце у розробці та науковому обґрунтуванні технологій капсульованих гідрофобних харчових систем та дослідженні їх поведінки у кулінарній продукції.

Розвиток кулінарії в повсякденному ритмі життя задає мотиваційну необхідність до удосконалення якості, безпечності, корисності та зручності у споживанні кулінарних страв. Вирішення цього питання трансформувалося та відображається в існуванні магазинів кулінарії, організації виїзних банкетів та фуршетів, кейтеринг-обслуговуванні, дистанційному, офісному, спеціальному, здоровому та спортивному харчуванні тощо. Організація такого харчування охоплює широкий сегмент зацікавлених. Вирішення цього питання до теперішнього часу реалізовувалося з точки зору зручного використання послуг, але поза увагою залишається технологічне забезпечення якості та безпечності кулінарної продукції, яка характеризується подовженими термінами реалізації.

Серед широкого асортименту закусок, салатів, перших, других та солодких страв потенційно непривабливими за органолептичними показниками, а також небезпечними з точки зору біохімічних та мікробіологічних процесів, що мають місце під час реалізації кулінарної продукції, є салати з листяних овочів, які на теперішній час є невід’ємною частиною сучасного кулінарного мистецтва.

Основа салатів із листяних овочів найчастіше складається з одного або декілька видів листяних овочів, які називають «мікс салатів». Сучасна інтерпретація приготування, оформлення та декорації страв розширила свої межі шляхом впровадження фьюжену (від англ. fusion – злиття, об'єднання), який є своєрідним

змішанням кулінарних традицій (продуктів і способів їх обробки) або авторським міксом у технологіях приготування та використання інгредієнтів, позичених з різних кухонь світу, в одній страві. Тому сучасні технології салатів із листяних овочів модернізовані, та інколи їх можна використовувати у якості гарніру до других страв. Класична класифікація салатів наведена на рис. 1.3.

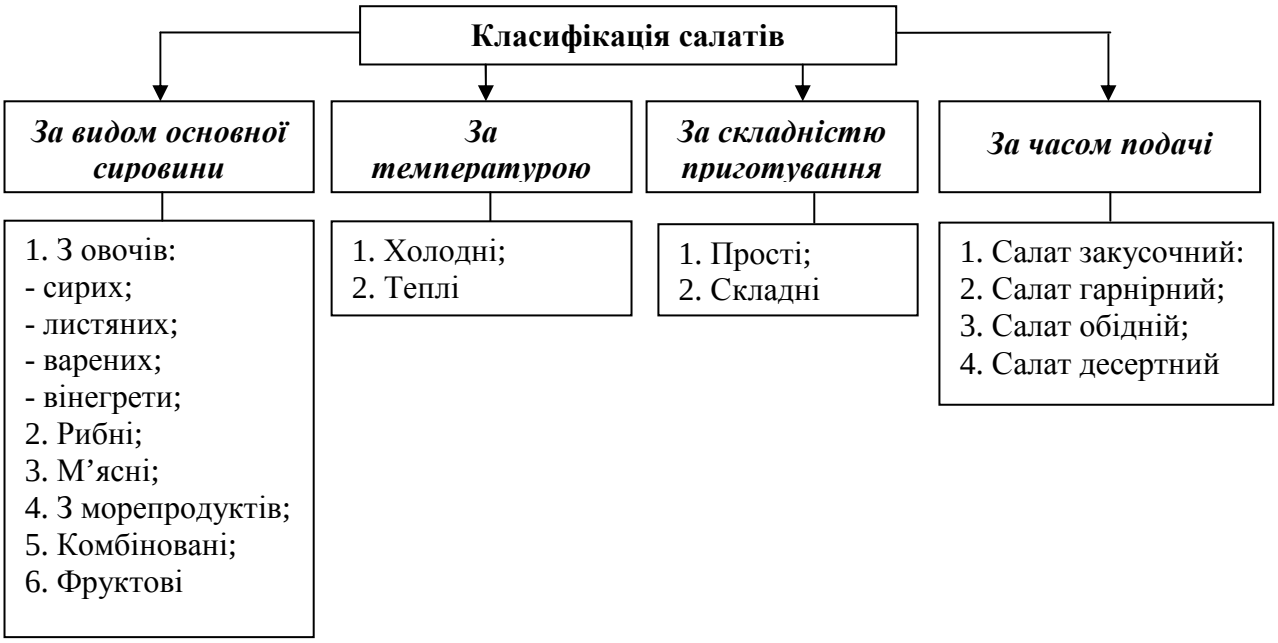


Рис. 1.3. Класифікація салатів за сукупними ознаками

Поєднання рецептурних інгредієнтів у смако-ароматичні композиції дає можливість формувати асортимент салатів (рис. 1.4). Але незалежно від набору сировини існують основні принципи їх одержання, які передбачають механічну кулінарну обробку овочів, підготовку смако-ароматичних сумішей та заправки. Формування асортименту залежить від набору сировини (овочевої, м'ясної, м'яса птиці, риби та нерибних продуктів моря) та заправки (олія рослинна, майонез, йогурт, вершки, сметана).

Виробництво салатів із листяних овочів має ряд факторів, які обмежують технологічний цикл їх виробництва. Насамперед це пов'язано з їх зберіганням, а саме: по-перше – з коливанням температури, яка залежить від пори року, години доби, у результаті чого можуть утворюватися краплі води на поверхні листя; по-друге – з повітреобміном між упаковкою та безпосередньо овочем,

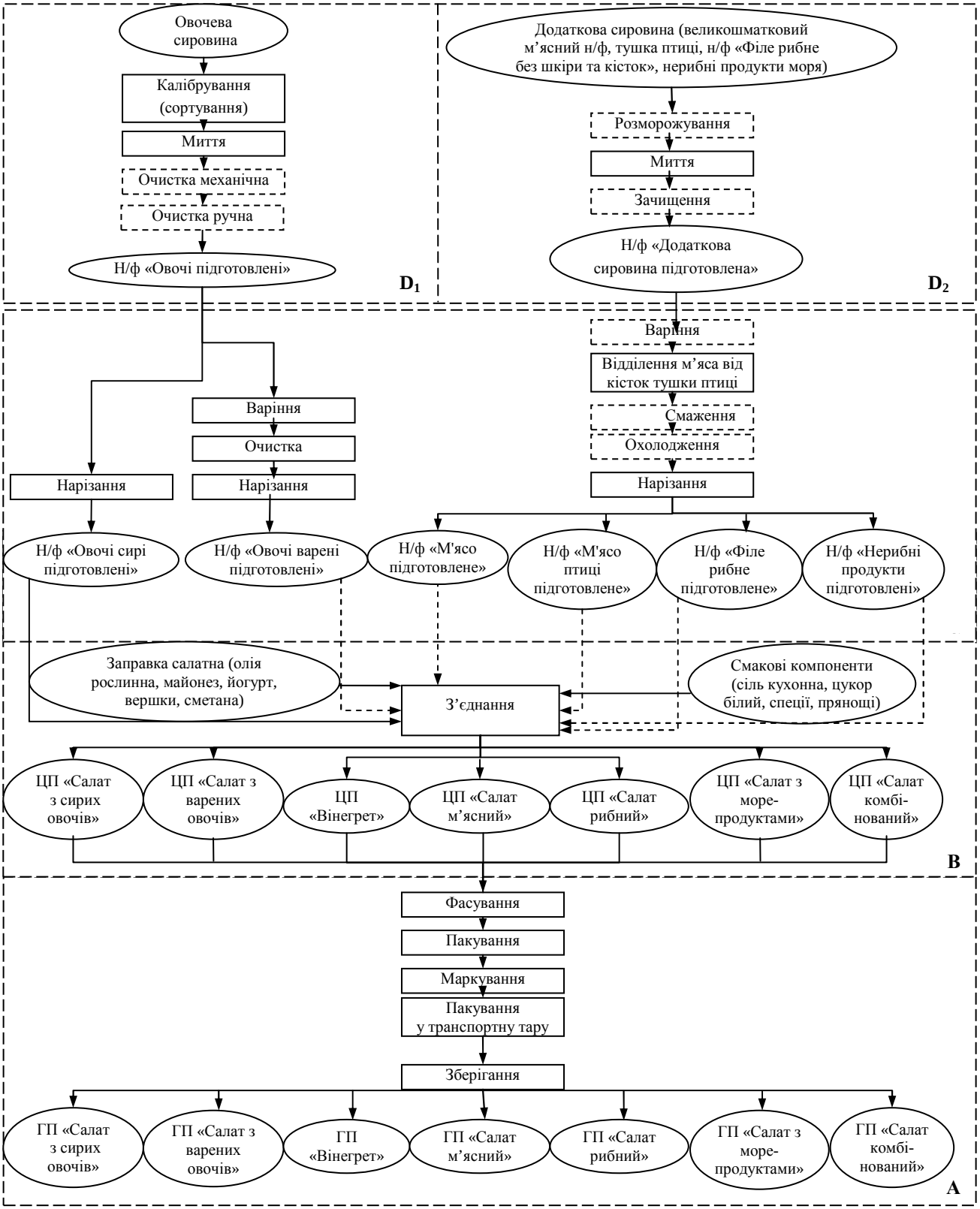
що сприяє швидкому в’яненню, зниженню харчової цінності та показників якості, псуванню. Для формування якісних показників салатів із овочів на підприємствах повинні бути враховані правила зберігання овочевої сировини, у тому числі терміни постачання сировини (t = 7…12° С, терміни зберігання до τ = 12 годин, вологість повітря, повітреобмін, світло тощо) [87].

Враховуючи те, що до рецептурного складу салатів із листяних овочів можуть входити наповнювачі рослинного (коренеплоди, овочі, фрукти, ягоди, плоди та ін.) та тваринного (м'ясо птиці, риба, яйця сільськогосподарської птиці, морепродукти та ін.), вплив зовнішніх факторів на якість та безпечність готової продукції потрібно розглядати з урахуванням цієї сировини. На рис. 1.4 наведено шляхи формування асортименту салатів з овочів, у тому числі листяних, за сукупними ознаками.

Так, обробка зелених овочів виконується за класичною механічною обробкою, але подальше їх тривале зберігання у воді чи на повітрі призводить до погіршення органолептичних показників, втрат вітамінів, тобто до зниження біологічної цінності, вмісту ефірних сполук, які відповідають за смак та аромат цієї сировини.

Під час очищення та подрібнення листяних овочів їх клітини та тканини пошкоджуються, тонкопласт руйнується, клітинний сік змішується з цитоплазмою, у результаті чого поліфеноли піддаються необоротному ферментативному окисленню та утворюються темно-забарвлені продукти. Швидкість потемніння, зазвичай, пов’язують з активністю в продуктах поліфенолоксидази: чим вона вище, тим швидше темніє тіло продукту [14].

Для перешкоджання потемніння зелених овочів під час зберігання на повітрі необхідно виключити контакт продуктів з киснем повітря (зберігання у воді, або у вакуумній упаковці, або використання захисних покриттів − піноподібних мас, одержаних на основі харчової сировини) або інактивувати окислювальні ферменти, застосовуючи сульфітацію підготовленого листя, бланшування, обробку кислотами (аскорбіновою, фітиновою та ін.), антибіотиками та іншими способами [88; 89].



ЦП – цільовий продукт, ГП – готовий продукт

Рис. 1.4. Принципова технологічна схема формування асортименту салатів за сукупними ознаками

Також потемніння листяних овочів може відбуватися під час теплової кулінарної обробки, що обумовлено зміною поліфенольних сполук – флавонових глікозидів, речовин нецукрового походження тощо.

Попередниками темнозабарвлених речовин можуть бути такі фенольні сполуки, як тирозин і хлорогенова кислота. Ферментативне окислення цих поліфенолів, що протікає зазвичай в листяних овочах, може призводити до утворення хінонів, які піддаються дегідратації з утворенням похідних фурфуролу. Фурфурол же, як відомо, легко вступає в реакції полімеризації і конденсації з утворенням темнозабарвлених речовин.

Зелений колір овочів (щавель, шпинат, листя салатів, зелений горошок, стручки бобових) і деяких зелених плодів (аґрус, виноград, слива ренклод та ін.) обумовлений присутністю у них пігменту хлорофілу. За хімічної природою хлорофіл являє собою складний ефір двоосновної кислоти та двох спиртів: метилового та фітолу. Аналітичними дослідженнями встановлено, що під час зміни pH, за наявності солей, цукристих речовин та інших смако-ароматичних сумішей зелені овочі буріють. Відбувається це внаслідок взаємодії хлорофілу з органічними кислотами або кислими солями цих кислот, що містяться в клітинному соку овочів і плодів, з утворенням нової речовини бурого кольору – феофітину (1.1).

$$(C_{32}H_{30}ON_4Mg) \times (COOCH_3) \times (COOC_{20}H_{39}) + 2HR = (C_{32}H_{30}ON_4) \times (COOCH_3) \times (COOC_{20}H_{39}) + MgR_2 \quad (1.1)$$

хлорофіл феофітин

У харчовій промисловості для забезпечення високих показників якості напівфабрикатів із зелених овочів їх обробляють у середовищі з харчовою содою, так як вона нейтралізує органічні кислоти. При цьому овочі не тільки зберігають забарвлення, але і набувають більш інтенсивного зеленого кольору. Останнє пояснюється тим, що у присутності лугу хлорофіл, як складний ефір, піддається омиленню з утворенням натрієвої солі двоосновної кислоти, метилового спирту та фітолу. Натрієва сіль

двоосновної кислоти, що утворюється, називається хлорофіліном і має яскраве зелене забарвлення:

$$(C_{32}H_{30}ON_4Mg) \times (COOCH_3) \times (COOC_{20}H_{39}) + 2NaOH = (C_{32}H_{30}ON_4Mg) \times (COONa)_2 + CH_3OH + C_{20}H_{39}OH \quad (1.2)$$

хлорофіл флорофілін

Під час кулінарної обробки зелені овочі, крім бурого забарвлення, можуть набувати й інших відтінків, зумовлених зміною вже утвореного феофітину під дією іонів деяких металів. Наприклад, якщо у середовищі присутні іони заліза, овочі можуть набувати коричневого забарвлення, якщо іони олова та алюмінію – сіруватого, іони міді − яскраво-зеленого.

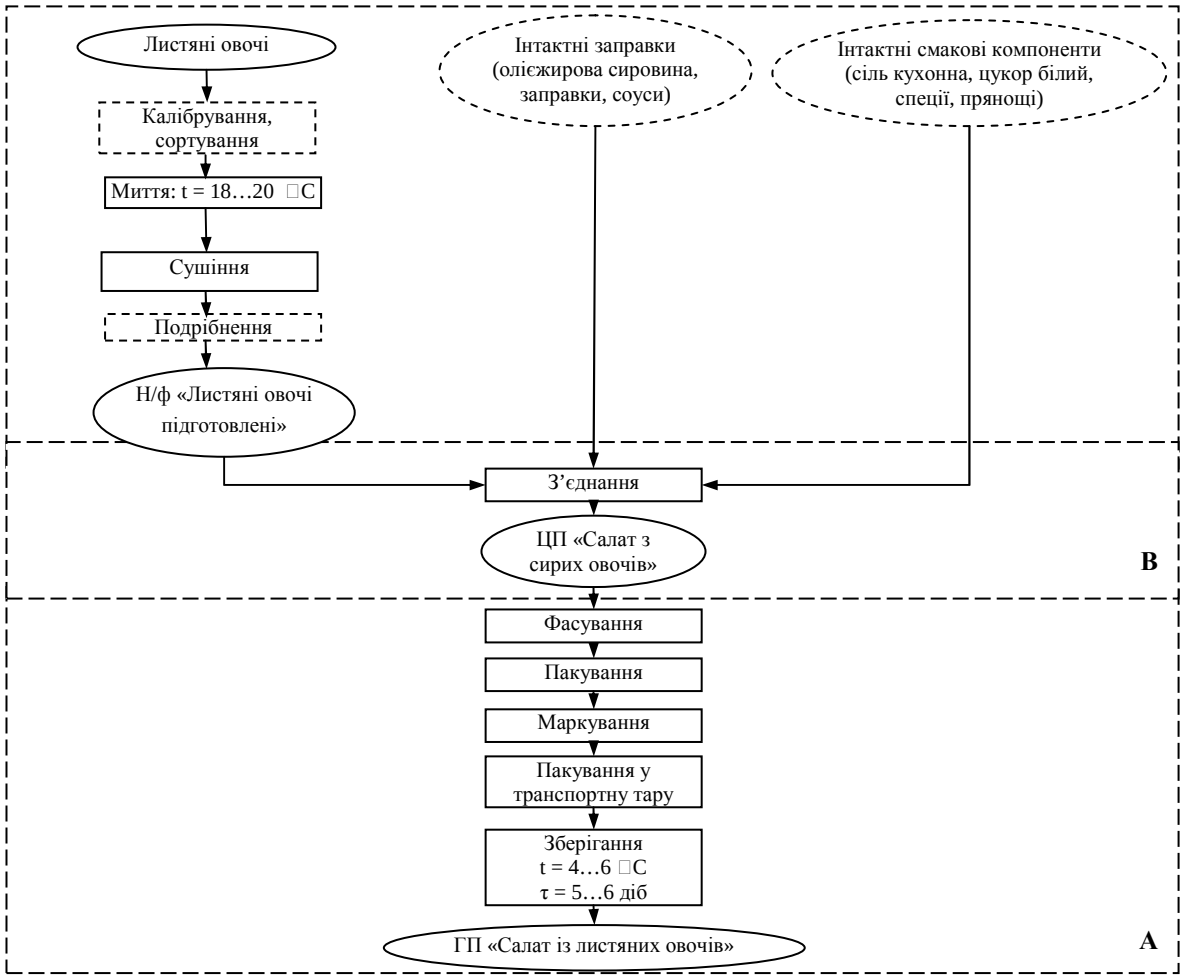
Ступінь зміни забарвлення залежить від pH зовнішнього середовища: чим нижче pH, тим краще зберігається забарвлення. Найменші зміни забарвлення спостерігаються за pH = 2. Значення pH більшості листяних овочів знаходиться в межах від 6 до 6,8.

Маркетингові дослідження показали, що салати з листяних овочів з подовженими термінами зберігання у торгівельній мережі України представлені переважно у полімерній герметичній упаковці, без додавання заправок. Це обумовлено бажанням виробників пролонгувати термін реалізації кулінарних виробів із листяних овочів. Заправки, які дозовано реалізуються у самостійних упаковках у вигляді діпів, стіків, сапетів, представлені окремою групою товарів.

Вирішення питання сучасності − зручна організація корисного харчування – спонукає розширення асортименту салатів, що реалізується у торгівельній мережі. Технологічно це можливо вирішити шляхом проведення кулінарної обробки овочевої сировини за параметрів, які будуть сприяти подовженню реалізації салатів із листяних овочів, використання нових інтактних до продукту заправок та/або смако-ароматичних компонентів, залучених у їстівну оболонку, використання сучасних таро-пакувальних матеріалів. На рис. 1.5 наведено принципову технологічну схему одержання салатів із листяних овочів із використанням інтактних заправок.

Таким чином прогнозувалось, що застосування сучасних методів капсулювання заправок, які будуть включати сіль кухонну, цукор білий, оцет, спеції, прянощі, дозволяє впровадити принципово новий напрям виробництва та реалізації салатів із листяних овочів.

Регулювання жирнокислотного складу жирів кулінарних страв шляхом купажування напівфабрикатів інтактних заправок в асортименті дозволить самостійно регулювати та складати раціон харчування згідно з направленням харчування (раціональне, функціональне, спрямоване, оздоровче, лікувально-профілактичне, здорове харчування).



ЦП – цільовий продукт, ГП – готовий продукт

Рис. 1.5. Принципова технологічна схема одержання салатів із листяних овочів із використанням напівфабрикатів інтактних заправок

На основі проведення аналітичних досліджень можна сказати, що використання напівфабрикатів інтактних заправок дозволяє розширити асортимент салатів та сформувати новий тренд виробництва «корисної» кулінарної продукції – салатів із листяних овочів у сучасній організації харчування різних типів обслуговування.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ

У даному розділі розроблено модель технології ОСК на основі іонотропного полісахариду – AlgNa через двошарове прийомне середовище, до складу якого входить $CaCl_2$. Обґрунтовано спосіб та технологію одержання термостабільної ОСК, яка має гелеподібну оболонку Alg_2Ca. Досліджено закономірності формування структури ОСК, обґрунтовано склад двошарового прийомного середовища, параметри технологічного процесу, які забезпечують прогнозовані органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні властивості ОСК.

2.1. Інноваційний задум розробки ОСК

Сьогодні олії рослинні в основному представлені оліями рафінованими у рідкому стані (олії розливні) та у твердому стані, а жирнокислотний склад їх жиру не є збалансованим за важливими для життєдіяльності людини ПНЖК, НЖК, фосфоліпідами, стеринами, вітамінами тощо.

Розширити асортимент кулінарної продукції з вмістом ліпідів можливо шляхом введення олій, жирів або їх сумішей з керованим хімічним складом, наприклад з риб’ячим жиром, «сиримі» оліями. Але за такого підходу важливим є забезпечення одержання продукції з заданими органолептичними показниками.

Інноваційний задум роботи полягає у розробці технології ОСК із використанням у якості оболонкоутворювача AlgNa – високоефективного з фізіологічною функцією харчових волокон структуроутворювача, що дозволить створити новий асортимент напівфабрикатів високого ступеня готовності, і, як результат, готової кулінарної продукції з їх використанням. Капсулювання,

вірогідно, здатне надати новий імпульс щодо використання олій, жирів та їх сумішей у технології приготування страв, що дозволить суттєво розширити асортимент продукції ЗРГ та впровадити у виробничий менеджмент нові технологічні принципи.

Капсулювання дозволяє ліквідувати звужену можливість використання у технологічних процесах комбінації жирів за принципом фізіологічних властивостей, що несе безліч переваг у споживачів. Такі продукти можуть бути використані в якості «незмішуємого» компоненту або декору страв.

Одночасно планувалось, що оболонка капсули, яка більше як на 90,0% за складом представлена водою, може бути ідеальним бар'єром, що забезпечить стабільність до окислювання внутрішнього олієжирового умісту.

Реалізація технології ОСК має маркетингову привабливість через неповторність товарної форми олієжирової сировини на ринку, інноваційну привабливість для олієжирового комплексу та функціональність, з точки зору технологічного використання у виробництві кулінарної продукції ЗРГ та харчовій промисловості.

Використання AlgNa як учасника технологічного процесу дозволяє надати олієжировим харчовим системам принципово нових властивостей, які забезпечують одержання традиційних олій, жирів та їх сумішей у дозованому вигляді та у самостійній їстівній упаковці та сприйняття олієжирової сировини як продукту з принципово новими властивостями, здатного змінити структуру багатьох технологічних процесів, у тому числі технологій салатів.

Нами було висунуто робочу гіпотезу, що вертикальна екструзія за принципом «труба в трубі», де по зовнішній трубі подається водний розчин AlgNa, здатного до іонообміну з бівалентними харчовими солями, а по внутрішньому каналу подається олія соняшникова з певними показниками в'язкості, під час забезпечення контрольованого одночасного розпаду струї на кулеподібні краплі під час потрапляння її у водний розчин «зшиваючих» бівалентних солей, дозволить одержати принципово новий продукт – ОСК,

використання якої дозволяє:

– подовжити терміни реалізації салатів, зокрема салатів із листяних овочів;

– розробити раціони харчування шляхом регулювання жирнокислотного складу олії методом купажування;

– забезпечити сталі показники олійного умісту протягом тривалого терміну зберігання;

– розширити асортимент кулінарної продукції, зокрема салатів.

Основною метою технології ОСК було одержання нової товарної форми олійної сировини, впровадження якої дозволяє спростити технологічний процес виробництва салатів за рахунок забезпечення інтактності внутрішнього умісту, маскування смаків та запахів внутрішньої складової, тощо.

Інноваційний задум нової продукції наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Інноваційний задум нової продукції

Найменування показника	**Характеристика показника**	**Джерела реалізації**
1	2	3
Зовнішній вид продукту	Кулеподібні капсули з діаметром (6,0…12,0) × 10^{-3} м, які мають прозору пружну оболонку. Колір та смак характерний олієжировій сировині, що використовується. Продукт виглядає як розсипчаста система монодисперсних за розміром капсул	Досягається вибором олії, жиру або їх суміші, структуроутворювача та забезпечується сталим процесом вертикальної зверху-вниз співвісної екструзії з перебиванням потоків
Співвідношення оболонка : внутрішня олієжирова сировина	Співвідношення складає 10:90…30:70	Досягається за рахунок параметрів технічної складової технології
Вид сировини	Рослинні олії, жири або їх суміші, жиророзчинні компоненти, які не впливають на властивості водного розчину AlgNa та водного розчину $CaCl_2$.	Досягається за рахунок інформаційного відбору проб за властивостями та експериментальними дослідженнями

Продовження табл. 2.1

1	2	3
Властивості термостійкості	Продукт стійкий за умов гідротермообробки, темперування, пастеризації в інтервалі температур t = 40,0…99,0º С	Досягається структурою іонотропного гелю за рахунок параметрів технологічного процесу
Обмеження у застосуванні	Продукт призначений до споживання широкими верстами населення	Досягається контрольованим складом продукту та параметрами технологічного процесу, харчової цінності, яка відповідає (близька) до харчової цінності олієжирової сировини, що входить до складу системи
Відношення до традиційних харчових систем	Продукт здатний утворювати харчові суміші з традиційних олійних систем, але з обмеженим складом фосфоліпідів даного сегменту харчової продукції	Реалізується через створення широкого асортименту харчових композицій
Конкурентні переваги	Новий продукт рослинного походження, який не має релігійних обмежень та характеризується новою товарною формою	Продукт багатофункціонального призначення: може використовуватися як наповнювач кулінарних страв – холодні та гарячі закуски, салати, перші, другі, солодкі страви
Пакування	Передбачається пакування у скляну, полімерну тару	Маса продукту складає m = 0,05…5,0 кг
Асортимент	Асортимент продукції формується видом олієжирової сировини, що входить до складу ОСК	Формування асортименту досягається шляхом використання сировини (олій, жирів та їх сумішей) рослинного походження
Термін зберігання	Термін зберігання (на основі передбачення)	Тривалість зберігання складає: τ = 6 місяців за температури t = 2…6º С

Згідно інноваційного задуму нової продукції – ОСК – розроблено блок-схему розробки технології, яку представлено на рис. 2.1.

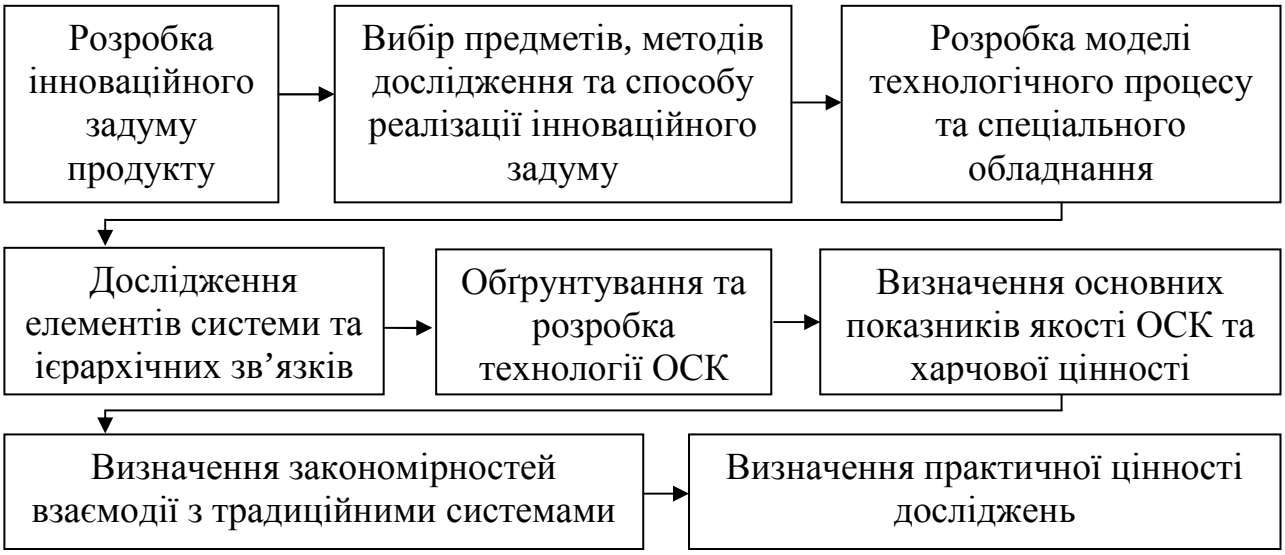


Рис. 2.1. Блок-схема розробки технології ОСК

2.2. Теоретичне обґрунтування моделі технологічного процесу одержання ОСК

Розробка технології, в основу якої покладені дослідження, базується і виходить з об'єктивних законів природи, які описуються низкою фізичних законів, сутність яких більш широко роз'яснюється використанням основних положень хімії, колоїдної хімії, термодинаміки та технології приготування кулінарних страв.

Технологія, що розробляється, виходить із законів гравітації [98–100], що обумовило технологічні та конструктивні рішення екструзії рідин вертикально зверху-вниз, що може бути технічно виконано як самочинна, або примусова течія рідин з обґрунтованими технологічними параметрами. Для керованості процесу потенціали, які використовуються для забезпечення руху рідин, повинні забезпечувати ламінарну течію обох рідин – оболонкоутворювача та олійного умісту з однаковою заданою швидкістю, що суттєво спрощує керованість технологічного процесу.

Передбачалось, що течія двох рідин буде йти неприливним потоком, що підпопорядковується рівнянню безперервності струї Бернулі [101–103]. У такому випадку швидкість витікання рідини зі складного сопла вертикальною рідиною екструдера, тиск та гомогенність рідин є величинами сталими, що дозволяє розрахувати умови розриву рідин при струйній екструзії на краплі з керованими фізичними характеристиками. Такі обмеження фізичного процесу дозволяють одержувати дози-краплі за закономірностями, які у фізичних процесах визначаються як монодисперсний розпад. Під монодисперсним розпадом у технологічному процесі ми розуміємо постійні розмірні характеристики та співвідношення фаз в межах технологічного потоку формування капсул однієї партії.

Передбачалось, що екструзія рідин буде виконуватися шляхом вихідних сопел екструдера в складне прийомне середовище рідин. Під складністю прийомного середовища розумілось наявність двох фаз середовища: верхня фаза – олійна, нижня – в свою чергу, складна на основі розчинника води, яка за своїм складом повинна забезпечувати реалізацію хімічних потенціалів, результатом чого буде виникнення високого ентропійного фактору для полімеру гелеутворювача оболонки і трансформація його в гель, що трактується в хімічній та технологічній науках як «золь – гель» перехід.

Вибір прийомного середовища для екструдованих капсул у стані рідин обумовлений необхідністю використання у технологічному процесі закону Архімеда [103], величина виштовхувальної сили згідно якого, як реактивна сила до сил гравітації, дозволить знизити швидкість гравітаційного (вільного) падіння квазі- та сформованих капсул, а значить − і швидкість їх занурення. З технологічної точки зору, це дозволяє:

– затримати рідини в момент їх виходу із сопел екструдера біля сопла на більш тривалий час, а значить, і надати технологічну можливість зробити розмірні характеристики капсул більш оптимальними, з точки зору регулювання їх розмірних характеристик;

– знизити швидкість занурення капсул проти вільного падіння капсул через повітря, що робить процес «технологічно видимий та контрольований» для технолога-оператора;

– забезпечити умови реалізації хімічного потенціалу за часом системи.

Вибір олії соняшникової у якості верхньої фази прийомного середовища виходить з об'єктивного термодинамічного закону вільної енергії, згідно якого фізичний стан тіла у природних процесах повинен відповідати мінімуму витрат тілом вільної енергії на поверхні. Найбільше економічним станом просторової будови є сфера у формі шару, що відповідає інноваційному задуму технології, що розробляється. Слід підкреслити, що крапля у вигляді сфери, яка відривається примусово від сопел екструдера, за складом є системою «олія соняшникова – вода», тому з середини – з точки зору хімічного закону, доза олії соняшникової завжди буде набувати фази у вигляді не змішуваної форми сфери, а потрапивши у прийомне середовище олії соняшникової є системою «вода – олія соняшникова», що змушує об'єктивно утримувати форму сфери. Саме це є квазістабільним фізичним етапом і за умови зміни складу з середини та зовні капсул існування капсул не є можливим за об'єктивних фізичних та колоїдних передумов.

Перехід капсул із квазістабільного в термодинамічно стабільний стан досягається за рахунок реалізації хімічних потенціалів, що виконується в нижній водній фазі складного прийомного середовища, в який закладено механізм іонотропного гелеутворення. Завдяки хімічній взаємодії AlgNa, який є складовою частиною розчину оболонок квазістабільних капсул, з іонами бівалентного металу Ca^{2+}, який є складовою частиною нижньої водної фази складного прийомного середовища, утворюється фаза ліофобної речовини – Alg_2Ca та ліофільна речовина – $4Na^+$, яка утворюється за схемою, що в загальному хімічному вигляді описується (2.1; 2.2) [104]:

$$4NaGul_4 + Ca^{2+} \rightarrow CaGul_4 + 4Na^+ \qquad (2.1)$$

$$\text{або } Na_{(x+y)}Gul_xMan_y + Ca^{2+} \rightarrow CaGul_4 \cdot Na_{(y+x-4)}Gul_{x-4}Man_y + 4Na^+. \qquad (2.2)$$

На підставі вищезазначеного та аналітичних досліджень [78, 105–112] молекула AlgNa має комбіновану будову MG-блоків (β-D-мануронова та α-L-гулуронова кислота), співвідношення яких забезпечує, за умов реалізації схем 2.1 та 2.2 та фізичної достатності компонентів, утворення пружних та еластичних гелів. Хімічна взаємодія G-блоків з Ca^{2+} забезпечує утворення хелатних комплексів, що є умовою виникнення каркасу гелю Alg_2Ca.

Не зважаючи на об'єктивність перебігу хімічної реакції 2.1 та 2.2, під час змішування двох речовин, за структурою можливе виникнення різних за властивостями (міцність, еластичність, крихкість, проникність) гелів, що відповідає різному ступеню насиченості акцептора *n* (Alg^-) іонами Ca^{2+}, донором якого є прийомне середовище за властивостями гелів або систем у вигляді пористих тіл [78]. Виникнення даних структур об'єктивно доводиться, виходячи з основних законів хімії та термодинаміки [105].

Оскільки за умови фізичної екструзії і одночасної присутності у прийомному середовищі невизначеного співвідношення Alg^- у стані оболонок капсули в реальному технологічному процесі завжди буде виникати, з точки зору схем (2.1; 2.2), нерівноважний хімічний стан, ступінь нерівноважності якого буде визначатися нестачею одного із двох компонентів – Alg^- або Ca^{2+} для забезпечення переходу сформованих капсул із квазі- у термодинамічно стабільний стан. Очевидним є, що масоперенос в системі «$Alg^- - Ca^{2+}$» буде виконуватися лише за рахунок дифузії Ca^{2+}, тому умовою стабільності технологічного процесу є нерівність:

$$\frac{d\left[Ca^{2+}\right]}{d\tau} \rangle \frac{d\left[Alg^-\right]}{d\tau}. \qquad (2.3)$$

Якщо прийняти, що іонна концентрація Ca^{2+} в системі відповідає стехіометричній рівновазі Alg^- за ємністю та реакція відповідає рівнянню 2.4, то у реальному технологічному процесі, де концентрація Ca^{2+} буде враховуватися через розведення, тобто об'єму прийомного середовища (V) з повною кількістю

Ca^{2+} (m_{Ca2+}), то вираз 2.3 може бути записано у такому вигляді (рівняння 2.5).

$$[Ca^{2+}] = [Alg^{-}], \quad (2.4)$$

$$[m_{Ca2+} \times V_1] = [m_{Alg-} \times V_2] [Ca^{2+}] = [Alg^{-}] \ , \quad (2.5)$$

де m_{Ca2+}, m_{Alg-} – іонні концентрації реагуючих компонентів;

V_1, V_2 – об’єми реагуючих компонентів.

З урахуванням рівняння (2.4) та (2.5) відтворюється умова (2.6), яка супроводжує процес екструзії:

$$V_1 > V_2. \quad (2.6)$$

Це значить, що конструктивно для екструдера об’єм прийомного середовища повинен значно перевищувати об’єм AlgNa, що вноситься в систему. Це є умовою відсутності «збіднення» системи за єдиним здатним до дифузії компонентом – Ca^{2+} і, водночас, що капсули в прийомне середовище повинні вноситися зі значно малою швидкістю, ніж темпи «збіднення» системи за іонами Ca^{2+}.

Розробка технологічних принципів капсулоутворення олієжирових технологічних систем, на наш погляд, дозволяє переглянути технологічні принципи одержання харчових продуктів, до складу яких входить олієжирова сировина, та створити науково-практичні передумови для одержання харчових продуктів з новими органолептичними показниками та нутріціологічною цінністю.

Відсутність наукових і технологічних основ одержання ОСК з термостійкою еластичною оболонкою, що забезпечують вимоги інноваційності продукту, визначило необхідність обґрунтування вибору рецептурних інгредієнтів, методів дослідження, визначення параметрів окремих технологічних операцій, за яких можливо одержати термостабільні олійні капсули з заданим співвідношенням

внутрішнього умісту капсул до оболонки, розмірними та органолептичними характеристиками, а також забезпечити високі поживні характеристики кінцевого продукту та способу реалізації інноваційного задуму.

Аналітичне прогнозування та експериментальні дослідження свідчать, що розробка технології ОСК із використанням двошарового прийомного середовища є складним комплексом системних завдань, вирішення якого пов’язане як з розробкою безпосередньо технології ОСК, так і з визначенням параметрів та складу прийомного середовища. Незважаючи на те, що з формальної точки зору склад прийомного середовища не входить до рецептури капсули, але його стан, властивості та склад визначають принципову можливість реалізації задекларованої технології надати кінцевому продукту бажаних функціонально-технологічних властивостей тощо. З наданого виходить, що технологію, яка розроблялась, слід розглядати як відкриту систему, у якій у ієрархічному зв’язку задіяні дві підсистеми:

а) підсистема «капсули», яка в свою чергу, поділяється на елементи: «капсули квазістабільні в олійному середовищі», «капсули у водному середовищі», «капсули відділені від прийомного середовища»;

б) підсистема «прийомне середовище», яка а свою чергу ділиться на три елементи: «олійна фаза прийомного середовища», «водна фаза прийомного середовища», «міжфазовий шар прийомного середовища».

Відкритість системи проявляється у тому, що кожен елемент впливає на окремі елементи, підсистеми і системи в цілому, що диктує необхідність її еластичного функціонування без розриву зв’язків. В той же час це свідчить про багатофакторність та різновекторність впливів на окремі елементи системи і неможливість побудови раціональної технології без параметрування її в межах кожного елементу, у тому числі: «квазістабільна капсула → олійна фаза прийомного середовища», «капсула → водна фаза прийомного середовища», «квазістабільна капсула → міжфазовий шар прийомного середовища», а також «олійна фаза прийомного середовища → міжфазовий шар прийомного

середовища → водна фаза прийомного середовища», а також «водна фаза прийомного середовища → міжфазовий шар прийомного середовища → олійна фаза прийомного середовища».

Зрозуміло, що всі підготовлені «напівфабрикати-учасники» технологічного процесу є відносно стабільними (як умова параметрування технологічного процесу, але з визначеними параметрами). Сам процес одержання ОСК з точки зору стабільних властивостей учасників процесу є певною умовою їх дестабілізації, але за керованістю процесу можливо досягти нового рівня упорядкованості системі – одержання напівфабрикату «квазістабільна капсула вимита від прийомного середовища». При цьому, важливою умовою є збереження системної рівноваги усіх учасників технологічного процесу як запоруки неперервності процесу.

Розглянемо умови одержання напівфабрикату «капсула» за умов зміни (параметрів) в окремих елементах системи. Модель поведінки струменя (екструдату) рідин із сопла головки екструдера наведено на рис. 2.2.

Формування квазістабільної оліємістової капсули відбувається в олійному шарі шляхом перебивання потоку на виході екструдера та перехід у водно-спиртовий розчин, де реалізується хімічна реакція взаємодії двох хімічно активних речовин AlgNa та іонів Ca^{2+}.

Забезпечення капсулювання оліємістової сировини у полісахаридний водний розчин можливо співвісним ектрудуванням шляхом занурення філь'єр (внутрішній діаметр d = 0,15 см та зовнішній діаметр d = 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 см) капсуляторної головки у олійний шар двошарового формуючого середовища.

На рис 2.2 та рис. 2.3 видно, що за допомогою керованого пульсаційного удару олії (дії пристрою − пульсатора) відбувається розпад екструдуючого потоку на фрагменти – контрольна точка управління 1. Кожен із фрагментів має внутрішнє олійне наповнення, що зовні оточене розчином AlgNa і, через великий поверхневий натяг по відношенню до олійного прийомного середовища фрагменту «олійний уміст – водний розчин AlgNa – олія

соняшникова» приймає сферичну форму у стані квазістабільної капсули − контрольна точка управління 2.

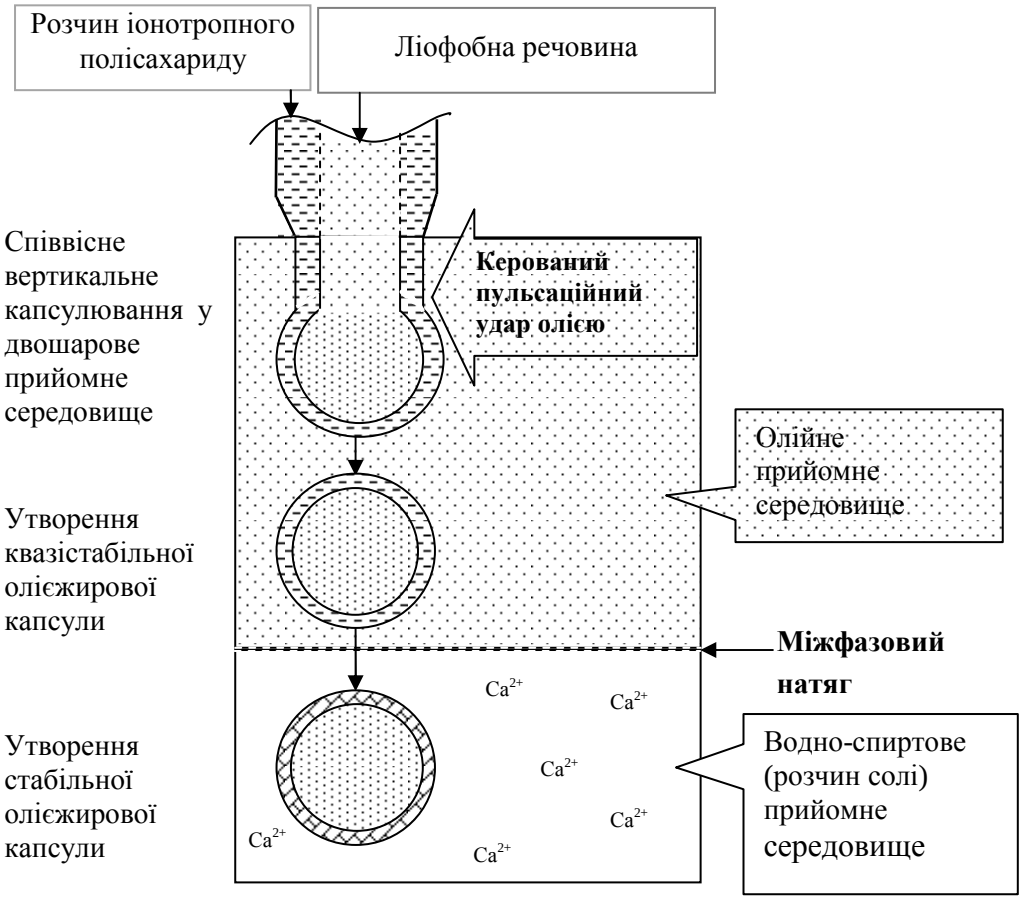


Рис. 2.2. Модель процесу утворення ОСК

Наступним етапом технологічного процесу є безперешкодне перетинання квазістабільної капсули міжфазового шару двошарового прийомного середовища, яке відбувається під дією гравіметричних сил, що діють на швидкість проходження межі фази – контрольна точка управління 3. Під дією сили тяжіння квазістабільні капсули потрапляють до реакційного водно-спиртового шару Ca^{2+} де, звільняючись від олійної «сорочки» − контрольна точка управління 4, хімічно активні іони Ca^{2+} вступають в реакцію з AlgNa та квазістабільна капсула набуває стабільного стану. Для досягнення розмірних характеристик капсули в інтервалі $d = (6{,}0…12{,}0) \times 10^{-3}$ м достатньо регулювання діаметру зовнішнього та внутрішнього діаметру філь’єр, з яких поступають

сумісні за в’язкістю потоки AlgNa та олійної сировини або інших технологічних рішень: регулювання тиску, що впливає на швидкість потрапляння розчину AlgNa та олійної сировини чи зміна діаметру філь’єр екструдера вихідних потоків екструзії. Для одержання ОСК з іншими розмірними характеристиками необхідно корегувати рецептурний склад зовнішнього екструзійного потоку та діаметра отвору філь’єр екструдера.

Для забезпечення міжфазового переходу сформованих квазістабільних капсул, утворених у олійному верхньому шарі двошарового прийомного середовища, до реакційного водно-спиртового середовища необхідно було забезпечити механізм утворення ОСК, що виконувався шляхом виконання критичних точок управління технології. Модель відтворення процесу капсулоутворення відповідає технологічному інноваційному задуму та наведена на рис. 2.3.

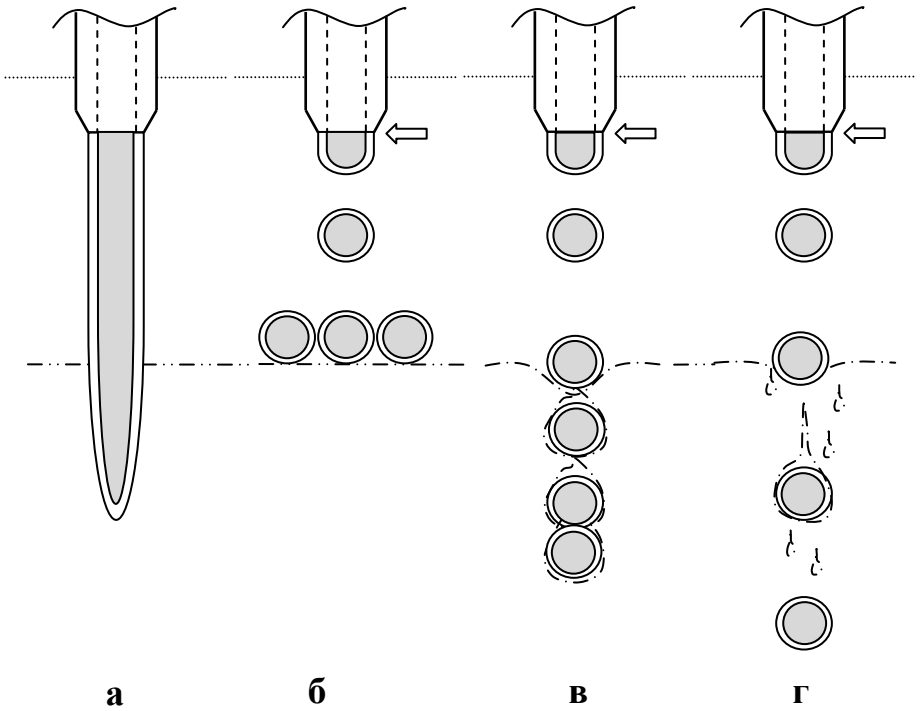


Рис. 2.3. Модель поведінки екструдата в двошаровому прийомному середовищі де: 1, 2, 3, 4 − критичні точки управління (КТУ) технології; а, б, в, г – графічне зображення технологічного процесу капсулоутворення поетапного виконання КТУ; ⇦ − керований пульсаційний удар олії соняшникової (дія пристрою − пульсатора)

а)*	за відсутністю пульсаційного удару
б)*	за умови $\rho_{в.фази} > \rho_{о.с.}$, де $\rho_{в.фази}$ та $\rho_{о.с.}$ – густина нижньої та верхньої фаз прийомного середовища
в)*	за умови міжфазовий натяг ($\sigma_{МАШ}$) ≈ критичне значення $\sigma_{МАШ}$, що забезпечує перетин капсулою межі фаз ($\sigma_{кр.}$)
г)*	за умови $\sigma_{МАШ}$ □ $\sigma_{кр.}$, де $\sigma_{МАШ}$ та $\sigma_{кр.}$ – міжфазний натяг за певних умов ТП та $\sigma_{кр.}$ − міжфазний натяг занурення капсул

Механізм утворення ОСК досягається за таких умов:

− забезпечення технічної співвісності потоків рідин у каналі екструдера пристрою;

− наявність керованого пульсаційного удару олії соняшникової, спрямованого на сформовану співвісну систему суміжних потоків водного розчину AlgNa та олії соняшникової;

− густина водного розчину солі та густина олії соняшникової ($\rho_{о.с.}$) повинна дорівнювати та відповідати умові $\rho_{о.с.} = \rho_{водного\ розчину\ Ca2+} = 926{,}0$ кг/м^3;

− густина двошарового прийомного середовища мусить бути меншою за густину квазістабільної капсули, тобто $\rho_{двошарового\ прийомного\ середовища}$ □□ $\rho_{квазістабільної\ капсули}$;

− водно-спиртовий шар прийомного середовища повинен містити іони Ca^{2+};

− допускається використання ПАР для забезпечення переходу квазістабільних капсул на межі «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» у водне гідрофільне середовище за умови $\sigma_{о.с.} \approx \sigma_{водного\ регульованого\ за\ густиною\ розчину\ солі\ Ca2+} \rightarrow 0{,}0$ Н/м.

З графічного зображення рис. 2.3а подачі технологічного процесу капсулоутворення видно, що утворення квазістабільного фрагменту квазікапсули є неможливим без пульсаційного удару олії, що забезпечується співвісною налагодженою роботою пристрою. Утворення капсул не відбувається, так як ламінарне витікання рідини є обов’язкового умовою технологічного процесу.

Графічне зображення рис. 2.3б відображає не дотримання умови $\rho_{о.с.} = \rho_{водного\ розчину\ Ca2+} = 926{,}0$ кг/м^3 через $\rho_{о.с.} \neq \rho_{водного\ розчину\ Ca2+}$.

Механізм утворення ОСК ((в) рис. 2.3.) відображає забезпечення умови співвісності капсуляторної головки пристрою з вираженим пульсаційним ударом олії (дія пульсатору), $\rho_{о.с.} = \rho_{водного\ розчину\ Ca2+} = 926{,}0$ кг/м^3, але $\rho_{двошарового\ прийомного\ середовища} \neq \rho_{квазістабільної\ капсули}$.

Із схеми (рис. 2.3а) є очевидним, що за відсутності пульсаційного удару олією буде відбуватися неперервна течія олії соняшникової (внутрішнього умісту) та оболонкоутворювача без одержання форми продукту згідно з інноваційним задумом. Досягти необхідної форми можна завдяки гідравлічному кільцевому удару олією соняшниковою, перпендикулярно спрямованого до вектору течії рідини (рис. 2.3б–г), забезпечуючи задані розмірні характеристики капсули.

Це призводить до виникнення в олійному середовищі капсул з квазістабільного структурою. Умовою переходу структури капсули у стабільний стан є перехід квазістабільної структури через міжфазовий шар у водне середовище з реагуючим компонентом. За умови використання у якості розчинника води такий перехід неможливий, оскільки густина у такому випадку відповідає наступному виразу:

$$(926{,}0\ [\text{кг/м}^3] = \rho_{о.с.}) \neq \left(\rho_к = \frac{\rho_{о.с.} \times V_{о.с.} + \rho_{об.} \times V_{об.}}{V_к}\right) \neq (\rho_в = 998{,}0\ [\text{кг/м}^3]), \qquad (2.7)$$

де $\rho_{о.с.}$, $\rho_в$, $\rho_{об.}$ – густина олії соняшникової, води та оболонки;

$\rho_к$ – сумарна густина капсули;

$V_{о.с.}$, $V_{об.}$, $V_к$ – об’єм олії соняшникової, оболонки в окремій капсулі та сумарний об’єм капсули.

Оскільки ця нерівність виходить із природи та властивостей учасників процесу, для всіх капсул з порожнечею ця нерівність буде справедлива. Цей

вираз може перетворитися у рівність лише за умови $V_{о.с.} = 0$, що вступає в протиріччя з інноваційним задумом нового продукту.

Умовою переходу у водне середовище є маса капсули, у якій за складом забезпечується нерівність 2.8, що можливе лише за умови, коли густина оболонки корегується додаванням у її склад третьої речовини зі значно більшою густиною, ніж у води та AlgNa, наприклад, додавання простих карбогідратів.

$$\rho_{об.} \times V_{об.} \square 1{,}0 - \rho_{о.с.} \times V_{о.с.}. \qquad (2.8)$$

Визначено, що умовою занурення капсул у водну фазу прийомного середовища є зниження її густини за рахунок розчинення у воді третіх речовин із меншою густиною, одночасно, за густини внутрішнього умісту та води, наприклад етанолу ($\rho_{ет} = 780{,}0$ кг/м^3). Тоді склад системи за густини учасників технологічного процесу має відповідати такій умові:

$$\rho_{в} + \rho_{ет} \approx \rho_{о.с.}. \qquad (2.9)$$

Це єдина і достатня теоретична вимога, яка відповідає умові занурення капсул без додаткової модифікації властивостей її оболонок, оскільки за умови 2.10, де водна і олійна фази за питомою густини зміняться місцями або змішаються, що порушить умови ТП, і ні за яких умов не дозволить одержати капсули.

$$\rho_{в} + \rho_{ет} \square \rho_{о.с.}. \qquad (2.10)$$

Для виконання умови 2.9 важливе значення має міжфазний натяг на межі розділу фаз «олія соняшникова – водне середовище». Якщо теоретично прийняти за необхідний рівень міжфазного натягу величину $\sigma_{кр.}$, то умовою занурення капсули є значення 2.11.

$$\sigma_{МАШ} \leq \sigma_{кр.}, \quad (2.11),$$

де $\sigma_{МАШ}$ – міжфазовий натяг міжадсорбційного шару (МАШ) на межі «олія соняшникова – водне середовище»;

$\sigma_{кр.}$ – критичне значення міжфазового натягу МАШ, що забезпечує перетин межі фаз.

За значення $\sigma_{МАШ} \approx \sigma_{кр.}$ відбувається накопичення капсул в зоні «олія соняшникова – водне середовище», їх змішування, руйнування (рис. 2.4.в), тому очевидним є необхідність збільшенням густини оболонок капсул, що є предметом цього дослідження.

За умови $\sigma_{МАШ} \leq \sigma_{кр.}$ (2.11) капсули без перешкод проникають у водну реакційну фазу. Але побічним ефектом такого значення міжфазового натягу є перемішування фаз прийомного середовища, затримання міжфазного прошарку з гетерогенним складом, склад і властивості якого можуть мати суттєвий вплив на якість процесу.

Таким чином, проведені нами теоретичні дослідження дозволили визначити алгоритм дослідження та критичні точки контролю, параметрування технологічного процесу тощо.

2.3. Обґрунтування моделі та розробка технології двошарового прийомного середовища

2.3.1. Обґрунтування складу водно-спиртової фази двошарового прийомного середовища

Виходячи з теоретичних передумов (розділ 2.2) та з урахуванням інноваційного задуму, нами було спрогнозовано модель прийомного середовища, яка базувалась на основі принципів одержання ОСК. Передбачалось, що технологія може бути реалізована шляхом співвісного вертикального зверху-вниз, збалансованому за потоками, екструдуванні розчину AlgNa (зовнішній потік) та олійної сировини (внутрішній потік) у

двошарове прийомне середовище, яке складається з олії соняшникової (верхній шар) і водно-спиртового розчину (нижній шар), який містить іони Ca^{2+}.

Нами було висунуто робочу гіпотезу, що створення двошарового прийомного середовища, у якому властивості нижньої водної фази модифіковано за густиною етанолу у бік її зменшення і яка є джерелом іонів Ca^{2+}, дозволить забезпечити гравітаційне занурення капсул у робочі рідини.

Необхідність модифікації водного розчину пов'язана з наявністю розбіжностей у густині олії соняшникової та водного розчину, що, згідно з рівнянням Стокса [113] та даних рис. 2.3, не дозволяє капсулі перейти межу фаз прийомного середовища.

Було спрогнозовано, що у олійному прийомному середовищі буде досягнуто формування капсул у квазістабільному стані, а перехід її у водно-спиртовий шар дозволить реалізувати хімічні потенціали (2.1, 2.2) взаємодії двох хімічно активних речовин AlgNa та іонів Ca^{2+} і забезпечити термодинамічно рівноважний стан з високими органолептичними показниками кінцевого продукту. Але, виходячи із густини верхнього прийомного середовища ($\rho_{о.с.}$ = 926,0 кг/м^3 [114]), є очевидним, що умовою переходу квазістабільної капсули з олійного шару у водно-спиртовий є рівність значень питомої густини та низького значення міжфазового натягу ((2.12) та (2.13)):

$$\rho_{о.с.} = \rho_{\text{водний розчин солі Ca2+}} \qquad (2.12)$$

$$\sigma_{о.с.} = \sigma_{\text{водного регульованого за густиною розчину солі Ca2+}} \rightarrow 0{,}0\ [10^{-3}\ \text{Н/м}], \qquad (2.13)$$

де $\sigma_{о.с.}$ – значення поверхневого натягу олії соняшникової за температури t = 20º С, $\sigma_{\text{водний розчин Ca2+}}$ − значення поверхневого натягу водного розчину іонів Ca^{2+} за температури t = 20º С.

Реалізація умови (2.12) можлива за умов використання у складі водного розчину іонів Ca^{2+} речовини, здатної понизити густину води до величини зазначеної у рівнянні (2.12), тобто до густини олії соняшникової або близької до

неї. Для забезпечення виконання умов занурення капсул у водне середовище нами у якості речовини-коректора використано безпечний для вживання етанол, який здатний змішуватися з водою у нескінчених співвідношеннях, а його густина за температури t = 20° С відображена умовою 2.14 [114].

$$\rho_{ет} = 789{,}0 \frac{кг}{м^3} < \rho_{о.с.} = 926{,}0 \frac{кг}{м^3} < \rho_{в} = 998{,}0 \frac{кг}{м^3}. \qquad (2.14)$$

Дослідження впливу невід'ємних рецептурних компонентів (вода питна підготовлена, етанол, $CaCl_2$) як технологічних важелів керування властивостями двошарового прийомного середовища та наукового обґрунтування рецептурного складу було задачею наукового обґрунтування технології ОСК.

Корегування та балансування густиною водно-спиртового шару двошарового прийомного середовища безпосередньо залежить від густини речовин учасників. Тому аналітично розраховано густину водно-спиртових розчинів по відношенню до густини олії соняшникової, що наведено у табл. 2.2.

Відбір проб та підготовку зразків для досліджень здійснювали за ДСТУ 4349 [122], ГОСТ 5471 [123], ГОСТ 26668 [124], ГОСТ 26669 [125].

Таблиця 2.2

Розрахункові дані густини водно-спиртових розчинів Ca^{2+} (t = 20° С)

Водно-спиртовий розчин Ca^{2+}, об/об.% (етанол / вода)	**ρ водно-спиртового розчину Ca^{2+}, кг/м^3**	**ρ олії соняшникової, кг/м^3**
20 / 80	956,2	926,0
25 / 75	945,75	
30 / 70	936,3	
35 / 65	924,85*	
40 / 60	914,4*	
45 / 55	903,95	
50 / 50	893,5	
55 / 45	883,05	
60 / 40	872,6	

* − області раціональної густини

З табл. 2.2 видно, що за концентрації етанолу в інтервалі 35,0…40,0 об.%

густина водно-спиртового шару рідин близька до густини олії соняшникової, що являється умовою проходження сформованої капсули під дією гравітаційної сили.

Наукове обґрунтування співвідношення раціонального рецептурного складу нижнього водно-спиртового розчину Ca^{2+} двошарового прийомного середовища технології ОСК вирішувалось шляхом застосування статистичних методів планування експерименту.

Під час проведення досліджень керувалися фізичними законами гравітації та Архімеда, термодинамічним рівнянням безперервної струї Бернулі та хімічними законами, а також методами системного підходу, які дозволили представити технологію ОСК у вигляді цілісної технологічної системи, всебічно її розглянути та деталізувати, визначити проблему раціонального функціонування системи, окремих її підсистем та елементів, встановити взаємозв'язки між ними в межах єдиної системи [91].

Для об'єктивного судження про ступінь вірогідності отриманих даних проводили математичну обробку результатів досліджень [92]. Оцінку похибки експериментальних даних здійснювали за методиками [93]. При зіставленні результатів експериментальних даних враховували стандартні помилки дослідів (коефіцієнти варіації). При цьому проводили не менш трьох паралельних дослідів, з яких знаходили середнє арифметичне і середнє квадратичне відхилення [94].

Обробку експериментальних даних, отриманих в межах двофакторного експерименту, здійснювали у Excel XP, проблемно-орієнтованому пакеті математичних обчислень Statistika; оптичне розпізнавання виконувалося за допомогою Fine Reader 8.0. [95]. Надійність отриманих результатів визначали шляхом розрахунку коефіцієнтів Стьюдента (t_{ST}) для прийнятого рівня залежності P = 0,05 і відповідного (n-1) числу ступенів свободи [96, 97].

Оскільки за температури t = 20° С значення густини олії соняшникової складає 926,0 $\frac{кг}{м^3}$, води – 998,0 $\frac{кг}{м^3}$, 2,0% водного розчину $CaCl_2$ – 1015,0 $\frac{кг}{м^3}$ [114], а етанолу − 789,0 $\frac{кг}{м^3}$, то одержання водно-спиртових розчинів Ca^{2+} густиною близькою до 926,0 $\frac{кг}{м^3}$ забезпечує ефективний гравітаційний перехід утвореної квазістабільної капсули у верхньому шарі олії соняшникової у нижній водно-

спиртового розчину Ca^{2+} двошарового прийомного середовища.

Для вивчення впливу факторів (концентрації компонентів) за густиною зразків нижнього водно-спиртового шару нами створено математичні моделі даних залежностей.

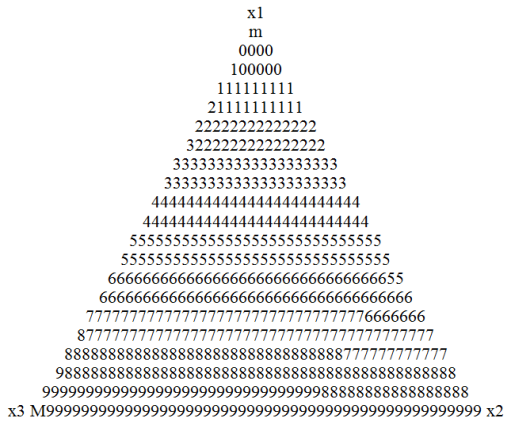
Досліджено вплив концентрації компонентів x_1, % – етанол; x_2, % – вода підготовлена; x_3, % – 2,0% водний розчин $CaCl_2$ за густиною з використанням симплекс-гратчастого планування Шеффе (рис. 2.4) та створено модель (2.15), за допомогою якої можна регулювати склад системи водно-спиртового середовища під час виробництва ОСК.

Експерименти дослідження водно-спиртового шару проведено відповідно до планів експериментів «склад − властивість». Виходячи з цього, задане значення густини водно-спиртового розчину Ca^{2+} повинно бути 926,0 $\frac{кг}{м^3}$. Результати дослідження наведено на рис. 2.4. Рівняння регресії має наступний вигляд:

$$y\,(x_1, x_2, x_3) = 789{,}0 \times x_1 + 998{,}0 \times x_2 + 1015{,}0 \times x_3 \approx 926{,}0 \text{ кг/м}^3, \qquad (2.15)$$

де x_1 – етанол; x_2 – вода дистильована; x_3 – 2,0% водний розчин хлориду кальцію.

Адекватність одержаного рівняння підтверджено за критерієм Фішера при рівні значущості 0,95.



x_1 – етанол;
x_2 – вода підготовлена;
x_3 – 2,0% водний розчин хлориду кальцію.

0 - відповідає інтервалу 789,0 : 811,6 кг/м^3
1 - відповідає інтервалу 811,6 : 834,2 кг/м^3
2 - відповідає інтервалу 834,2 : 856,8 кг/м^3
3 - відповідає інтервалу 856,8 : 879,4 кг/м^3
4 - відповідає інтервалу 879,4 : 902,0 кг/м^3
5 - відповідає інтервалу 902,0 : 924,6 кг/м^3
6 - відповідає інтервалу 924,6 : 947,2 кг/м^3
7 - відповідає інтервалу 947,2 : 969,8 кг/м^3
8 - відповідає інтервалу 969,8 : 992,4 кг/м^3
9 - відповідає інтервалу 992,4 : 1015,0 кг/м^3

Рис. 2.4. Діаграма залежності щільності *y* (x_1, x_2, x_3) водно-спиртового розчину Ca^{2+} від співвідношення рецептурних компонентів

У результаті дослідження визначено діапазон співвідношень компонентів водно-спиртового розчину Ca^{2+}, значення густини яких дорівнює значенню 926,0 $\frac{кг}{м^3}$. При цьому концентрація $CaCl_2$ водно-спиртового розчину Ca^{2+} може бути 1,0%, що забезпечує задані структурно-механічні властивості оболонки капсули.

З метою обґрунтування показника густини (ρ = 926,0 кг/м^3) водно-спиртового розчину Ca^{2+} двошарового прийомного середовища проведено фотомоніторинг модельних систем двошарового прийомного середовища під впливом різних концентрацій етанолу (рис. 2.5). Підтверджено, що зі збільшенням об'ємної концентрації етанолу система обертається за розташуванням фаз, що унеможливлює технологічний процес.

Рис. 2.5. Фронтальний та горизонтальний фотомоніторинг модельних систем двошарового прийомного середовища за різних концентрацій етанолу, (t = 20° С), об.%: 1–40,0; 2−42,0; 3−44,0; 4−46,0 відповідно

На підставі результатів дослідження густини розчинів рецептурних компонентів у водно-спиртового розчині Ca^{2+} з концентрацією $CaCl_2$ 1,0%, розроблено та обґрунтовано рецептурний склад водно-спиртового шару у складі

двошарового прийомного середовища, який забезпечує протікання процесу капсулоутворення у повному обсязі (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Рецептурний компонентний склад водно-спиртового розчину Ca^{2+} за густиною розчину 926,0 ± 0,05 $\frac{кг}{м^3}$

Найменування рецептурного компонента	**Рецептурний склад суміші, об.%**	
	№ 1 (max концентрація етанолу за C_{CaCl2} = 1,0%	**№ 2 (min концентрація етанолу за C_{CaCl2} = 1,0%**
Етанол	40,0	37,5
Вода підготовлена	59,0	61,5
$CaCl_2$	1,0	1,0

Таким чином експериментальні дослідження (табл. 2.3) дозволяють забезпечити реалізацію умов (рис. 2.3в, г) і забезпечити стабільність капсулоутворення.

2.3.2. Визначення закономірностей формування міжфазового натягу

Визначення впливу параметрів технологічного процесу та складу модельної системи «олія соняшникова – вода» двошарового прийомного середовища на міжфазовий натяг (σ) носить експериментальний характер. З точки зору забезпечення сталості технологічного процесу важливим було обґрунтування концентрацій, параметрів технології, дослідження фізико-хімічних властивостей двошарового прийомного середовища.

Застосовано аналітичні, математичні та прикладні методи досліджень встановлення закономірностей зміни міжфазового натягу (σ, мН/м) сталагмометричним методом по об’єму краплі залежно від концентрації кожного компоненту рецептурного складу за діапазону температури t = 18…40° С, що впливає на фізико-хімічні властивості двошарового прийомного середовища.

Установка, на якій виконано вимірювання, схематично зображена на рис. 2.6. Сталагмометр складається зі склянки з впаяним капіляром діаметром d = 1,5…2,0 мм, сполученим з’єднувальним гумовим шлангом з

мікробюреткою. Капіляр має горизонтальний відшліфований зріз, діаметр мікробюретки складає d = 5 мм.

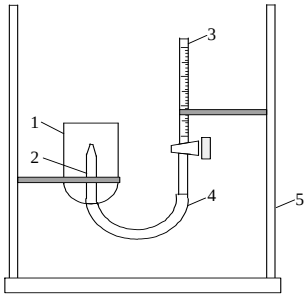


Рис. 2.6. Сталагмометрична установка: 1 – склянка (для вимірювального розчину більшого за густиною); 2 – капіляр; 3 – мікробюретка; 4 – з'єднувальний шланг; 5 – штатив

Перед вимірюванням проведено калібрування приладу, яке включає в себе визначення константи приладу по рідинам з відомим міжфазовим міжфазовим натягом.

$$K = \frac{\sigma_{ц/в}}{V \cdot (\rho_в - \rho_ц)}, \qquad (2.16)$$

де $\sigma_{ц/в}$ – міжфазовий натяг (циклогексан/вода) 50,9 мН/м;

V – об'єм однієї краплі;

$\rho_в$ – густина води дистильованої за температури 20° С;

$\rho_ц$ – густина циклогексану за температури 20° С.

Для проведення вимірювання готували серію розчинів за різної концентрації дослідної системи. Подальші вимірювання проводили наступним чином: мікробюретку, з'єднувальний шланг і капіляр заповнювали дослідною рідиною меншою за густиною (олія). Склянку заповнювали речовиною більшою за густиною (водні розчини) на 3/4 об'єму, стежачи за тим, щоб вода не

потрапляла в капіляр. Відкривали кран мікробюретки і вимірювали об'єм 10 крапель дослідної рідини.

Фізичний механізм утворення краплі та її відривання від капіляра пояснюється мимовільним накопиченням на границі розділу фаз молекул поверхнево-активної речовини, що призводить до зниження міжфазового натягу. Це пояснюється тим, що на межі розділу фаз молекули поверхнево-активної речовини, яка має дифільну будову, завжди орієнтуються так, щоб їх взаємодія з двома середовищами призводила до максимального виділення енергії – полярні групи залишаються в полярній рідині, а неполярний радикал звертається до неполярної фази. Міжфазовий натяг двох рідин визначали за формулою:

$$\sigma = K \cdot V \cdot (\rho_1 - \rho_2), \qquad (2.17)$$

де σ – міжфазовий натяг системи, що досліджувався, мН/м;

V – об'єм однієї краплі;

ρ_1 – густина водних розчинів за певної температури;

ρ_2 – густина олії соняшникової за певної температури вимірювання.

На рис. 2.7 наведено результати зміни міжфазового натягу залежно від концентрації $CaCl_2$ (C_{CaCl2} = 0,5…2,5%) за різних значень температур, причому найменше значення концентрації $CaCl_2$ обрано відповідно до чутливості гелеутворення та тривалості процесу, а верхнє – за органолептичною відповідністю.

З даних рис. 2.7 видно, що зі збільшенням концентрації $CaCl_2$ від 0,5 до 2,5% за дискретних значень температур t = 20ºC та t = 40ºC не спостерігається достовірна зміна значень міжфазового натягу, тобто властивості МАШ двошарового прийомного середовища практично не змінюються. Одночасно встановлено, що за умови $V_1 > V_2$ (2.6) у дослідному інтервалі концентрація солі достовірно не впливає на інтенсивність «золь – гель» переходу AlgNa.

Після органолептичного тестування визначено, що раціональна концентрація $CaCl_2$ у системі складає C_{CaCl2} = 1,0 ± 0,05%, яка забезпечує

капсулювання у безперервному технологічному потоці на протязі τ = 13…15 с та інтенсивності капсулювання 3…5 шт./с.

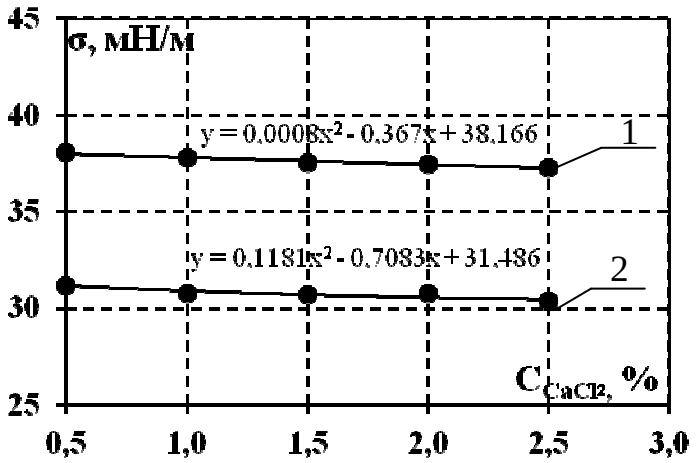


Рис. 2.7. Залежність міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водний розчин іонів Ca^{2+}» від концентрації $CaCl_2$ за температури 1, 2–20, 40° С відповідно

З рис. 2.7 видно, що за температури t = 40° С міжфазовий натяг менший, ніж за t = 20° С, що вірогідно пов'язано з падінням густини рідин.

Встановлено закономірності впливу концентрації етанолу на міжфазовий натяг, що наведено на рис. 2.8.

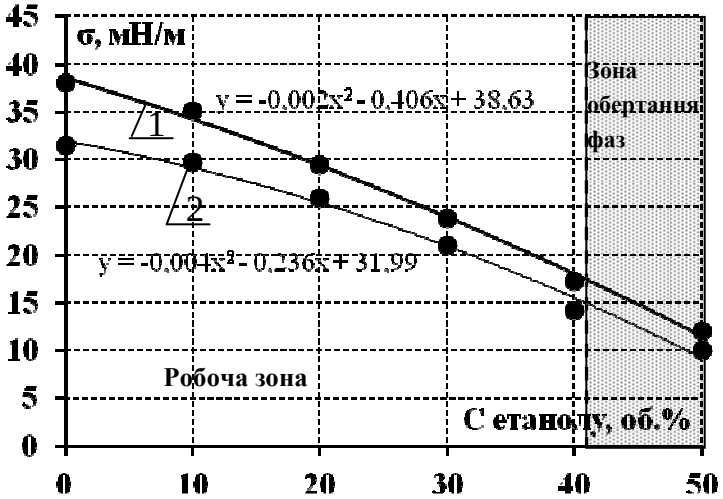


Рис. 2.8. Залежність значень міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» від концентрації етанолу (об.%) за температури 1, 2–20, 40° С відповідно

Спадаючий характер кривих, (рис. 2.8) пояснюється, вірогідно, здатністю етанолу у технологічній суміші знижувати поверхневий натяг системи відносно води.

Встановлено, що за граничної концентрації етанолу $C_{ет}$ = 40,0 об.% технологічно не забезпечується перетин міжфазового шару квазістабільними капсулами зі співвідношенням оболонки та внутрішнього умісту капсули як 10…30 : 90…70 та спостерігається «зависання» квазістабільних капсул на межі поділу фаз. Але, оскільки значення міжфазового натягу за температури t = 20º С та t = 40º С (рис. 2.8) є мінімальним $\sigma = f(C_{ет})$ в інтервалі $1,0 < C_{ет} < 40,0$ об.%, то прийнято рішення подальшого обґрунтування складу двошарового прийомного середовища з використанням ПАР.

Згідно з теоретичними дослідженнями (підрозділ 2.2), в основу технології покладено багаторівневе кероване регулювання значень міжфазових шарів шляхом використання ПАР, що може досягнуто наступним шляхом:

а) введенням ПАР в одну із фаз двошарового прийомного середовища за ознакою її спорідненості;

б) одночасним введенням ПАР в обидві фази;

в) забезпеченням зростання питомої густини оболонки AlgNa третіми речовинами, які хімічно інертні (і) та відповідають умові $\rho_i > \rho_{AlgNa}$. Запропоновано використання у якості третьої речовини сахарози у формі цукру білого. Значення густини розчинів альгінових сиропів за різних концентрацій сахарози наведено у додатку Б;

г) одночасним застосуванням факторів рис. 2.3а–г.

Механізм використання ПАР побудований на забезпеченні зменшення вільної енергії Гіббса на границі розділу фаз переходу капсул через межу фаз системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}».

Вибір ПАР та її концентрації для формування міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» базується на її властивостях, значеннях гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ), виду та концентрації третьої речовини, що знаходиться в одній з фаз системи. Для

реалізації задуму досліджено неіоногенні (Е471, Е432) та амфотерний ПАР (Е322) з різною величиною гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Характеристика ПАР для двошарового прийомного середовища технології ОСК

Найменування ПАР	**ГЛБ**	**Тип ПАР**	**Характеристика за розчинністю**	**Здатність до міцелоутворення та тип міцел у розчиннику**
Е471 моно- і дигліцериди вищих карбонових кислот	3...4	неіоноген-ний	жиророзчинний, спирторозчинний, диспергується у воді	зворотні міцели; міцели
Е322 лецитин	3…4	амфотерний	жиророзчинний	зворотні міцели; міцели
Е432 поліоксиетилен-сорбітанмонолаурат	16,7	не іоноген-ний	жиророзчинний, водорозчинний, спирторозчинний	зворотні міцели; міцели

На рис. 2.9–2.11 наведено графічні закономірності впливу Е432, Е471, Е322 на значення міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}», за обґрунтованих концентрацій визначено, що усі обрані ПАР знижують значення σ, але із характерною для кожного інтенсивністю.

Так, використання Е432 сприяє зниженню міжфазового натягу системи з 17,31 мН/м до 4,62 мН/м (рис. 2.9.) за температури t = 20º С та з 14,13 мН/м до 3,92 мН/м за температури t = 40º С. Видно, що додавання ПАР Е432 у концентрації 0,1 □ С Е432 □ 0,5% характер кривих свідчить про зону насичення поверхні розділу молекулами ПАР. Подальше збільшення концентрації призводить до виникнення критичних концентрацій, результатом чого, вірогідно, є міцелоутворення ПАР у середині розчинника.

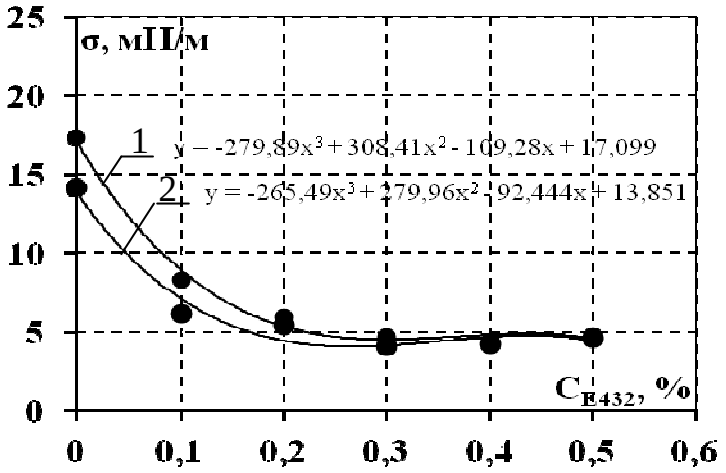


Рис. 2.9. Залежність значень міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» ($C_{ет}$ = 40об.%, C_{CaCl2} = 1,0%) від концентрації Е432 за температури 1, 2–20, 40° С відповідно

Встановлено, що введення у водно-спиртовий розчин Ca^{2+} моно- і дигліцеридів вищих карбонових кислот (Е471) у концентрації від 0,1 до 0,5% не знижує міжфазовий натяг (рис. 2.10) в системі, і є очевидним, що цей ПАР не сприятиме стабільному процесу капсулоутворення.

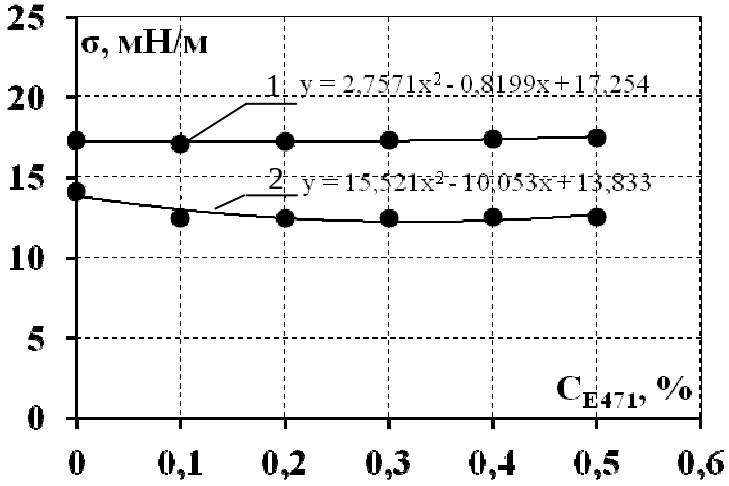


Рис. 2.10. Залежність значень міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» ($C_{ет}$ = 40 об.%, C_{CaCl2} = 1,0%) від концентрації Е471 за температур 1, 2–20, 40° С відповідно

На рис. 2.11 наведені експериментальні дані впливу лецитину на формування МАШ. На відміну від Е432, характер кривих з Е322 носить виражену концентраційну залежність і, в інтервалі концентрацій до 0,4%, спостерігається монотонний спад значень міжфазового натягу, що обумовлено накопиченням молекул ПАР внаслідок компенсації енергії двох різних за природою рідин. Подальше зростання концентрацій не є доцільним, оскільки ефект присутності ПАР не є вираженим. Дуже цікавою є інформація про одночасне використання двох та більше видів ПАР в різних розчинниках. У цьому випадку може проявлятися ефект синергізму, результатом якого може бути як зниження концентрацій ПАР, так й одержання інших технологічних ефектів.

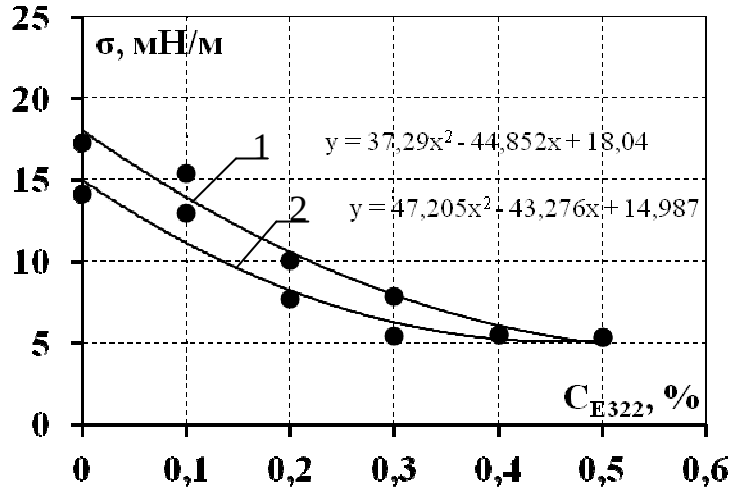


Рис. 2.11. Залежність значень міжфазового натягу системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» ($C_{ет}$ = 40 об.%, C_{CaCl2} = 1,0%) від концентрації Е322 за температур 1, 2–20, 40° С відповідно

Експериментально визначено, що використання ПАР Е432 та Е322 в обґрунтованих концентраціях забезпечує стабільність технологічного процесу.

Таким чином, можна констатувати, що варіюванням складом системи за рахунок вмісту етанолу та використання ПАР Е432 (ГЛБ 16,7) C_{E432} = 0,3% або лецитину Е322 (C_{E322} = 0,4%) досягається виконання умови (2.13) та функціонування моделі (рис. 2.3.г) коли $\sigma_{МАШ}$ □ $\sigma_{кр.і}$ максимальна компенсація

енергії МАШ двошарового прийомного середовища нижче значення міжфазового натягу, забезпечують стабільний технологічний процес формування, утворення ОСК та відповідає технологічним вимогам до процесу.

Для одержання ОСК із заданою формою, високими органолептичними показниками якості необхідно використовувати ПАР. Такі системи потребують наукового обґрунтування природи ПАР та їх концентрацій. Міжфазовий натяг двошарового прийомного середовища залежить від природи розчинника та розчиненої речовини. Для дослідження властивостей міжфазного шару нами змодельовані умови виникнення МАШ за різного складу фаз. Властивості МАШ корегувалися складом системи. Першим шаром нами було обрано олію соняшникову, в якій розчинено ПАР, значення ГЛБ якого значно знижує поверхневий натяг олії соняшникової та приближується до значення поверхневого натягу водно-спиртового розчину Ca^{2+}.

Визначення залежності міжфазного натягу двошарового прийомного середовища можна представити у вигляді системи «олія соняшникова − водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» від концентрації ПАР з метою обґрунтування раціонального виду ПАР у рецептурному складі двошарового прийомного середовища. У табл. 2.5 наведені узагальнені дані результати досліджень значень МАШ за концентрації C_{CaCl2} =1,0%, C_{AlgNa} = 1,0% та різного складу прийомного середовища, визначені раціональні системи, які можуть бути реалізовані у технологічному процесі.

Таблиця 2.5

Результати дослідження МАШ за різних складів фаз за температури t = 20° С

Найменування фази	**$C_{ПАР}$, % на фазу / ГЛБ**	**$C_{ет}$, %**	**Величина σ МАШ, м/Нм**
1	2	3	4
Олія соняшникова − вода	−	0,0	38,125
Олія соняшникова – вода підготовлена − етанол	−	0,0	38,125
	−	10,0	35,141
	−	20,0	29,443
	−	30,0	23,890
	−	40,0	17,317

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
Олія соняшникова (Е322) – вода підготовлена − етанол	0,0 / ГЛБ 3…4	40,0	17,317
Олія соняшникова – вода підготовлена (Е432) − етанол	0,0 / ГЛБ 16,7	40,0	17,317
	0,1 / ГЛБ 16,7	40,0	8,274
	0,2 / ГЛБ 16,7	40,0	5,969
	0,3 / ГЛБ 16,7	40,0	4,665*
	0,4 / ГЛБ 16,7	40,0	4,359*
	0,5 / ГЛБ 16,7	40,0	4,747*
Олія соняшникова – вода підготовлена (Е471) − етанол	0,0 / ГЛБ 3…4	40,0	17,317
	0,1 / ГЛБ 3…4	40,0	17,081
	0,2 / ГЛБ 3…4	40,0	17,215
	0,3 / ГЛБ 3…4	40,0	17,300
	0,4 / ГЛБ 3…4	40,0	17,400
	0,5 / ГЛБ 3…4	40,0	17,500
Олія соняшникова (Е322) – вода підготовлена (Е432) − етанол	0,0 / ГЛБ 3…4 − 0,0 / ГЛБ 16,7	40,0	17,317
	0,1 / ГЛБ 3…4 − 0,1 / ГЛБ 16,7	40,0	4,672*
	0,2 / ГЛБ 3…4 − 0,2 / ГЛБ 16,7	40,0	4,698
	0,3 / ГЛБ 3…4 − 0,3 / ГЛБ 16,7	40,0	5,765
	0,40 / ГЛБ 3…4 − 0,4 / ГЛБ 16,7	40,0	5,775
	0,5 / ГЛБ 3…4 − 0,5 / ГЛБ 16,7	40,0	6,326

УЗ* − водний розчин Е322, модифікований у полі ультразвукових хвиль

* – раціональні значення, які рекомендуються до використання

Як результат перевірки на адекватність функціонування системи у технології ОЖСК обрано систему: $C_{ет}$ = 37,5…40,0 об.%; C_{CaCl2} = 1,0 ± 0,5%; C_{E432} = 0,3%.

Оскільки у технологічному процесі одержання ОСК важливою умовою є сталість властивостей двошарового прийомного середовища, що забезпечує задані властивості кінцевого продукту, то важливим було встановлення закономірностей та динаміки зміни складу водно-спиртового розчину Ca^{2+} під час потрапляння до його середовища олії соняшникової, яка проникає туди за рахунок вираженого ефекту «гравітаційної тіні» (рис. 2.3г) під час проходження капсул через середовище. Встановлено, що під час проходження капсул крізь водно-спиртовий розчин Ca^{2+} олія соняшникова зривається з їх поверхонь і, за рахунок різниці густини, утворює протиток капсулам, мігруючи до поверхні розділу фаз. При цьому, чітко спостерігаються два ефекти – емульгування олії соняшникової у водно-спиртовому розчині Ca^{2+}, що інтенсифікується присутністю ПАР, та виникнення з часом міжфазової зони, яка, за своєю сутністю, є грубодисперсною прямою емульсією. Ці ефекти змінюють склад, умови капсулювання та ефективність технологічного процесу.

Для вивчення впливу олійної фази на властивості водно-спиртового розчину Ca^{2+} розроблено експериментальну установку (рис. 2.12).

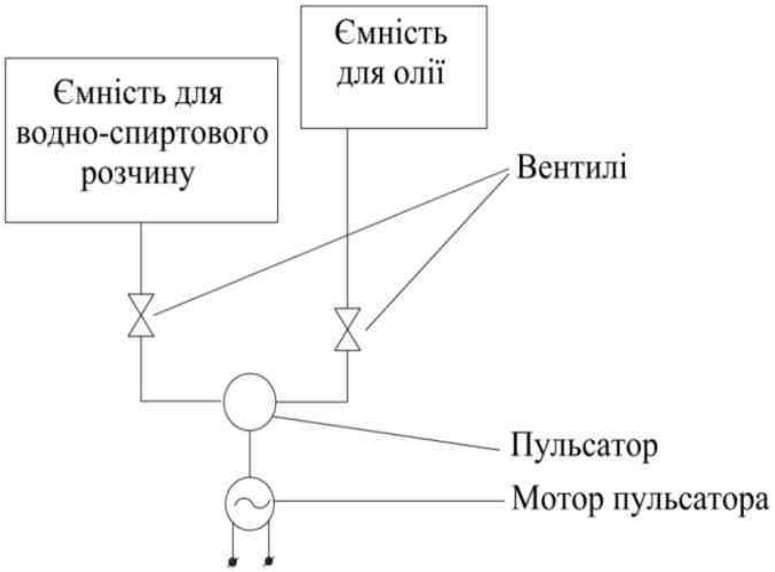


Рис. 2.12. Експериментальна установка для вивчення впливу олійної фази на властивості водно-спиртового розчину Ca^{2+}

Принцип дії експериментальної установки полягає у наступному: за відкритих вентилів олія соняшникова у крапельному режимі знизу-вверх подається у ємність із водно-спиртовим розчином Ca^{2+}, при цьому піднімання олії соняшникової імітує її відрив від поверхні капсул під час занурення.

Коефіцієнт мутності водно-спиртового розчину Ca^{2+} визначали на колориметрі фотоелектричному концентраційному КФК-2 [115] шляхом вимірювання відношення повного світлового потоку (F_0^{λ}) та світлового потоку, що пройшов через середовище (F^{λ}). Коефіцієнт мутності (T) розраховували за формулою

$$T = \frac{F^{\lambda}}{F_0^{\lambda}} \cdot 100\%. \qquad (2.18)$$

На рис. 2.13 наведено динаміку мутності модельних систем за різних умов та співвідношень системи «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}». З графіку 2.12 видно, що зміна співвідношення у системі за присутності різних видів ПАР впливає на показники мутності водно-спиртового розчину Ca^{2+}.

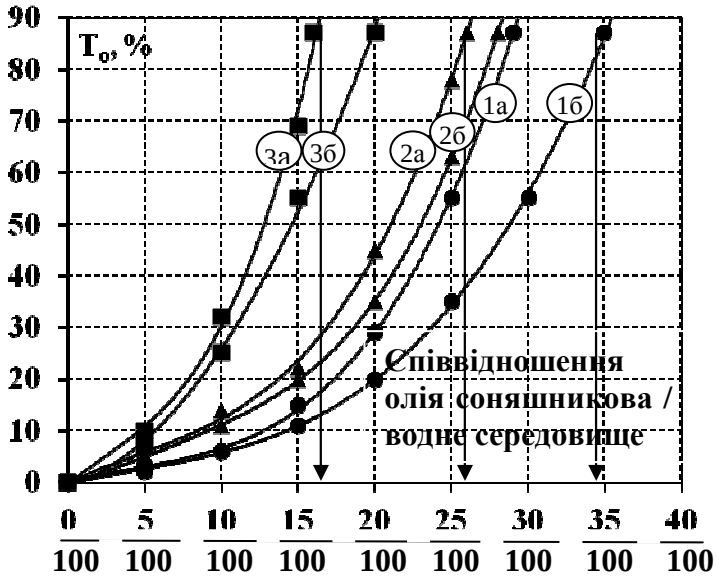


Рис. 2.13. Залежність мутності водно-спиртового розчину Ca^{2+} від співвідношення системи «олія соняшникова : водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» за крапельного пропускання олії соняшникової за температури 20° С (а) та 40° С (б): 1 – без ПАР; 2 – за наявності 0,4% Е322; 3 − за наявності 0,3% Е432

Аналіз даних рис. 2.13 свідчить, що за умов капсулювання через олійне середовище змінюється склад водно-спиртового розчину Ca^{2+} , який збагачується залишками оліжирового вмісту капсул, які за цих обставин (до 3,0%), руйнуються в технологічному потоці. Додавання ПАР до складу двошарового прийомного середовища суттєво інтенсифікує процеси перемішування полярних фаз прийомного середовища. Так, для систем без ПАР мутність становить близько 80,0% за співвідношення 35,0 г пропущеної олії на 100,0 г водно-спиртового розчину Ca^{2+} (t = 40º С) та 28,0 ± 2,0 г частини олії соняшникової за температури 20º С. Використання Е322 дозволяє досягти такого ефекту за умови проходження 27,0 ± 3,0 г частини олії соняшникової, а Е432 – за 16,0 ± 2,0 г олії соняшникової відповідно. Є зрозумілим, що для побудови промислового технологічного потоку необхідно передбачити додаткові технологічні заходи по регенерації двошарового прийомного середовища.

Визначено кількісні характеристики накопичення олійної фази у водно-спиртовому розчині Ca^{2+}, де максимальні значення пов’язані з мутністю більшою 80,0% (рис. 2.14).

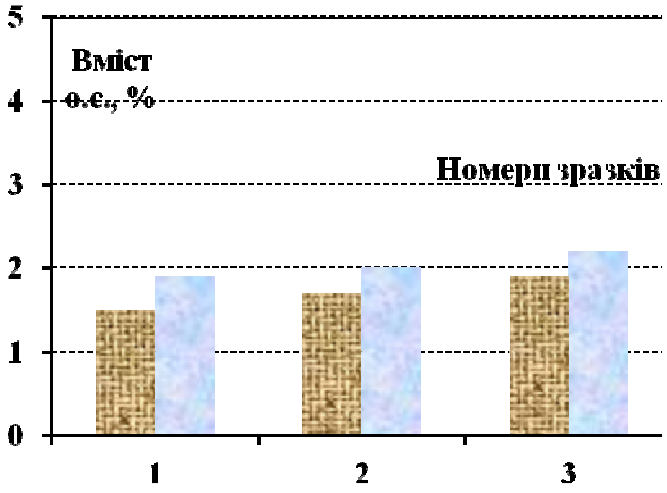


Рис. 2.14. Діаграма накопичення олії соняшникової (о.с.) (а – за t = 20ºС, б − за t = 40º С у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} двошарового прийомного середовища (T_o % ≈ 80,0%): 1 – без ПАР; 2 – Е322; 3 – Е432 відповідно

Видно, що за всіх технологічних умов водна фаза може накопичувати 1,5…2,2% олії у емульсованому стані. При цьому однакові значення величин мутності можуть свідчити лише про створення емульсії з різною дисперсністю. За наявності ПАР вірогідно утворюється високодисперсна емульсія у середовищі в порівнянні з більш грубими емульсіями без ПАР, чим і пояснюється однакові значення мутності. За цих умов втрачається візуальний контроль технологічного процесу, що диктує необхідність або заміни двошарового прийомного середовища, або прийняття додаткових заходів по його очищенню.

Таким чином, для реалізації інноваційного задуму розроблено технологію двошарового прийомного середовища з урахуванням властивостей сировини, що входить до його рецептурного складу: для верхнього шару двошарового прийомного середовища обрано олію соняшникову, для нижнього − «водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» за C_{CaCl2} = 1,0 ± 0,05%, $C_{ет}$ = 37,5…40,0 об.%, та C_{E432} = 0,3%. Нашарування двох шарів – верхнього та нижнього виконується у співвідношенні як 15:85. Технологія «двошарового прийомного середовища» технології ОСК має чинний стан за температури t = 30,0 ± 10,0º С та може проходити в інтервалі температур t = 20…40º С.

2.4. Обґрунтування складу оболонок капсул

Функціонування системи «технологія ОСК у двошаровому прийомному середовищі» визначається послідовною взаємодією елементів «капсули → двошарове прийомне середовище». Оскільки формування властивостей «двошарове прийомне середовище» (підрозділ 2.2) підпорядковане реалізації обґрунтованих технологічних прийомів та параметрів, то цілком доцільно є їх логічна координація з технологічними параметрами самої капсули та властивостями технологічних сумішей, що їх утворюють. Основною технологічною сумішшю, що утворює стінки капсули, є розчин AlgNa. З точки

зору гравітаційного проникнення у прийомне середовище, масові співвідношення фази олії соняшникової та фази водного розчину AlgNa будуть визначати загальну величину густини капсули ($\rho_к$), яка буде визначатися за формулою

$$\rho_к = \frac{\rho_{о.с.} \cdot V_{о.с.} + \rho_{ст.} \cdot V_{ст.}}{V_к}, \qquad (2.19)$$

де $\rho_к$, $\rho_{о.с.}$, $\rho_{ст.}$ – густина капсули, олії соняшникової, стінки;
$V_{о.с.}$, $V_{ст.}$, $V_к$ – об'єм олії соняшникової, стінки, капсули.

Густина стінки капсули є складною величиною та розраховується як

$$\rho_{об.} - \frac{1}{2}(\rho_{в} + \rho_{AlgNa}). \qquad (2.20)$$

Тоді:
$$\rho_к = \frac{\rho_{о.с.} \cdot V_{о.с.} + \frac{1}{2}(\rho_{в} + \rho_{AlgNa}) \cdot V_{ст.}}{V_к}, \qquad (2.18)$$

де $\rho_к$, $\rho_{о.с.}$, $\rho_в$ – густина капсули, олії соняшникової, води;
$V_{о.с.}$, $V_{ст.}$, $V_к$ – об'єм олії соняшникової, стінки, капсули.

З аналізу виразу (2.21) є очевидним, що прогнозоване значення $\rho_к$ буде відповідати наступній умові:

$$\rho_{о.с} \Big|_{V_{ст.}=0} \leq \rho_к \leq \rho_{ст.} \Big|_{V_{о.с.}=0}. \qquad (2.22)$$

Крайні значення нерівності (2.22) є неможливими, оскільки за цих умов існування форми капсули не є можливим за фізичною сутністю, а за V = 0

крапля AlgNa набуває стану гранули, що суперечить інноваційному задуму. Тоді є зрозумілим, що значення $\rho_к$ за фізичною сутністю буде

$$926{,}0 \text{ кг/м}^3 \leq \rho_к \approx 998{,}23 \text{ кг/м}^3. \quad (2.23)$$

За таких умов перетин межу фаз «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» двошарового прийомного середовища можливий лише тільки за наявності ефективної ПАР, оскільки сила міжфазового натягу за рівних значень густини фаз двошарового прийомного середовища унеможливлює занурення квазістабільної капсули (рис. 2.3) із олії соняшникової у водну фазу прийомного середовища.

Було очевидним, що доцільним є збільшення $\rho_к$, що можливе залученням до технологічного процесу додаткової третьої речовини зі значенням $\rho >> \rho_к$, яка повинна бути введена в одну із фаз капсули. Досліджено можливість використання у технології приготування розчину AlgNa цукру білого ($\rho_{\text{цукру білого}}$ = 1580,0 $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$) [126], який здатен утворювати у воді молекулярний розчин, не змінюючи при цьому хімічний потенціал AlgNa.

Очевидно, що факторами впливу на густину капсули були також концентрації AlgNa, цукру білого та співвідношення фаз «стінка капсули/олія соняшникова».

Було передбачено, що гравітаційний перехід капсули в зону формування через міжфазовий шар «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» можливий за рахунок збільшення маси капсули як регулятора зростання $\rho_к$, що може бути досягнуто введенням до складу оболонки третіх речовин, зокрема, цукру білого. Згідно даних табл. 2.6 $\rho_{\text{розчин AlgNa}} = f(C_{\text{цукру білого}})$ такий шлях є перспективним з точки зору гравітаційних процесів, оскільки густина в інтервалі концентрації $0{,}01\% < C_{\text{цукру білого}} < 40{,}0\%$ зростає в 1,23 разів.

Таблиця 2.6

Залежність густини розчинів AlgNa від концентрації цукру білого за температури t = 20° С

$C_{цукру\ білого}$ **у водному 1,0% розчині AlgNa, %**	$\rho_{розчин\ AlgNa}$, **кг/м^3**	$\Delta\rho = \rho_{розчин\ AlgNa} - \rho_{о.с.}$ **кг/м^3**
0,01	997,0	71,0 ± 0,1
5,0	1019,0	93,0 ± 0,2
10,0	1038,0	112,0 ± 0,5
15,0	1054,0	128,0 ± 0,5
20,0	1080,0	154,0 ± 1,0
25,0	1104,0	178,0 ± 1,5
30,0	1126,0	200,0 ± 1,5
35,0	1148,0	222,0 ± 2,0
40,0	1176,0	250,0 ± 2,0

Таблиця 2.7

Залежність густини водних розчинів від концентрації AlgNa за температури t = 20° С

C_{AlgNa} **у водному розчині, %**	$\rho_{розчин\ AlgNa} \times 10^{-3}$, **кг/м^3**
0,0	998,07
0,1	998,17
0,2	998,27
0,3	998,37
0,4	998,47
0,5	998,57
0,6	998,67
0,7	998,77
0,8	998,87
0,9	998,97
1,0	999,07
1,1	999,17

Густина капсули залежить від густини окремих видів сировини, що є учасниками капсулоутворення, та їх масової концентрації (мас.%). Для обґрунтування доцільності введення цукру білого до складу оболонки капсули математично розраховано густину капсули від мас.% за концентрації цукру білого 0,01…40,0% та температури t = 20° С (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Залежність густини квазістабільної ОСК від співвідношення фаз капсули за $C_{цукру\ білого}$ 5,0 – 40,0% (мас.% оболонки AlgNa f ($c_{цукру\ білого}$) / мас.% внутрішньої складової капсули) за температури t = 20° С

Співвідношення фаз наповнення капсули – AlgNa / олії	ρ квазістабільних ОСК, кг/м^3								
	$C_{цукру\ білого}$ 0,0%	$C_{цукру\ білого}$ 5,0%	$C_{цукру\ білого}$ 10,0%	$C_{цукру\ білого}$ 15,0%	$C_{цукру\ білого}$ 20,0%	$C_{цукру\ білого}$ 25,0%	$C_{цукру\ білого}$ 30,0%	$C_{цукру\ білого}$ 35,0%	$C_{цукру\ білого}$ 40,0%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 / 95	929,6*	930,6	931,6	932,4	933,7	934,9	936,0	937,1	938,5
10 / 90	933,2	935,3	937,2	938,8	941,4	943,8	946,0	948,2	951,0
15 / 85	936,8	939,9	942,8	945,2	949,1	952,7	956,0	959,3	963,5
20 / 80	940,4	944,6	948,4	951,6	956,8	961,6	966,0	970,4	976,0
25 / 75	944,0	949,2	954,0	958,0	964,5	970,5	976,0	981,5	988,5
30 / 70	947,6	953,9	959,6	964,4	972,2	979,4	986,0	992,6	1001,0
35 / 65	951,2	958,5	965,2	970,8	979,9	988,3	996,0	1003,7	1013,5
40 / 60	954,8	963,2	970,8	977,2	987,6	997,2	1006,0	1014,8	1026
45 / 55	958,4	967,8	976,4	983,6	995,3	1006,1	1016,0	1025,9	1038,5
50 / 50	962,0	972,5	982,0	990,0	1003,0	1015,0	1026,0	1037,0	1051,0

* – нераціональні значення густини

Із наведених даних було очевидним, що найбільш ефективним параметром зміни густини капсули є збільшення концентрації цукру білого, оскільки суттєве збільшення C_{AlgNa} неможливо внаслідок експонціального зростання в’язкості [106], та, як наслідок, проведення екструзії, а регулювання властивостей співвідношенням фаз (табл. 2.8, колонка 1) капсулювання обмежується показниками органолептичної оцінки. Припущення про можливість використання цукру білого підтверджувалось також можливістю дифузійного збіднення стінок від цукру білого під час промивання (витримування) сформованих капсул у воді, підготовленій протягом обґрунтованого часу, що викликає в подальшому відповідних досліджень.

2.5. Дослідження впливу цукру білого в складі оболонок капсули на їх фізико-хімічні та структурно-механічні властивості

Технологія ОСК реалізується взаємодією хімічних потенціалів системи, тому введення цукру білого, додавання якого до розчину змінює його молекулярний склад, може суттєво змінювати структурно-механічні властивості кінцевої сітки гелю стінок капсули.

Структурно-механічні властивості гелів Alg_2Ca (модуль миттєвої пружності ($E_{пр} \times 10^{-3}$, Па), модуль еластичності ($E_{ел} \times 10^{-3}$, Па), модуль піддатливості ($\varepsilon \times 10^{-3}$, Па)) визначали за допомогою модифікованих вагів Каргіна-Соголової шляхом вивчення деформації стиснення структурованих систем під дією пуансона за сталого напруження [107]. Математико-статистичну обробку результатів реологічних досліджень здійснювали автоматично за допомогою програмного пакета [107].

Міцність оболонок ОСК досліджували в умовах одноосного стиснення на модифікованих вагах Каргіна-Соголової шляхом вивчення зусилля руйнування (ЗР). ЗР визначали як значення дії граничного напруження на зразок, яке спричиняє роздавлювання зразка. Для цього дослідний зразок поміщали на платформу, положення якої регулювали до приведення зразка та пуансону у дотичний стан, розважували ваги та фіксували граничне значення маси вантажу, що призводить до роздавлювання зразка. ЗР визначали за формулою

$$ЗР = \frac{4 \cdot m \cdot g}{\pi \cdot d^2}, \qquad (2.24)$$

де $ЗР$ – зусилля руйнування, Па;
m – маса вантажу, кг;
g – прискорення вільного падіння, м/с^2;
d – діаметр зразка, м.

Наявність у технологічній системі регулятора густини (цукор білий) у вигляді молекулярних дисперсій не впливає на хімічний потенціал системи в цілому. За цих умов властивості гелів Alg_2Ca будуть обумовлені властивостями

третьої речовини у розчині (рис. 2.15, 2.16).

Але «розбавлення» системи «AlgNa – вода» цукром білим могло призвести до зміни як органолептичних показників за показниками смаку та пружності гелів оболонки при рівних умовах, так і змінити інтенсивність та закономірності гелеутворення. Тому постало завдання визначення закономірностей формування пружних властивостей оболонки за постійного умісту в системі AlgNa, але за різного вмісту цукру білого. Склад системи для дослідження наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Кількісний склад модельних систем «вода – AlgNa – цукор білий»

№ з/п зразка	C, %		Частка води, %	Всього, %
	AlgNa / цукор білий (до води), % − (рис. 2.28 а)	AlgNa / вода, % − (рис. 2.28 б)		
1 (контроль)	1,0* / 0,0	1,0 / 99,0	99,0	100,0
2	1,1* / 10,0	1,1 / 88,9	88,9	100,0
3	1,2* / 20,0	1,2 / 78,8	78,8	100,0
4	1,3* / 30,0	1,3 / 68,7	68,7	100,0
5	1,4* / 40,0	1,4 / 58,6	58,6	100,0

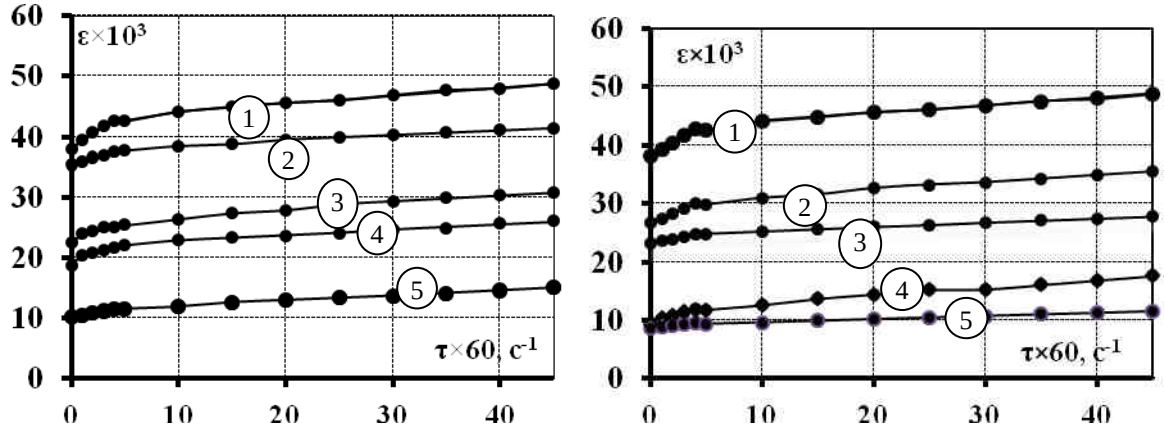
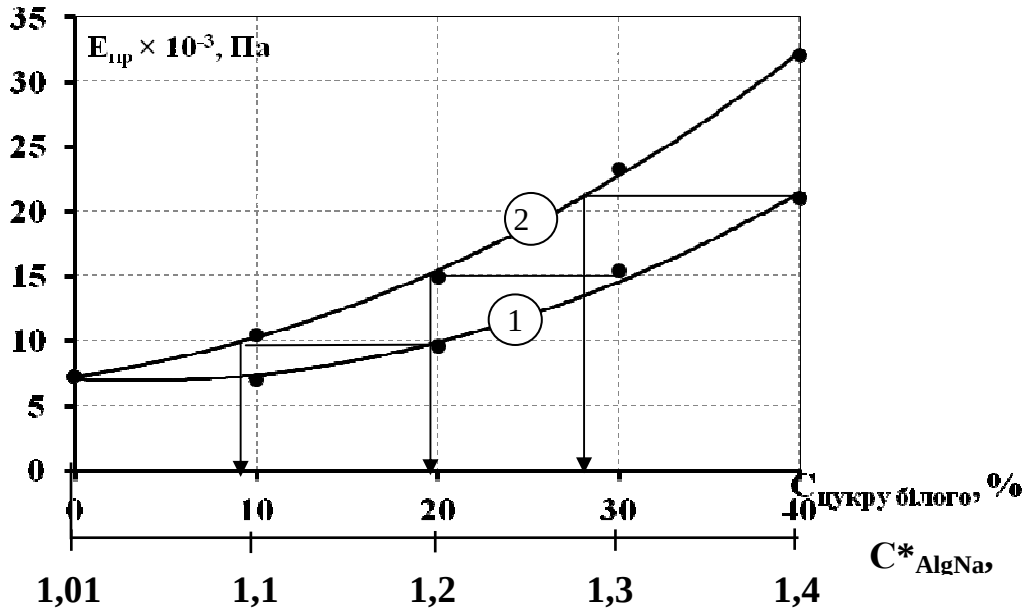


Рис. 2.15. Динаміка піддатливості модельних систем на основі AlgNa (концентрація іонів Ca^{2+} 0,048%): а) системи «вода – AlgNa 1,0% – цукор білий» від $C_{цукру\ білого}$, %: 1, 2, 3, 4, 5 – 0,0 (контроль); 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 відповідно; б) системи «вода – AlgNa 1,0%» від C^*_{AlgNa}, %: 1, 2, 3, 4, 5 – 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 відповідно

Оскільки введення цукру білого штучно призводить до відносного зростання концентрації AlgNa у розчиннику системи, то для визначення впливу цукру білого на властивості гелів було створено модельні системи без цукру білого з підвищеним вмістом AlgNa за приведеної величини, концентрація якої відповідала системі з цукром білим (табл. 2.9) і дозволяла співставити реологічні значення структурованих систем за еквімолекулярних співвідношень по AlgNa.

Порівняльне співставлення модулів миттєвої пружності модельних систем «вода – AlgNa – цукор білий» – крива 1, «вода – AlgNa» – крива 2 (рис. 2.16) підтвердило наростання пружних властивостей зі збільшенням концентрації AlgNa по відношенню до води та формування більш жорсткого гелю (крива 1, рис. 2.16) зі збільшенням цукру білого. При цьому важливим є концентрація сухих речовин, а саме цукру білого, у рецептурному розчині AlgNa. Модельні гелі Alg_2Ca з концентрацією 20,0…40,0% відповідали діапазону модулю миттєвої пружності ($E_{пр}$ = 10,0…21,5) × 10^3 Па.



C^*_{AlgNa} − приведена величина

Рис. 2.16. Залежність модуля пружності ($E_{пр}$) модельних систем за концентрації іонів Ca^{2+} 0,048% та концентрації AlgNa 1,0% у системі за вмісту цукру білого 10,0…40,0%: «вода – AlgNa – цукор білий» (1); «вода – AlgNa» (2)

Співставлення залежностей двох побудованих ліній тренду 1, 2 дозволяє стверджувати, що фактичний вміст цукру білого 40,0% впливає на властивості сітки гелю та проявляє характерні пружні властивості гелю у чистому розчиннику з концентрацією AlgNa 1,41 ± 0,05%. З урахуванням одержаних даних можна стверджувати, що зі збільшенням концентрації AlgNa та цукру білого альгінат-кальцієва оболонка капсули утворює сітку гелю з відносно зниженими показниками пружності, а цукор білий виконує пластифікуючу функцію по відношенню до гелю Alg_2Ca.

2.6. Формування структурно-механічних властивостей оболонок капсул під впливом фаз двошарового прийомного середовища

Технологічне перебування капсул в зонах впливу двошарового прийомного середовища є обов'язковою умовою технологічного процесу, а за великої площі контакту «капсула – фаза середовища» призведе до зміни властивостей учасників системи. За різниці питомої густини гелю оболонки та олії соняшникової верхньої фази двошарового прийомного середовища буде спостерігатися проникність олії соняшникової у стінку капсули, в той же час водно-спиртовий розчин Ca^{2+} буде характеризуватися, вірогідно, дегідратуючою здатністю, що буде призводити до падіння густини фази за рахунок виходу вологи із стінок капсули з одночасною зміною властивостей оболонки. Це потребує виявлення закономірностей цих змін та закріплення їх як параметрів технологічного процесу. Вплив середовища оцінювали за зміною маси модельних систем під час перебування їх у середовищі фази.

Кількість дегідратованої вологи з оболонок капсул визначали ваговим методом, а саме зважували суміш для капсулювання та сформовані капсули; за відношенням різниці визначених мас до маси капсул визначали приріст маси капсул у відсотках. Кількість відділеної вологи з капсул визначали після їх витримування протягом заданого часу.

Вплив прийомного технологічного середовища на властивості стінок

досліджували в модельних системах шляхом витримки гелів Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,0…1,5%) у прийомних середовищах за співвідношення «гель:середовище» як 1:50 (100 г/г).

Досліджено динаміку маси гелю Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,0…1,5%) за стехіометричного співвідношення Alg^- та Ca^{2+} у водно-спиртовому розчині (10–50 об.%) за етанолом для розуміння сорбційних та десорбційних властивостей Alg_2Ca під час перебування у різних за складом середовищах та обґрунтування параметрів технологічного процесу виробництва ОСК.

На рис. 2.17 представлено динаміку маси гелю Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,0%) у стехіометричному значенні залежно від концентрації етанолу. З графіку видно, що зміна маси гелів Alg_2Ca відбувається у різновекторному напрямі. Це пов’язано з властивістю етанолу виступати дегідратором обводнених гелів за підвищених концентрацій та сприяти сольватації гелеподібної системи за низьких концентрацій. Вірогідно, такий ефект пов'язаний з його здатністю виступати у якості вираженого донору H^+ та акцептора OH^- залишків між молекулами етанолу та води під час їх взаємодії. Тому при підвищенні концентрації етанолу у водному розчині кількість водневих зв’язків значно підвищується і вільна вода, яка знаходиться у гелі Alg_2Ca, випресовується з пор гелю.

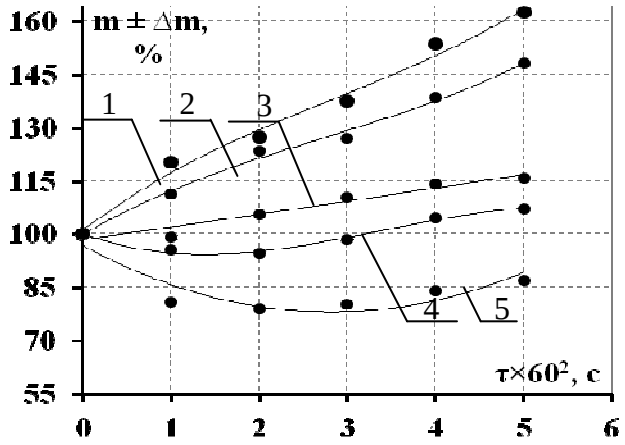


Рис. 2.17. Динаміка маси (m ± Δm, %) гелю Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,0%) у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+}, за концентрації етанолу, об.%: 1, 2, 3, 4, 5 – 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 відповідно

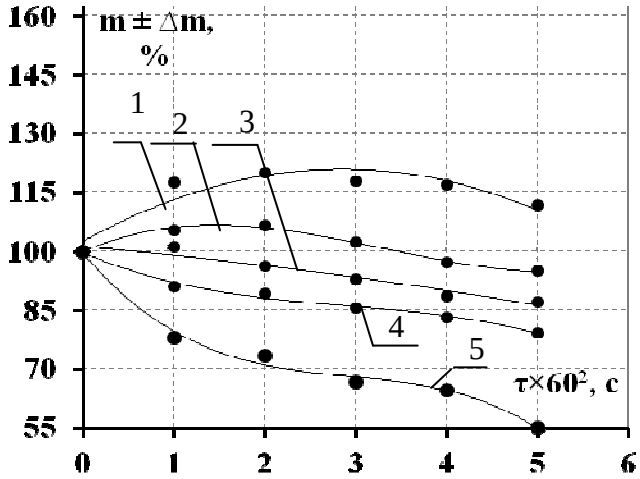


Рис. 2.18. Динаміка маси (m ± Δm, %) гелю Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,5%) у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+}, за концентрації етанолу, об.%: 1, 2, 3, 4, 5 – 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 відповідно

У табл. 2.10 наведено фотомоніторинг динаміки розмірних характеристик зразків гелів Alg_2Ca (C_{AlgNa} = 1,0%; ($C_{іонів\ Ca2+}$ = 0,048%) після перебування їх у водно-спиртовому середовищі ($C_{ет}$ = 10, 20, 30, 40, 50 об.%).

Таблиця 2.10

Фотомоніторинг динаміки розмірних характеристик гелю Alg_2Ca (1,0% за AlgNa) у водно-спиртовому середовищі

Параметри та умови	Фотомоніторинг
$C_{ет}$ = 10 об.%; τ = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – (0…6) × 3600 с відповідно	
$C_{ет}$ = 20 об.%; τ = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – (0…6) × 3600 с відповідно	
$C_{ет}$ = 30 об.%; τ = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – (0…6) × 3600 с відповідно	
$C_{ет}$ = 40 об.%; τ = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – (0…6) × 3600 с відповідно	
$C_{ет}$ =50 об.%;τ = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – (0…6) × 3600 с відповідно	

Фотомоніторинг розмірних характеристик зразків обґрунтовує властивість гелів втрачати вільну вологу, що утворюється під час хімічної реакції. З табл. 2.10 видно, що однакові зразки гелів Alg_2Ca за розмірами та концентрацією AlgNa, іонів Ca^{2+} змінюють свою геометричну форму під впливом етанолу, що свідчить про видалення вільної вологи з утвореного каркасу сітки Alg_2Ca.

Із закономірностей зміни маси зразків (рис. 2.17, 2.18) було очевидним, що вода та водно-спиртові розчини не забезпечать сталих розмірних характеристик капсулоутворення олійної сировини та не можуть без додаткових умов бути використані як середовище їх зберігання.

На рис. 2.19 наведено криві, які характеризують динаміку ($m \pm \Delta m$) модельних гелів Alg_2Ca за концентрації AlgNa 1,0% та 1,5%, які витримувалися протягом $\tau = 6 \times 3600$ с в олії соняшниковій за температури $t = 20^{o}$ С. З даних видно, що характер зміни маси характеризується маловираженою динамікою, що пов’язано зі структурою гелів Alg_2Ca та їх нездатністю вивільнення вільної вологи у гідрофобне середовище.

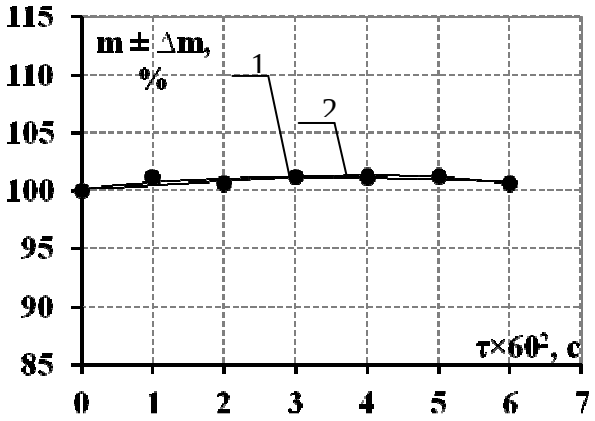


Рис. 2.19. Динаміка маси ($m \pm \Delta m$) гелю Alg_2Ca (у олії соняшниковій за концентрації AlgNa, % 1 − 1,0; 2 − 1,5 відповідно

Дослідження властивостей оболонки ОСК дозволили встановити параметри та умови одержання кінцевої продукції. Визначено, що сталі фізичні та органолептичні показники готового продукту можуть бути одержані при використанні олії соняшникової у якості середовища зберігання для ОСК за

обґрунтованих температур зберігання.

Для обґрунтування технологічної операції технології ОСК – «витримування у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+}» необхідно було визначити параметри технологічного процесу цієї операції. Можна зробити висновок, що гель Alg_2Ca кардинально не змінює своїх властивостей під час технологічно-технічного «шляху» перебування у водно-спиртовому середовищі Ca^{2+}.

Науково обґрунтовано умови зберігання ОСК. Визначено, що продукт не змінює своїх властивостей під час зберігання та реалізації його без використання заливки та з її використанням, в якості якої може виступати гідрофобна речовина – олія соняшникова.

2.7. Аналітичне дослідження адгезійних властивостей гелів системи «AlgNa – Ca^{2+} – вода»

Внаслідок того, що технологічний процес одержання ОСК відбувається завдяки взаємодії різних за природою речовин: гідрофільних − розчин AlgNa; гідрофобних – внутрішня олійна складова та верхній шар двошарового прийомного середовища, то було необхідним наукове розуміння можливої взаємодії капсульованих продуктів із вище перерахованими середовищами на різних етапах технологічного процесу.

Крайовий кут змочування краплин олії соняшникової платформи гелів Alg_2Ca від достехіометричного, стехіометричного та надстехіометричного стану досліджували шляхом визначення форми краплин під час їх проектування на екран та фотографування (рис. 2.20). Фотографування форми краплин (5…10 шт.) проводили за двома сторонами проекції.

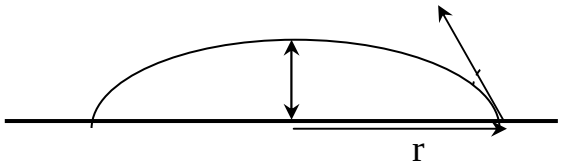


Рис. 2.20. Контур краплин олії соняшникової та води дистильованої

Оскільки крайові кути змочування краплин олії соняшникової гострі (< 90º), то для їх визначення застосовували формулу [108]:

$$\cos\theta = \frac{r^2 - h^2}{r^2 + h^2}, \qquad (2.25)$$

де θ – крайовий кут змочування, º;

h – висота краплини, м;

r – радіус кола основи краплини.

Змодельовано систему, яка дозволяє визначити когезійну взаємодію розчину AlgNa з гідрофільними та гідрофобними речовинами за концентрації іонів Ca^{2+} C_{Ca2+} = 0,048%. Аналіз графіків 2.21 та 2.22 свідчать про те, що AlgNa має високу спорідненість з водою та неспорідненість з олією соняшниковою.

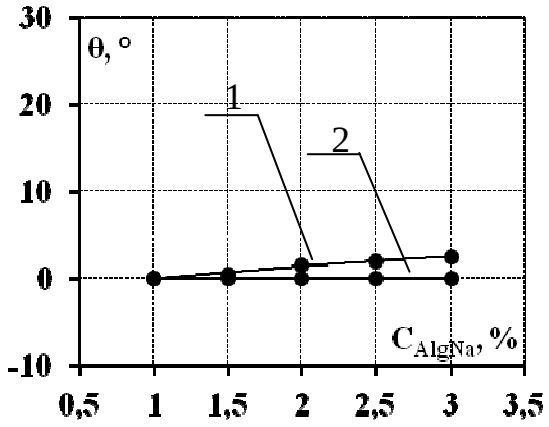


Рис. 2.21. Залежність крайового кута змочування краплі води на поверхні розчину AlgNa від концентрації, %: 1 – миттєве значення; 2 – τ = 10 × 60 с відповідно

Експериментальні дані рис. 2.21; 2.22 свідчать, що водний розчин AlgNa повною мірою проявляє гідрофільні властивості, а внесення до води AlgNa як сухої речовини підвищує кут змочування та знижує спорідненість з оліями.

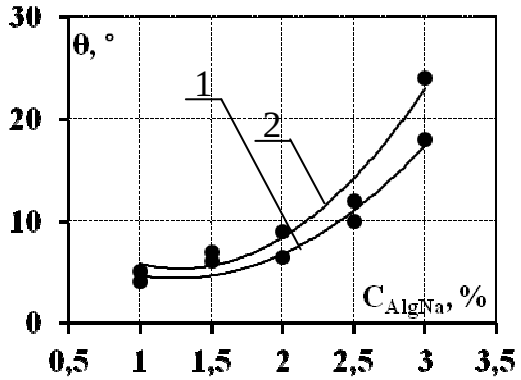


Рис. 2.22. Залежність крайового кута змочування олії соняшникової на поверхні розчину AlgNa від концентрації, %: 1 − миттєве значення; 2 − τ = 10 × 60 с відповідно

Дослідження спорідненостей оболонки капсули у стані Alg_2Ca на досліджені системи «Alg_2Ca – вода – розчин AlgNa» від концентрації іонів Ca^{2+} за співвідношення до реалізації хімічних потенціалів – достехіометричному, стехіометричному, надстехіометричному (рис. 2.23; 2.24) свідчить про різнодинамічне зростання кута змочування, тобто втрату спорідненості його з олійними середовищами. Це є важливим при відмиванні (витісненні) олій з поверхонь квізістабільних та стабільних капсул.

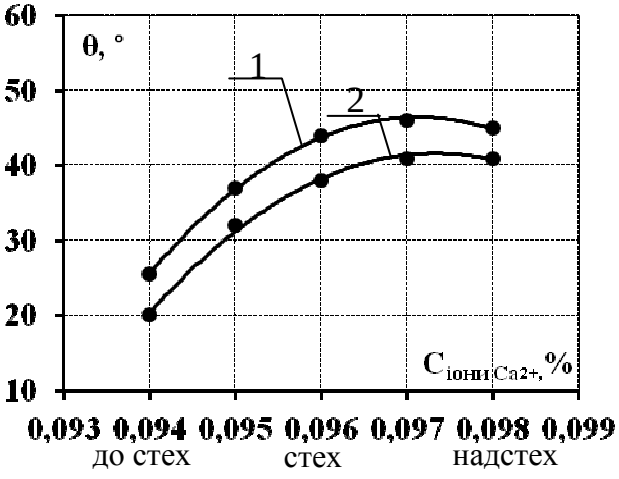


Рис. 2.23. Залежність крайового кута змочування краплин олії соняшникової на поверхні фази «Alg_2Ca» системи «Alg_2Ca – вода − розчин AlgNa» від концентрації іонів Ca^{2+}, за концентрацій AlgNa 1,0%: 1 – миттєве значення; 2 – τ = 10 × 60 с відповідно

Вірогідно, що на характер зміни кута змочування олією соняшниковою поверхні фази «Alg_2Ca» (рис. 2.23) впливає накопичення вільної вологи на поверхні сітки гелю, що призводить до більш виражених полярних взаємодій олії соняшникової з водою та наступним витісненням з поверхні стінки капсули олійного вмісту. Побічним ефектом такої дії могло бути гравітаційний перерозподіл води у сітці з ефектом висихання стінки капсули у її верхній частині та потовщення стінки в нижній частині. Технологічним наслідком такого перерозподілу було погіршення органолептичних показників продукту з наступним руйнуванням окремих капсул за рахунок розтріскування її верхньої частини.

Неспорідненість оболонок з оліями лінійно зростає зі зростанням концентрації фази «Alg_2Ca» (рис. 2.24).

З рис. 2.24 видно, що при збільшенні концентрації AlgNa у системі гелю «Alg_2Ca – вода − розчин AlgNa» при сталій кількості іонів Ca^{2+} спостерігається збільшення адгезійних властивостей, при цьому виявлено, що зі збільшенням концентрації AlgNa відбувається рівноцінне зміщення реакції AlgNa → Alg_2Ca вліво, за рахунок відносного зростання долі AlgNa є причиною зростання спорідненості полярних систем.

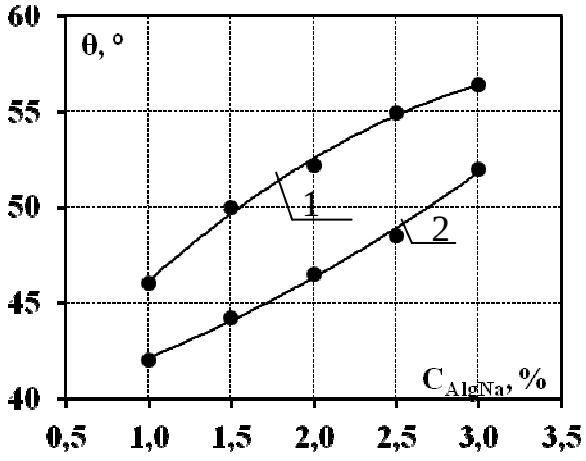


Рис. 2.24. Залежність крайового кута змочування краплин олії соняшникової на поверхні фази «Alg_2Ca» системи «Alg_2Ca – вода − розчин AlgNa» від концентрації AlgNa, % (концентрація іонів Ca^{2+} 0,048%): 1 – миттєве значення; 2 – τ = 10 × 60 с відповідно

Технологічним ефектом такого явища є здвиг властивостей системи у бік вираженої гомогенності, а значить і технологічної стійкості готової продукції. Одночасно проявляється два ефекти – зростання густини сітки гелю з її «наповненням» розчином AlgNa, що робить оболонку менш проникною та більш гомогенною за структурою, та одночасне зростання спорідненості внутрішнього умісту з сухими речовинами стінки. За умови стійкого процесу формування капсул у технологічному потоці такий тренд властивостей є бажаним і забезпечує стійкі властивості капсул під час їх зберігання.

Дані рис. 2.25 підтверджують зростання частин гідрофобності сітки капсули гелевої системи «Alg_2Ca – вода − розчин AlgNa», оскільки стрімке зростання кута змочування зі збільшенням концентрації AlgNa при сталій кількості іонів Ca^{2+} у вихідній суміші свідчить про зростання частки зв'язаної вологи, що і є, вірогідно, причиною зростання гідрофобних властивостей оболонок.

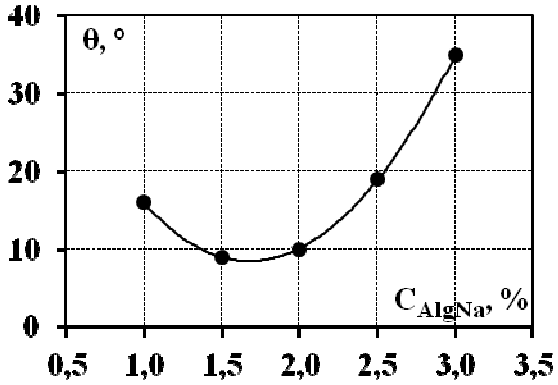


Рис. 2.25. Залежність крайового кута змочування краплин води на поверхні фази «Alg_2Ca» системи «Alg_2Ca – вода − розчин AlgNa» від концентрації AlgNa, % (концентрація іонів Ca^{2+} = 0,048%) протягом τ = 10 × 60 с

Тривалість перебування капсул у технологічних прийомних середовищах та вибір середовищ зберігання вже сформованих капсул надають суттєвий і, в деяких випадках, радикальний вплив на властивості стінок капсул, що змінює та перерозподіляє в них частку вільної та зв'язаної вологи.

Практично відсутній вплив олії соняшникової на властивості стінок капсул свідчить про доцільність її використання у якості технологічного середовища для збереження та транспортування готового до споживання продукту. Одночасно, відсутність їх взаємної адгезії дозволяє легко розділити капсули при подальшому використанні у технології приготування страв, а олія соняшникова, яка використовувалася у якості середовища – за традиційними технологічними принципами.

З рис. 2.25 видно, що тривалість перебування води на поверхнях змодельованих гелів оболонки ОСК протягом $\tau = 10 \times 60$ с завдяки відсутності фаз «вода», «розчин AlgNa» спостерігалися зміни, що доводить наявність пористості гелів Alg_2Ca та вільних зон Плато залежно від вихідних концентрацій рецептурних компонентів.

2.8. Розробка моделі пристрою для одержання ОСК

На рис. 2.26. наведено графічне зображення капсуляторної головки експериментальної установки УЖК – 20 Ж для одержання ОСК.

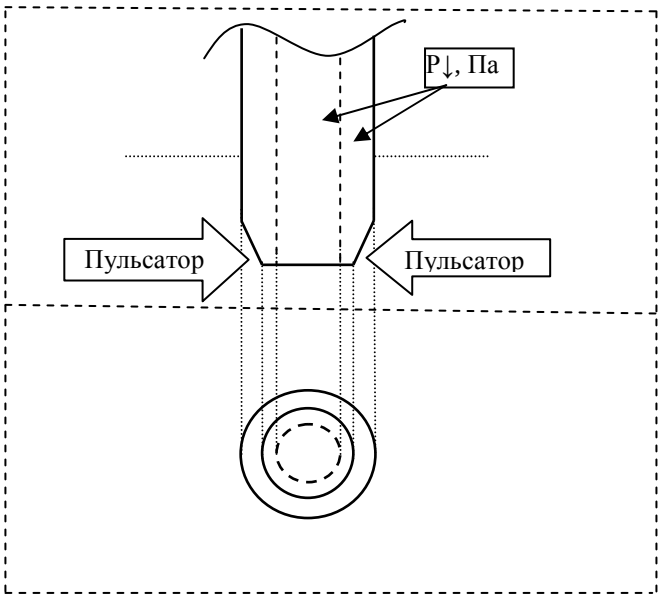


Рис. 2.26. Технічне рішення дозуючого каналу екструдера

Принципова гідравлічна схема експериментальної установки для одержання ОСК зображена на рис. 2.27.

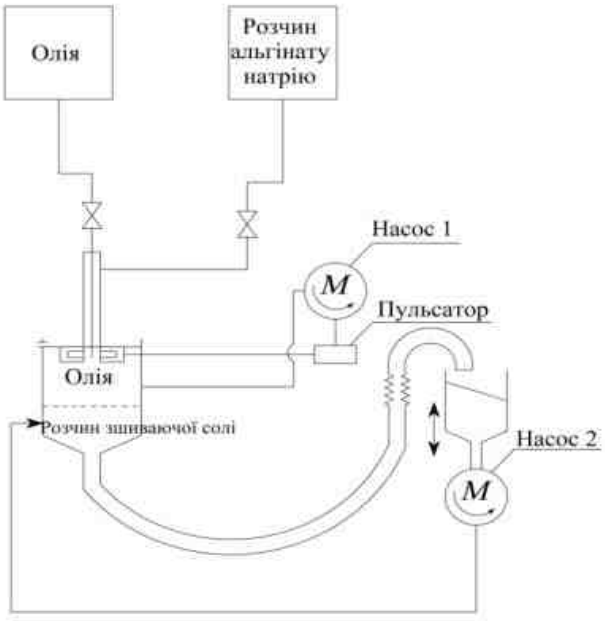


Рис. 2.27. Принципова гідравлічна схема експериментальної установки для одержання ОСК

На рис. 2.28 зображено принципове технічне рішення та схема пристрою УЖК – 20 Ж для одержання ОСК.

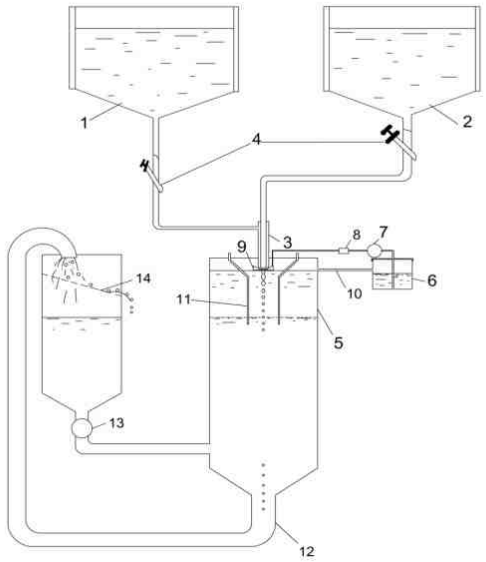


Рис. 2.28. Принципове технічне рішення пристрою УЖК –20 Ж для одержання ОСК: 1 − ємність з розчином AlgNa, 2 – ємність з олієжровою сировиною (олія соняшникова), 3 − блок капсуляторної головки, 4 – вентилі, 5 − ємність двошарового прийомного середовища, 6 – ємність транспортної олії соняшникової, 7 – насос, 8 – пульсатор, 9 – регулююча щілина з кільцевим зазором, 10 − перелив, 11 − направляюча колона, 12 − газліфтофа система, 13 – насос, 14 − перфорована решітка

Технологічна функція верхнього – олійного шару прийомного середовища – формування розмірних характеристик та геометрії капсули (підрозділ 2.2), роль нижнього шару – водно-спиртового розчину Ca^{2+} (підрозділ 2.3) − дозволяє реалізувати хімічні потенціали учасників хімічної реакції, що сприяє утворенню гелеподібної оболонки шароподібної капсули з необхідними гравіметричними характеристиками.

Пристрій складається з двох незалежних ємностей 1 – для олії соняшникової та 2 – для розчину AlgNa. Рідини через вентилі (4) для регулювання потоків потрапляють до відповідних відділів екструзійної головки: олія соняшникова до трубопроводу в центрі, розчин AlgNa – до зони, яка відсікається зовнішньою частиною трубопроводу головки екструдера олії соняшникової та внутрішньою поверхнею корпуса головки екструдера, утворюючи співвісні незалежні продуктопроводи.

Прийомна ємність виконана у формі циліндричної колони (5), яка через рухомий патрубок з'єднана з гусаком, через який видаляється кінцевий продукт. Висота гусака по відношенню до колони визначає рівень рідини у колоні.

До колони монтуються системи живлення олією соняшниковою та пульсатор. Для забезпечення постійного рівня олії соняшникової у колоні передбачено переливну байпасну лінію трубопроводів. До колони також монтується незалежна система живлення водним розчином «зшиваючої» солі $CaCl_2$.

Рецептурна суміш водного розчину AlgNa з живильної ємності (1) та олієжирова сировини з ємності (2) через транспортну систему за допомогою самочинного тиску потрапляють у блок капсуляторної головки (3). Крани (4) служать для аварійного перекривання потоків рецептурних сумішей або скидання рецептурної суміші. Рецептурні суміші – сумісні потоки через капсуляторну головку співвісно зверху-вниз потрапляють у олійну фазу двошарового прийомного середовища (5). З ємності (6) за допомогою насосу (7) по транспортній системі подається олія соняшникова на пульсатор (8). Пульсуючою дією пульсатора олія соняшникова подається на регульовачну щілину з кільцевим

зазором (9), де відбувається перебивання сумісних потоків рецептурних сумішей. Перелив (10) забезпечує рівень олійного шару не більше ніж рівень сопла капсуляторної головки, який з'єднано з накопичувальним баком або ємністю (6). У колоні (11) відбувається формування квазістабільного напівфабрикату ОСК, його проходження через міжфазу двох шарів двошарового прийомного середовища, перехід до водно-спиртового розчину Ca^{2+}, де напівфабрикат капсули набуває стабільного стану. За допомогою газліфтофої системи (12) капсули потрапляють на перфоровану решітку (14) з діаметром отворів меншим у 2 рази ніж діаметр капсул для видалення фрагментів Alg_2Ca. За допомогою насосу (13) відбувається циркуляція водно-спиртового розчину Ca^{2+}.

2.9. Визначення закономірностей динаміки сухих речовин у прийомному середовищі в технології одержання ОСК

Важливим для безперервного функціонування технології було дослідження динаміки сухих речовин у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} двошарового прийомного середовища за рахунок переходу цукру білого із оболонок, з метою обґрунтування корегування його густини.

Згідно технологічної умови (2.7) обґрунтовано введення у розчин AlgNa оболонкоутворювача цукру білого. Протягом технологічного шляху виробництва продукту під час потрапляння до реакційно здатного водно-спиртового розчину Ca^{2+}, починають проходити процеси дифузії цукру білого до водно-спиртового розчину Ca^{2+}, змінюючи його густину.

За певних концентрацій цукру білого у прийомному середовищі порушується умова (2.23) і перетин фаз квазістабільною капсулою унеможливлюється. Нами на модельних системах (С 10,0% □ $С_{цукру\ білого}$ □ 30,0%; стехіометричне значення іонів Ca^{2+} до Alg^-; співвідношення гель : вода як 1:4) встановлені закономірності порушень умови 2.23.

На рис. 2.29; 2.31 представлено динаміку протягом $\tau = (0{,}1\ldots120) \times 60^2$

за гідромодулю 1:4 накопичення сухих речовин у формуючому водно-спиртовому розчині Ca^{2+} за рахунок переходу цукру білого з альгінової оболонки ОСК. Оскільки накопичення цукру білого у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} змінює густину останнього, то за певних умов, величина густини стає критичною і не дозволяє капсулі занурюватися у прийомне середовище, оскільки

$$\rho_к - \rho_к = 0{,}0 \text{ кг/м}^3. \quad (2.26)$$

Встановлено, що зі зростанням концентрації етанолу в системі динаміка переходу стає менше вираженою, що, вірогідно, виходить з умов розчинення цукру білого у спиртових розчинах.

Визначено, що за час $\tau = 120 \times 60$ с не відбувається збагачення середовища цукром білим до критичних концентрацій.

Накопичення сухих речовин у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} проводили за умов гідромодулю 1:4, що є найбільш зручним з погляду проведення експерименту та використання рефрактометричного методу дослідження сухих речовин [109].

З аналізу даних (рис. 2.29; 2.31) видно, що у водно-спиртовому розчині Ca^{2+}за прийнятих концентрацій етанолу (до 40,0 об.%) відбувається зростання концентрації сухих речовин. За концентрації 0,01…50,0% етанолу відсоток сухих речовин спадає через властивість його утворювати водневі зв’язки, що робить графік нечитабельним через розбавлення вільною вологою, яка вийшла з гелю Alg_2Ca.

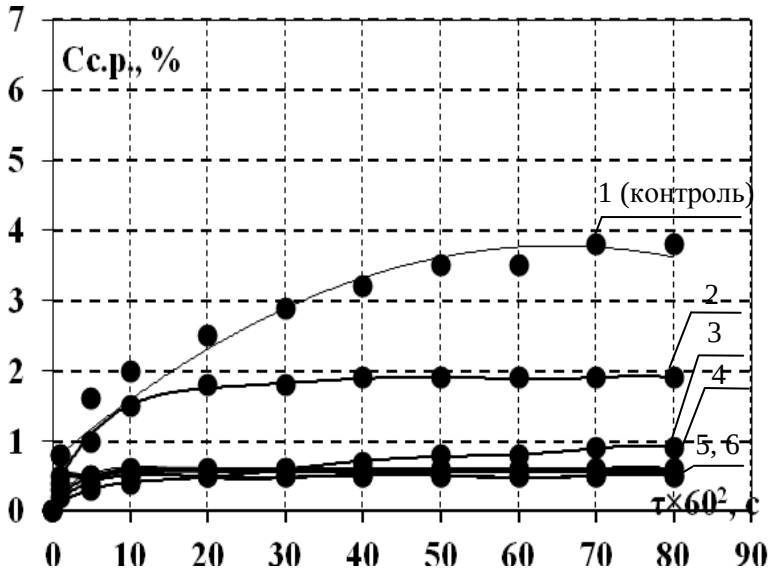


Рис. 2.29. Динаміка накопичення сухих речовин у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} під час занурення гелю Alg_2Ca (співвідношення гель:вода = 1:4, C_{AlgNa} = 1,0%, $C_{цукру\ білого}$ = 10,0%) без етанолу – 1 (контроль) та за концентрацій етанолу, об.%: 2−10,0; 3−20,0; 4−30,0; 5−40,0; 6−50,0 відповідно

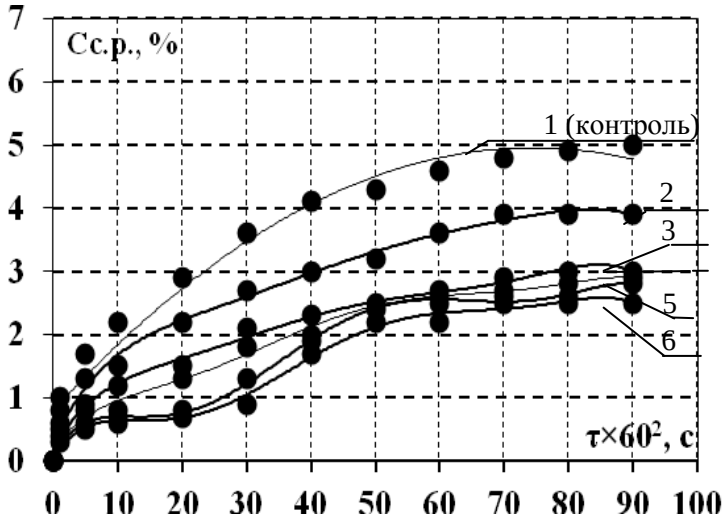


Рис. 2.30. Динаміка накопичення сухих речовин у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} під час занурення гелю Alg_2Ca (співвідношення гель:вода = 1:4, C_{AlgNa} = 1,0%, $C_{цукру\ білого}$ = 20,0%) без етанолу – 1 (контроль) та за концентрацій етанолу, об.%: 2−10,0; 3−20,0; 4−30,0; 5−40,0; 6−50,0 відповідно

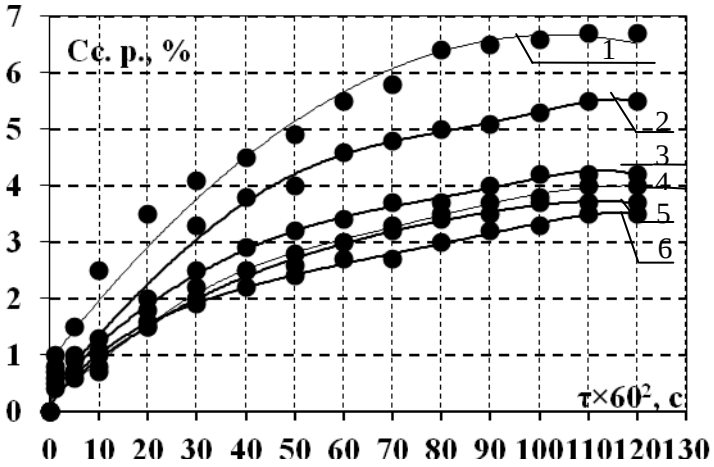


Рис. 2.31. Динаміка накопичення сухих речовин у водно-спиртовому розчині Ca^{2+} під час занурення гелю Alg_2Ca (співвідношення гель:вода = 1:4, C_{AlgNa} = 1,0%, $C_{цукру\ білого}$ = 30,0%) без етанолу – 1 (контроль) та за концентрацій етанолу, об.%: 2−10,0; 3−20,0; 4−30,0; 5−40,0; 6−50,0 відповідно

Нами визначено залежність густини водно-спиртового розчину Ca^{2+} за $C_{ет}$ = 40,0 об.% та C_{CaCl2} = 1,0% від переходу цукру білого з оболонки напівфабрикату ОСК під час операції «Витримування у водно-спиртовому розчині Ca^{2+}: τ = (100…120) х 60 с». Узагальнені дані у вигляді графічної залежності наведено на рис. 2.32.

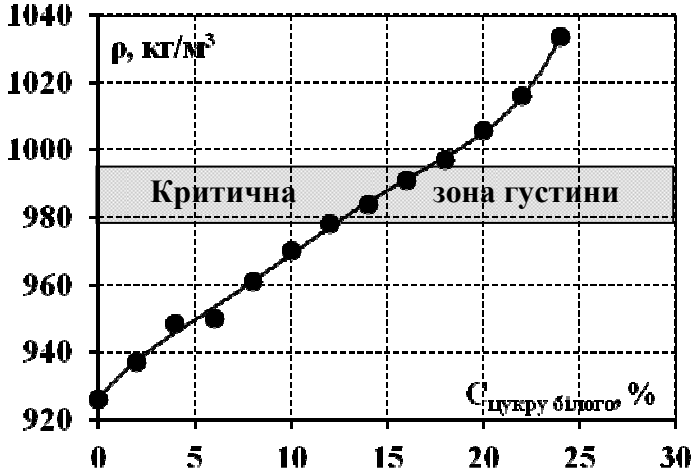


Рис. 2.32. Динаміка густини водно-спиртового розчину Ca^{2+} ($C_{ет}$ = 40,0 об.%, C_{CaCl2} = 1,0%) від концентрації цукру білого, %

Встановлено, що критичної зони прийомного середовища здатні досягати всі зразки, але протягом $\tau = 90 \times 60$ с цього значення досягають зразки з концентрацією ≤ 12,0% цукру білого в оболонці. Це визначило необхідність моніторингу використання водно-спиртового розчину Ca^{2+} з метою його часткового або повного відновлення та зменшення часу перебування капсул у прийомному середовищі до обґрунтованого часу.

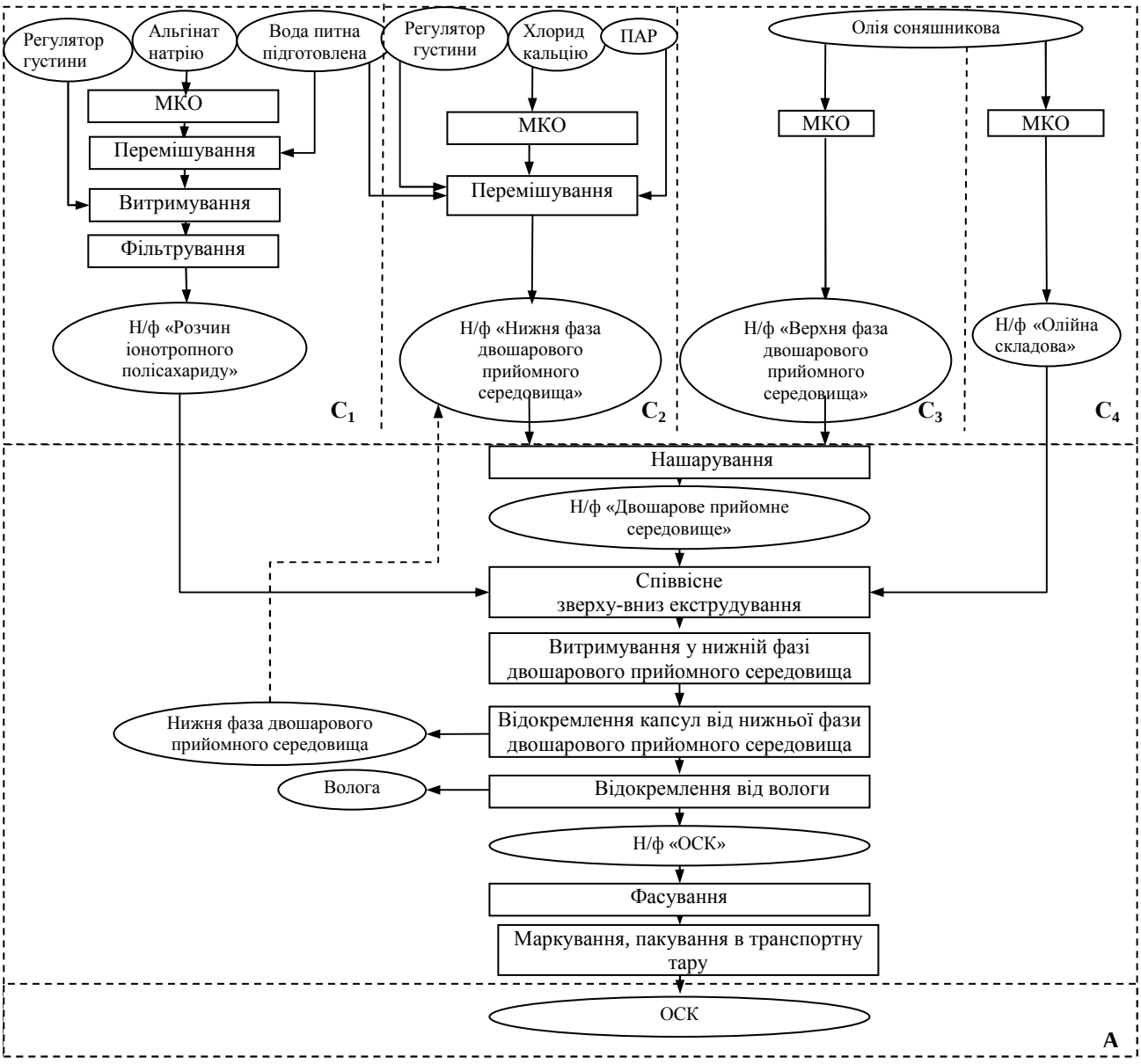


Рис. 2.33. Принципова технологічна схема виробництва ОСК

Узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень з

обґрунтування технологічних параметрів виробництва ОСК дозволило визначити раціональні концентрації рецептурних компонентів, параметри й режими окремих технологічних операцій, що стало підґрунтям для розробки принципової технологічної схеми виробництва ОСК (рис. 2.33).

На підставі проведення комплексу теоретичних, аналітичних, експериментальних досліджень розроблено та науково обґрунтовано технологію ОСК.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТА НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ, ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ

У розділі розроблено та науково обґрунтовано рецептурний склад та технологію виробництва ОСК, наведено результати досліджень основних показників якості (органолептичні, фізико-хімічні, енергетична та харчова цінність) та безпечності (мікробіологічні, токсикологічні, вміст радіонуклідів). Представлено рекомендації з використання ОСК для забезпечення бізнес-процесів B2B, B2C та у технологіях салатів ЗРГ, досліджено зміну готового продукту під впливом технологічних чинників.

3.1. Розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва ОСК

Необхідність розробки технології ОСК визначена інноваційним задумом і вужчим за існуючий, закріпленим нормативними документами, асортиментом олієжирової продукції. Вищезазначене та проведені дослідження (розділ 2) дозволили науково обґрунтувати та розробити технологію виробництва ОСК, особливістю якої є термостійкість та інтактність внутрішньої олійної складової.

Особливістю технології ОСК є використання функціональних властивостей гелеутворювача, який забезпечує механізм одержання олійної капсули з заданими фізичними, хімічними, мікробіологічними показниками та функціонально-технологічними властивостями як напівфабрикату високого ступеня готовності для використання у складі салатів та готового продукту. Технологічний процес передбачає такі технологічні операції: підготовка сировини, приготування олійної складової для екструдування, приготування розчину оболонкоутворювача для екструдування, приготування розчинів двошарового прийомного середовища та їх нашарування, одержання ОСК,

фасування у споживчу тару, можлива пастеризація, етикетування, пакування у транспортну тару, зберігання, реалізація та, як результат, одержання готового продукту. Технологічний процес можна представити у вигляді моделі технологічного процесу виробництва ОСК, який представлений на рис. 3.1.

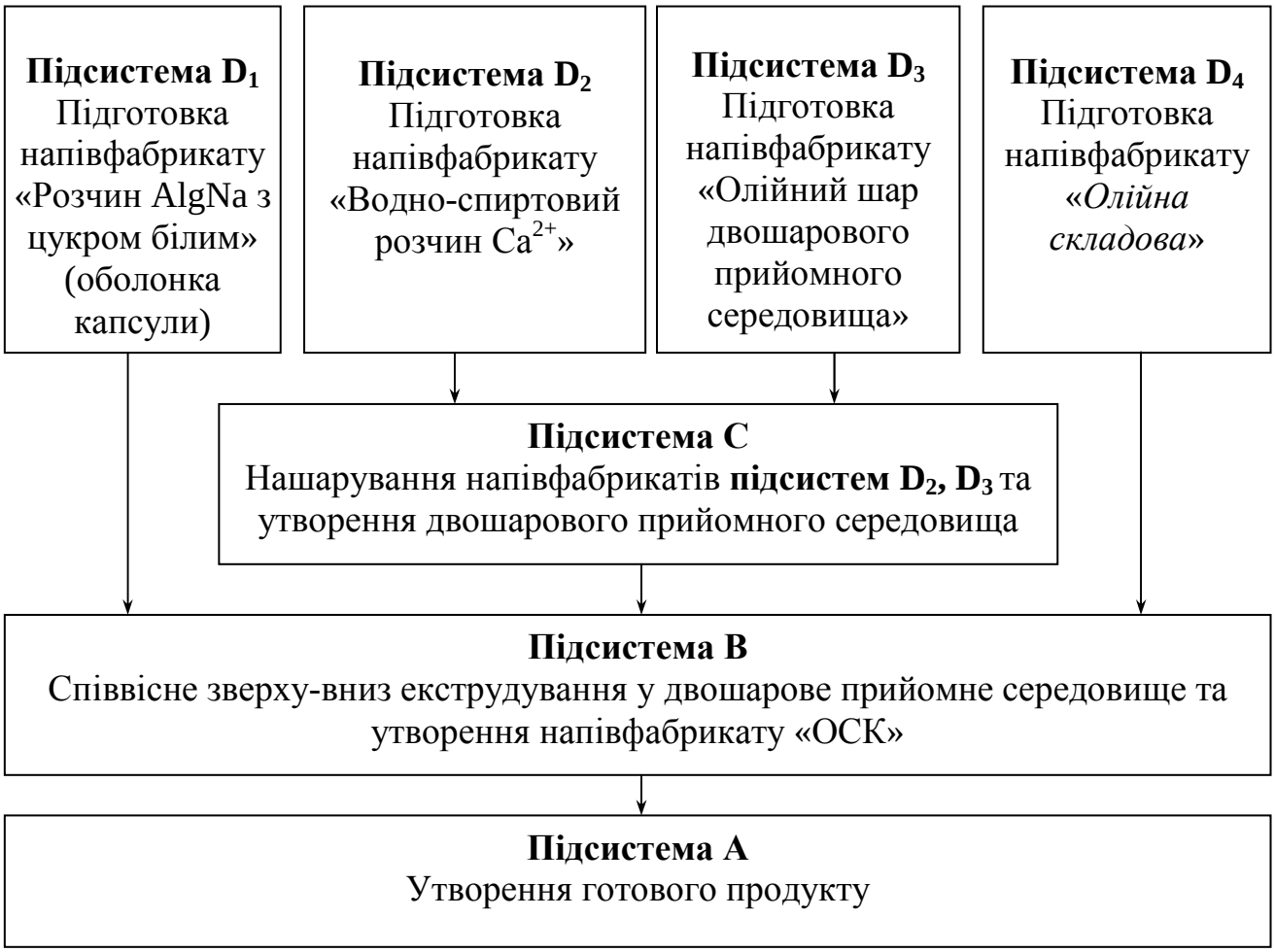


Рис. 3.1. Модель технологічного процесу виробництва ОСК

В межах функціонування підсистеми D_1 *Підготовка напівфабрикату «Розчин AlgNa з цукром білим» (оболонка капсули*) цукор білий та AlgNa просіюють. Цукор білий розчиняють у воді питній, термооброблюють за температури t = 75…85º С з подальшим перемішуванням протягом τ = (10…15) × 60 с та подальшим охолодженням суміші до температури t = 18…20º С. Наступною операцією є розчинення AlgNa у воді питній шляхом перемішування його до повного розчинення. Одержаний розчин витримують протягом доби за

температури t = 2…6º С до повного розчинення сухих речовин та набуття стаціонарних властивостей. Охолоджені розчини перемішують з наступним фільтруванням та одержують напівфабрикат «Розчин AlgNa з цукром білим» (оболонка капсули).

Підсистема D_2 *Підготовка напівфабрикату «Водно-спиртовий розчин* Ca^{2+}*»* (нижній шар двошарового прийомного середовища) передбачає просіювання $CaCl_2$ та розчинення його у воді питній підготовленій шляхом перемішування, після чого додають етанол та Е432.

Підсистема D_3 *Підготовка напівфабрикату «Олійний шар двошарового прийомного середовища»* (верхній шар двошарового прийомного середовища) олію соняшникову дозують та проціджують.

В межах підсистеми D_4 *Підготовка напівфабрикату «Олійна складова»* передбачається дозування та проціджування олії соняшникової.

Підсистема С «Нашаровування напівфабрикатів підсистем D_2*,* D_3 *та утворення двошарового прийомного середовища»* реалізується шляхом нашарування напівфабрикату *«Олійний шар двошарового прийомного середовища»* на напівфабрикат *«Водно-спиртовий розчин* Ca^{2+}*»* без перемішування (емульгування) шарів у співвідношенні 15:85.

В межах підсистеми В *«Співвісне екструдування у двошарове прийомне середовище та утворення напівфабрикату «ОСК»»* відбувається процес співвісного екструдування напівфабрикатів *«Розчин AlgNa з цукром білим»* та *«Олійна складова»* з одержанням кулястих форм, які під дією сил гравітації потрапляють у водно-спиртовий розчин Ca^{2+} двошарового прийомного середовища та витримуються протягом τ = (100…120) × 60 с з наступним фільтруванням капсул від водно-спиртового середовища розчину Ca^{2+}та утворенням напівфабрикату «ОСК». Напівфабрикат «ОСК» витримують протягом τ = (0,5…1,0) × 60^2 с за температури t = 2…6° С для дегідратації цукрового розчину з оболонки та подальшим її відокремленням від олійної капсули.

Функціонування підсистеми А «*Утворення готового продукту»*

направлено на одержання продукту, готового до вживання, для чого його фасують у споживчу тару, за технологічною необхідністю заправляють олією соняшниковою, маркують та пакують у транспортну тару.

У результаті послідовного виконання наведених технологічних операцій одержують ОСК з високими показниками якості та безпечності.

На підставі експериментальних даних, наведених у розділах 3.2–3.9, розроблено та обґрунтовано рецептурний склад (табл. 3.1) та технологічну схему виробництва ОСК (рис. 3.2).

Таблиця 3.1

Рецептурний склад ОСК

Найменування сировини	**Витрати сировини на 100 кг, кг**	
	Брутто	**Нетто**
AlgNa (FD 157)	0,2	0,2
Вода питна	15,2	15,2
Цукор білий	4,7	4,6
Вихід н/ф «Розчин AlgNa з цукром білий» (оболонка капсули)	***20,1***	***20,0***
Олія соняшникова	82,0	80,0
Вихід н/ф «Олійна складова»	***82,0***	***80,0***
Хлорид кальцію ($CaCl_2$)	0,15	0,15
Вода питна підготовлена	8,79	8,79
Етанол	6,1	6,0
Поліоксиетиленсорбітанмонолаурат (Е432)	0,06	0,06
Олія соняшникова	5,1	5,0
Вихід н/ф «Двошарове прийомне середовище»	***20,2***	***20,0***
Усього:	***122,3***	***120,0***
Вихід продукції до фасовки	–	***100,0***

* н/ф – напівфабрикат

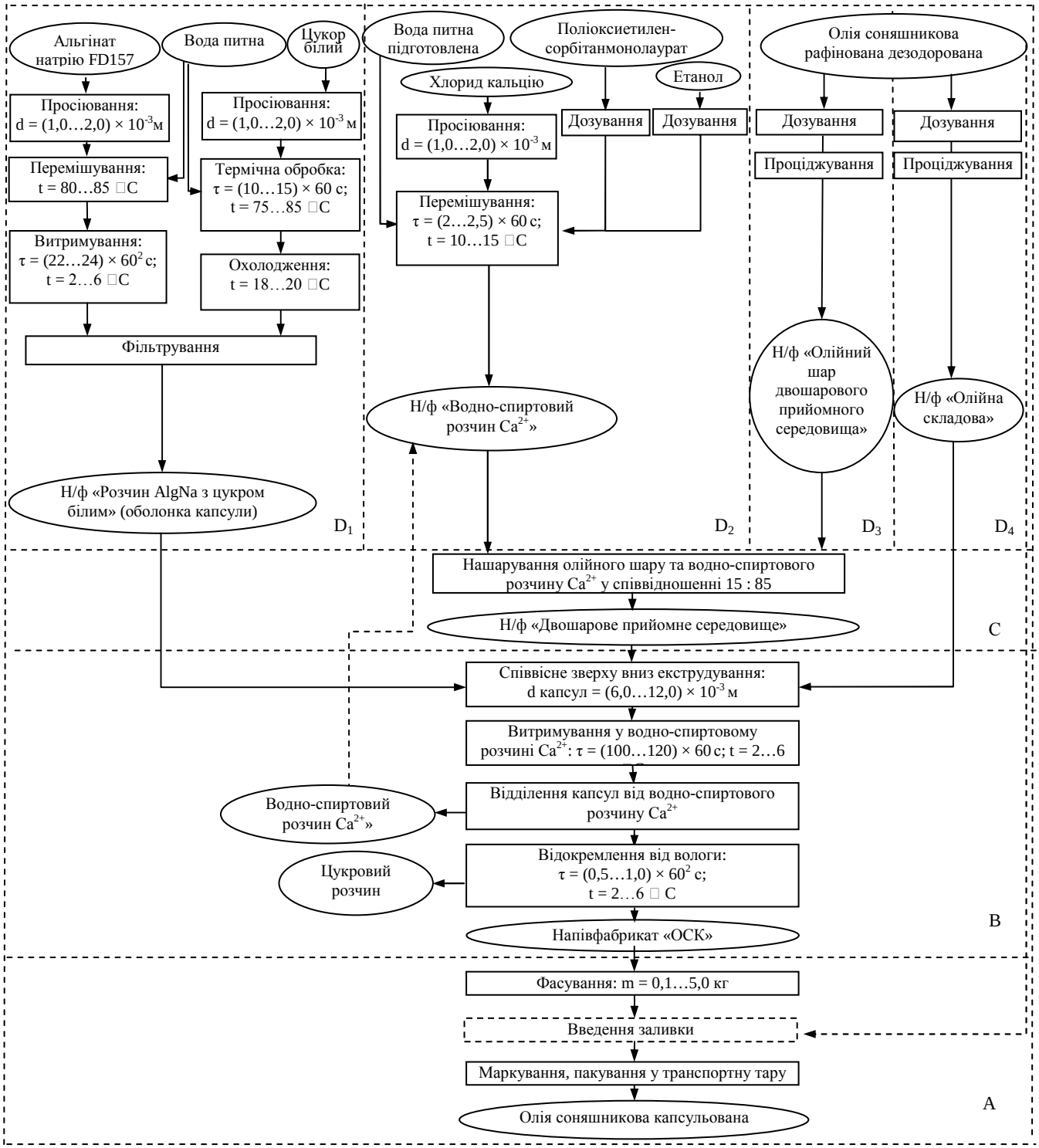


Рис. 3.2. Технологічна схема виробництва ОСК

3.2. Обґрунтування умов та термінів зберігання ОСК

Практична реалізація технології ОСК викликає науковий інтерес з точки зору підтвердження властивостей оболонки Alg_2Ca зберігати показники якості

продукту, а саме високі характеристики внутрішньої олійної сировини під впливом зовнішніх факторів.

Технологія передбачає залучення олії соняшникової у термостійку оболонку Alg_2Ca, що утворюється під час хімічної взаємодії іонів Ca^{2+} та Alg^- в ході технологічного співвісного введення двох сумісних потоків у двошарове прийомне середовище. Одержаний безшовний міцний каркас другого роду виступає як їстівна оболонка дозованого продукту, що володіє заданими функціонально-технологічними властивостями.

Псування олії соняшникової, у тому числі ОСК, під час зберігання є характерним процесом, на який негативно впливають технологічні фактори (кисень повітря, вода, метали, ферменти, світло, температура). Процес окислення оліжирової сировини залежить від багатьох факторів, а саме: виду олії та жиру, способів її попередньої обробки, чистоти, наявності сторонніх домішок, токоферолів, антиоксидантів, води, режимів технологічного процесу тощо. Через те, що ОСК складається з 80,0% олії соняшникової, доцільно було провести дослідження зміни показників якості та безпечності нового продукту у часі.

Під час обґрунтування термінів зберігання ОСК досліджено наступні системи: олія соняшникова, ОСК, а також ОСК протягом зберігання у штучно змодельованому середовищі листяних овочів за pH 6,8 ± 0,2 та відносної вологості W = 75,0…80,0%.

Кислотне число (КЧ) дослідних зразків визначали за допомогою реакції нейтралізації вільних жирних кислот розчином лугу в спиртово-ефірному розчині жиру за ДСТУ 4350 [116] та виражали кількістю міліграм гідроксиду калію (КОН), що пішло на нейтралізацію вільних жирних кислот, які містяться в 1,0 г жиру [117]. Сутність методу полягає у розчиненні характерної маси олії в суміші розчинників із подальшим титруванням існуючих вільних жирних кислот водним або спиртовим розчином КОН чи NaOH. Показник КЧ олії (X_1), мг КОН/г, визначали за формулою

$$X_1 = \frac{5{,}611 \cdot K \cdot V}{m}, \qquad (3.1)$$

де 5,611 – коефіцієнт, який дорівнює значенню розрахункової маси КОН в 1 мл 0,1 н. розчину КОН;

К – поправка до титру 0,1н. розчину КОН;

V – об'єм 0,1 н. КОН, витраченого на титрування, мл;

m – маса олії соняшникової, г.

Капсули заливали хлороформом, після чого проводили екстракцію. КЧ визначали титруванням розчину наважки жиру 0,1N розчином КОН у 96%-му етанолі, перекисне число (ПЧ) – титруванням розчину наважки жиру 0,01N розчину гіпосульфіту натрію [118].

Вміст гідропероксидів в зразках характеризували ПЧ. Визначення ПЧ проводили згідно ДСТУ ISO 3960-2001 шляхом розчинення характерної маси зразків в суміші розчинників з подальшим титруванням існуючих гідропероксидів розчином тіосульфату натрію. На підставі одержаних результатів та визначення ПЧ, ммоль/кг, визначали за формулою [119]

$$\mathrm{X} = \frac{(V - V_0) \cdot 1000 \cdot C}{m}, \qquad (3.2)$$

де V – об'єм розчину тіосульфату натрію в основному досліді, $см^3$;

V_0 – об'єм розчину тіосульфату натрію в контрольному досліді, $см^3$;

С – концентрація розчину тіосульфату натрію, моль/$дм^3$;

m – маса дослідної проби, г.

Визначення числа омилення (ЧО) олієжирових зразків проводили згідно ГОСТ 51487-99.

Виділення жиру із продукту здійснювали за допомогою екстракційного методу на апараті Сокслета, який полягає в екстракції жиру із продукту органічним розчинником з наступним випаровуванням розчинника й

визначенні маси екстрагованого жиру або знежиреного залишку. Потім проводили обчислювання масової частки жиру у відсотках.

На рис. 3.3–3.5 наведено динаміку зміни КЧ, ПЧ та ЧО зразків олії соняшникової, які зберігалися за однакових умов та температури t = 2…6º С.

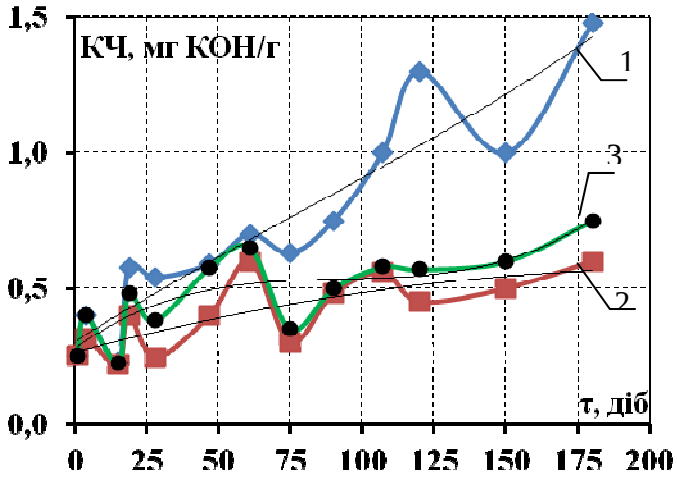


Рис. 3.3. Динаміка КЧ протягом τ = 180 діб зберігання: 1 – олія соняшникова (контроль), 2 – ОСК; 3 – ОСК за pH 6,8

Про інтенсивність процесу гідролізу в зразках олії соняшникової судили по зміні КЧ. Одержані дані свідчать про те, що протікання гідролітичних процесів у зразку-контролю олії соняшникової (рис. 3.3, 1) у перші 90 діб зберігання характеризується збільшенням в рамках допустимого значення КЧ та відповідають вимогам нормативної документації, зазначених у ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова рафінована дезодорована».

Збільшення значення тренду КЧ зразку-контролю (рис. 3.3, 1) під час зберігання дозволяє зробити припущення, що під впливом вологи, яка міститься в олії у незначній кількості, світла та температури t = 2…6º С відбуваються гідролітичні процеси з накопиченням в ній вільних жирних кислот, тобто починаються процеси окислення.

З рис. 3.3, 2, 3 видно, що у капсульованій формі олія соняшникова має подовжені терміни зберігання, вірогідно, це пов’язано з властивістю оболонки капсули забезпечувати деконтакт олійної внутрішньої складової капсули з

киснем повітрям, що ґрунтується на властивості гелю Alg_2Ca, одержаного у надстехіометричному значенні.

Про інтенсивність процесів автоокислення у зразках судили по зміні ПЧ, який є показником накопичення первинних продуктів окислення жирів – пероксидів та гідропероксидів (рис. 3.4).

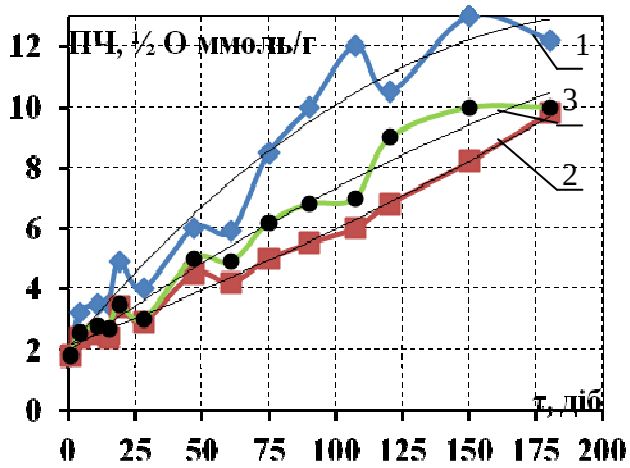


Рис. 3.4. Динаміка ПЧ протягом τ = 180 діб зберігання: 1 – олія соняшникова (контроль), 2 – ОСК; 3 – ОСК за pH 6,8

Протягом 180 діб зберігання дослідних зразків олії спостерігалися коливання значень ПЧ, що напряму залежить від первинних гідролітичних процесів, які характеризує КЧ. Тренд значень ПЧ зразків змінюється в інтервалі 1,8…10,0% упродовж 180 діб, що підтверджує властивість безшовної оболонки Alg_2Ca перешкоджати процесам окислення жирів. Зберігання ОСК у змодельованому середовищі, що має pH 6,8, характеризується накопиченням гідроперекисів протягом τ = 150 діб зберігання.

На рис. 3.5 наведено динаміку зміни ЧО, що характеризує загальну кількість кислот, як вільних, так і зв’язаних у гліцеридах, і є характерною величиною для ідентифікації виду оліжирової складової, що підлягає капсулюванню.

Таким чином, є очевидним, що технологія ОСК сприяє уповільненню реакції окислення жирів за рахунок відсутності границі «олія – повітря», що сприяє інгібіруванню автоокислення органічних сполук та пригніченню

ланцюгової реакції окислення.

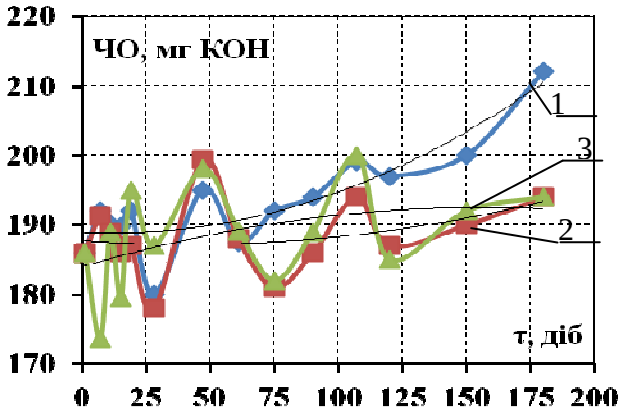


Рис. 3.5. Динаміка ЧО протягом τ = 180 діб зберігання: 1 – олія соняшникова (контроль), 2 – ОСК; 3 – ОСК за pH 6,8

Експериментально встановлено, що технологія ОСК забезпечує сталі фізико-хімічні характеристики внутрішнього олійного складу олії соняшникової протягом 6 місяців, в той час, коли олія соняшникова у полімерній упаковці має строк реалізації 3 місяці за однакових температурних умов (t = 2…6º С).

Можна зробити висновок, що технологія капсулювання є одним із методів стабілізації жирів від псування та окислення під час зберігання.

Для оцінки якісного складу та кількісного співвідношення окремих класів ліпідів у дослідних зразках використовували метод тонкошарової хроматографії, який дозволяє зробити об’єктивну оцінку змін, що відбуваються в ОЖСК під час зберігання та у складі кулінарної продукції під впливом збурюючих факторів.

Для ідентифікування внутрішніх змін під впливом зовнішніх факторів та визначення якості ОСК проводили ІЧ-спектрометрію [120]. Модельні системи одержували шляхом руйнування капсули з подальшим висушуванням до сталої маси. Реєстрацію ІЧ-спектрів зразків проводили на спектрометрі «Specord – 75 UP» в області хвиль 2500…20000 нм, що відповідали хвильовим числам від 4000 до 500 $см^{-1}$, методом роздавленої краплі, для чого зразки поміщали між вікнами з броміду калію.

Вивчення фракційного складу за допомогою методу тонкошарової хроматографії дозволяє провести кореляцію між одержаними хімічними

показниками (КЧ, ЧО, ПЧ) та груповим складом зразків, що досліджувалися [121].

Спосіб ґрунтується на розподіленні фракцій ліпідів олієжирового зразку у тонкому шарі силікагелю. Розподіл окремих фракцій ліпідів зразків проводили з використанням готових пластин з силікагелем «Silufol» UW-254 «Kavalier» (ЧССР) та системи розчинників (петролейний ефір : диетиловий ефір : крижана оцтова кислота, за співвідношення їх об'ємів як 80:17:3 – для неполярних ліпідів). Проби ліпідів у вигляді 3,0% розчину в хлороформі наносили на стартову лінію пластинок мікрошприцем. Розділення проводили висхідним способом в камері, що насичена розчинниками. Після підйому фронту розчинника до верхнього краю пластини її виймали та залишали під тягою до повного зникнення запаху розчинника. Після чого пластини проявляли, занурюючи в камеру, що насичена парами йоду, внаслідок чого утворювалися сині плями розділених ліпідів на жовтому фоні.

Для ідентифікації окремих фракцій використовувались значення Rf стандартів для стеролів, моногліцеридів та вільних жирних кислот. Кількісне співвідношення фракцій проводили ваговим методом [90] за формулою:

$$X = \frac{S_i}{\sum S_i} \cdot 100\%, \qquad (3.3)$$

де S_i – маса окремої фракції, г;

$\sum S_i$ – сума всіх фракцій, г.

З метою обґрунтування технологічних властивостей оболонки Alg_2Ca технології ОСК та термінів зберігання продукції проведено дослідження ІЧ-спектрів поглинання внутрішньої складової продукту.

Зразки ОСК досліджували у першу добу виробництва та під час зберігання протягом τ = 180…200 діб у спектральному діапазоні 450…4000 $см^{-1}$, що підтверджують вище викладені дослідження. Аналізуючи результати дослідження ІЧ-спектроскопії (рис. 3.6), встановили, що псування внутрішньої складової ОСК відбувається шляхом автоокислення та гідролізу внутрішньої складової, що виникає

у зв'язку з нескінченною реакцією (2.2) AlgNa з іонами бівалентного металу.

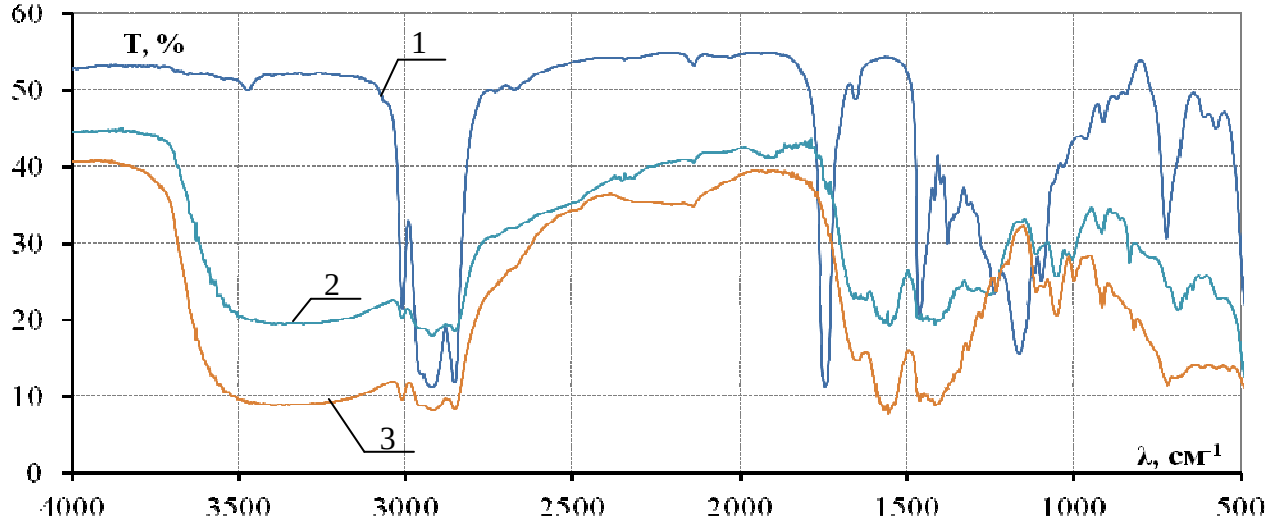


Рис. 3.6. Інфрачервоні спектри поглинання систем внутрішньої олієжирової складової ОСК у часі, діб: 1 – 1; 2 – 180; 3 – 200 відповідно

Аналіз результатів дослідження інфрачервоних спектрів поглинання олії соняшникової дозволяє встановити, що смуги в області 1000…1200 $см^{-1}$ відносяться до валентних (С – О) коливань зв'язку ефірної та гідроксильних груп. Також в області 3100 $см^{-1}$ помітні валентні зв'язки (– О –Н), що відповідає гідратованим солям та при частоті > 3100 $см^{-1}$ спостерігаються валентні групи (= С – Н), що відповідає (– О – С = CH_2) типу з'єднання. Наявність у спектрі поглинань таких зв'язків дозволяю встановити, що у дослідних зразках відбувається утворення радикалів, які спонукають ланцюг автоокислення. Помітна наявність широких смуг (рис. 3.6, 3) поглинання в області 3356 $см^{-1}$, що говорить про наявність валентного зв'язку (– О – Н), який відповідає присутності спиртів, та характеризує зміни ліпідів у внутрішній складовій зразків. Це свідчить про псування ліпідів та неможливість їх використання.

3.3. Дослідження основних показників якості та безпечності ОСК

Технологія ОСК передбачає:

– формування нових споживчих (нова товарна форма, дозована олієжирова сировина m = 0,8…1,7 г, їстівна самостійна упаковка) та

технологічних властивостей (інтактність олії, термостабільність пружньо-еластичної оболонки, подовжені терміни зберігання);

– використання олієжирової сировини, жиророзчинних компонентів, жиророзчинних вітамінів тощо, для збагачення раціону харчування «корисними жирами» у вигляді самостійного продукту та у складі кулінарної продукції.

Реалізація наукових принципів в межах технології капсулювання шляхом реалізації інноваційного задуму (підрозділ 2.1) – залучення гідрофобних речовин у гідрофільну оболонку, яка має постійні характеристики під час зберігання, вживання у харчування якої майже не має обмежень; комплексна індустрійна переробка олієжирової сировини у дози-краплі, формування заданих технологічних властивостей та показників якості (органолептичних, фізико-хімічних, харчової цінності) та безпечності (мікробіологічних, токсикологічних).

Для визначення кулеподібності капсул визначали коефіцієнт їх форми за відношенням їх максимального діаметра (d_{max}) до мінімального (d_{min}). Наближеними до сфери вважали капсули, коефіцієнт форми діаметрів яких складав 1,0.

Відсоток оболонки у складі ОСК визначали ваговим способом.

Дослідження органолептичних показників ОСК, яку зображено на рис. 3.7, здійснювалось на основі розробленої шкали сенсорної оцінки. Результати представлені у табл. 3.2 та зображено у вигляді профілів зовнішнього вигляду, текстури, кольору, смаку та запаху (рис. 3.8).

Рис. 3.7. Фотографічне зображення ОСК

Таблиця 3.2

Результати сенсорної оцінки ОСК

Найменування показника	**№ з/п дескриптора**	**Коефіцієнт вагомості дескриптора**	**Характеристика**	**Оцінка в балах**
Зовнішній вигляд	1	0,1	Кулеподібність форми	4,9
	2	0,2	Цілісність оболонки	5,0
	3	0,2	Рівномірність товщини оболонки	4,7
	4	0,2	Відсутність злипання капсул	5,0
	5	0,1	Відсутність пошкоджених екземплярів	4,9
	6	0,1	Відповідність заданого діаметру капсул	4,8
	7	0,2	Відсутність сторонніх домішок	5,0
Сумарна оцінка				*4,9*
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				***1,47***
Колір	1	0,2	Чистота	5,0
	2	0,1	Рівномірність кольору	5,0
	3	0,2	Однорідність	4,9
	4	0,2	Прозорість оболонки	4,8
	5	0,1	Відсутність стороннього відтінку	4,9
	6	0,2	Насиченість кольору	4,7
Сумарна оцінка				*4,88*
Коефіцієнт вагомості показника				0,2
Підсумкова оцінка за показником				***0,97***
Запах та смак	1	0,2	Чистота	5,0
	2	0,1	Збалансованість	4,9
	3	0,2	Натуральність	5,0
	4	0,2	Відсутність згірклого смаку	5,0
	5	0,1	Відсутність сторонніх присмаків	4,9
	6	0,1	Насиченість	4,8
	7	0,1	Відповідність смаку	5,0
Сумарна оцінка				*4,94*
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				***1,48***
Текстура	1	0,2	Опір роздавлюванню	4,9
	2	0,2	Еластичність	4,9
	3	0,1	Ефект лопання	4,9
	4	0,2	Пружність	5,0
	5	0,1	Відсутність склоподібності	5,0
	6	0,2	Відсутність липкості	5,0
Сумарна оцінка				*4,95*
Коефіцієнт вагомості показника				0,2
Підсумкова оцінка за показником				***0,99***
Всього				**4,91**

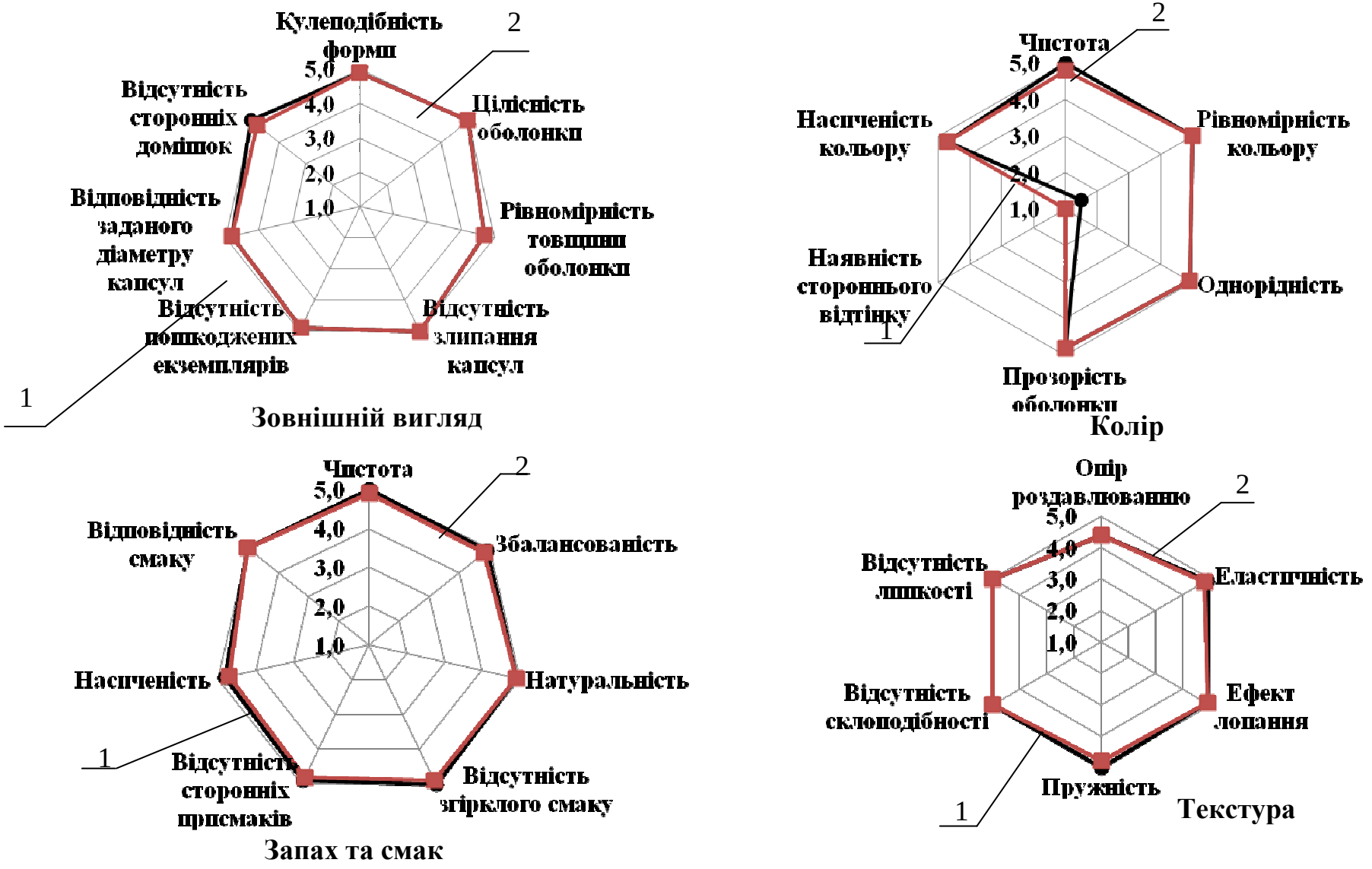


Рис. 3.8 – Профілограми органолептичної оцінки ОСК під час зберігання: 1 – свіжовиготовлений; 2 – протягом 6 місяців зберігання

Харчова цінність ОСК визначається вмістом жирів та вуглеводів. За широкого асортименту олієжирової сировини вміст поживних речовин в кожному випадку буде індивідуален та залежить від виду сировини, що підлягає капсулюванню, співвідношення внутрішнього вмісту і оболонки (%). З метою визначення енергетичної та харчової цінності досліджено загальний хімічний (табл. 3.3) та жирнокислотний склад ліпідів ОСК (табл. 3.4), який представлено як насиченими, так і ненасиченими жирними кислотами.

Дослідження загального хімічного складу ОСК визначали за традиційними методиками: масову частку вологи – за [110], масову частку жиру – за методом Сокслета.

Таблиця 3.3

Хімічний склад ОСК

Найменування компонента	**Фактичний вміст, %**	
	ОСК свіжовиготовленна	**ОСК протягом 6 місяців зберігання**
Сухі речовини	80,2 ± 0,4	81,6 ± 0,4
Жири	79,9 ± 0,3	79,9 ± 0,3
Вуглеводи	0,3 ± 0,01	1,4 ± 0,02
Калорійність (енергетична цінність) ккал (кДж)	720,3 (3013,73)	724,7 (3032,14)

співвідношення внутрішньої складової : оболонки капсули як 80 : 20

Таблиця 3.4

Жирнокислотний склад ліпідів ОСК

Найменування жирної кислоти	**Індекс кислоти**	**Вміст жирної кислоти, % від загальної кількості**	
		ОСК свіжовиготовленна	**ОСК протягом 6 місяців зберігання**
1	2	3	4
Міристинова	$C_{14:0}$	0,2 ± 0,001	0,01 ± 0,001
Пальмітинова	$C_{16:0}$	6,7 ± 0,2	7,1 ± 0,2
Стеаринова	$C_{18:0}$	5,5 ± 0,1	5,7 ± 0,7
Арахінова	$C_{20:0}$	0,5 ± 0,03	0,4 ± 0,02

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4
Бегенова	$C_{22:0}$	1,5 ± 0,03	1,3 ± 0,03
Лігноцерінова	$C_{24:0}$	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,01
Всього насичених жирних кислот		**14,9**	**15,0**
Пальмітолеїнова	$C_{16:1}$	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,01
Олеїнова	$C_{18:1}$	28,3 ± 0,06	20,3 ± 0,06
Всього мононенасичених жирних кислот		**28,6**	**20,5**
Лінолева	$C_{18:2}$	55,7 ± 0,5	63,9 ± 0,05
Ліноленова	$C_{18:3}$	0,3 ± 0,01	0,2 ± 0,01
Арахідонова	$C_{20:4}$	0,5 ± 0,01	0,4 ± 0,01
Всього поліненасичених жирних кислот		**56,5**	**64,5**
Всього жирних кислот		**100,0**	**100,0**

співвідношення внутрішньої складової : оболонки капсули як 80 : 20

Встановлено, що домінуючими серед насичених жирних кислот є пальмітинова та стеаринова, масова частка яких від загального вмісту жирних кислот складає 6,7% та 5,5% відповідно.

Дослідження фізико-хімічних показників ОСК дозволяє стверджувати, що продукт має сталі показники, які відповідають зазначеним результатам (табл. 3.5) протягом 6 місяців зберігання.

Таблиця 3.5

Фізико-хімічні показники ОСК

Фізико-хімічні показники	**Допустимі значення**	**Значення показника**	
		ОСК свіжовиготовленна	**ОСК протягом 6 місяців зберігання**
1	2	3	4
Вміст сухих речовини, %	85,5	80,2 ± 0,4	81,6 ± 0,4
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	10,0	2,0 ± 0,02	9,5 ± 0,05
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,6	0,25 ± 0,001	0,6 ± 0,002

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4
Пероксидне число, 1/2 О ммоль/кг, не більше ніж	10,0	1,8 ± 0,02	9,8 ± 0,04
Число омилення, мг КОН/г	не норм.	186	194
Сторонні домішки, %	не допуск.	не виявлено	не виявлено

Визначення токсичних елементів та солей важких металів у складі ОСК здійснювали за ГОСТ 26927, ГОСТ 26928, ГОСТ 26930, ГОСТ 26931, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933, ГОСТ 26934, ГОСТ 30178 [133–140].

Вміст токсичних елементів, мікотоксинів у ОСК не перевищує допустимих рівнів протягом 6 місяців зберігання, встановлених у МБВ і СН № 5061 та наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Результати токсичних досліджень ОСК

Найменування показника	**Допустимі рівні, мг/кг, не більше**	**Фактичний вміст в ОСК, мг/кг**
Токсичні елементи:		
− свинець	0,1	0,05
− миш’як	0,1	0,01
− кадмій	0,05	0,02
− ртуть	0,03	0,01
− мідь	0,5	0,1
− залізо	5,0	1,0
− цинк	5,0	1,0
Мікотоксини:		
− афлатоксин B_1	0,005	0,002
− зеараленон	1,0	0,5

Вміст радіонуклідів у ОСК не перевищує допустимих рівнів протягом зберігання, встановлених ГН 6.6.1.1-130 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів цезію – 137, стронцію – 90 в продуктах харчування і воді питній» (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Результати дослідження вмісту радіонуклідів у ОСК

Найменування показника	Допустимі рівні, Бк/кг	Фактичний вміст в ОСК, Бк/кг
^{137}Cs	100	85
^{90}Sr	30	18

Безпечність розробленої продукції досліджували шляхом визначення мікробіологічних показників ОСК, які відповідають вимогам, зазначеним у табл. 3.8.

Мікробіологічні показники ОСК визначали: МАФАМ – за ГОСТ 10444.15 [128], бактерії групи кишкової палички – за ГОСТ 30518 [129], Staphylococcus aureus – за ГОСТ 10444.2 [130], патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella – за ДСТУ ISO 6579:2006 [131], дріжджі та плісняві гриби – за ГОСТ 10444.12 [132].

Таблиця 3.8

Результати дослідження мікробіологічних показників ОСК

Найменування показника	Допустимі рівні, не більше	Значення показника	
		ОСК свіжовиготовленна	ОСК протягом 6 місяців зберігання
Кількість аеробних та факультативно- анаеробних мікроорганізмів, КУО/г	1×10^4	4×10^2	4×10^3
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), у 0,1 г	не допуст.	не виявлено	не виявлено
S.aureus, у 1 г	не допуст.	не виявлено	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella*, у 25 г	не допуст.	не виявлено	не виявлено
Дріжджі, КУО/г	50	10	35
Плісняві гриби, КУО/г	1×10^2	не виявлено	не виявлено

Таким чином, дослідження енергетичної та харчової цінності, показників

якості та безпечності ОСК вказують на відповідність даної продукції вимогам державної системи контролю харчових продуктів. Результати дослідження покладено в основу ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані» та технологічної інструкції з їх виробництва.

3.4. Розробка рекомендацій із використання ОСК у ЗРГ та ПХП

На підставі аналітичних досліджень було спрогнозовано шляхи використання ОСК (рис. 3.9). З наведеної схеми (рис. 3.9) видно, що продукт можна реалізовувати через роздрібну, оптову торгівлю бізнес процесів B2B, B2C та у ЗРГ у вигляді самостійного продукту, напівфабрикату високого ступеня готовності та елементу декору. Доцільно використовувати продукт як інтактну олію, напівфабрикат або наповнювач у складі начинок, соусів та кулінарної продукції.

Слід зауважити, що поживні властивості ОСК залежать від виду рецептурної олієжирової сировини та її концентрації.

Технологія термостабільних ОСК має конкурентні переваги, які надають наступні можливості:

– капсулювання широкого спектру олієжирових продуктів (олії, масла, жири, жиророзчинні речовини), що набувають характеристики в’язко-текучого тіла при технологічному трансформуванні;

– розширити використання олієжирової сировини у харчуванні завдяки продуктам, які мають високу харчову цінність, зокрема вітамінізованих продуктів, продуктів, збагачених фосфоліпідами, стеринами, ПНЖК та НЖК у харчуванні для профілактики захворювань та повноцінного харчування в цілому;

– розширити асортимент олієжирової сировини на ринку;

–розширити асортимент кулінарних страв шляхом використання ОЖСК у якості напівфабрикату, наповнювача тощо;

– використовувати ОЖСК, у тому числі ОСК, у технологіях кулінарної продукції спеціального харчування в якості напівфабрикатів, що регулюють жирнокислотний склад.

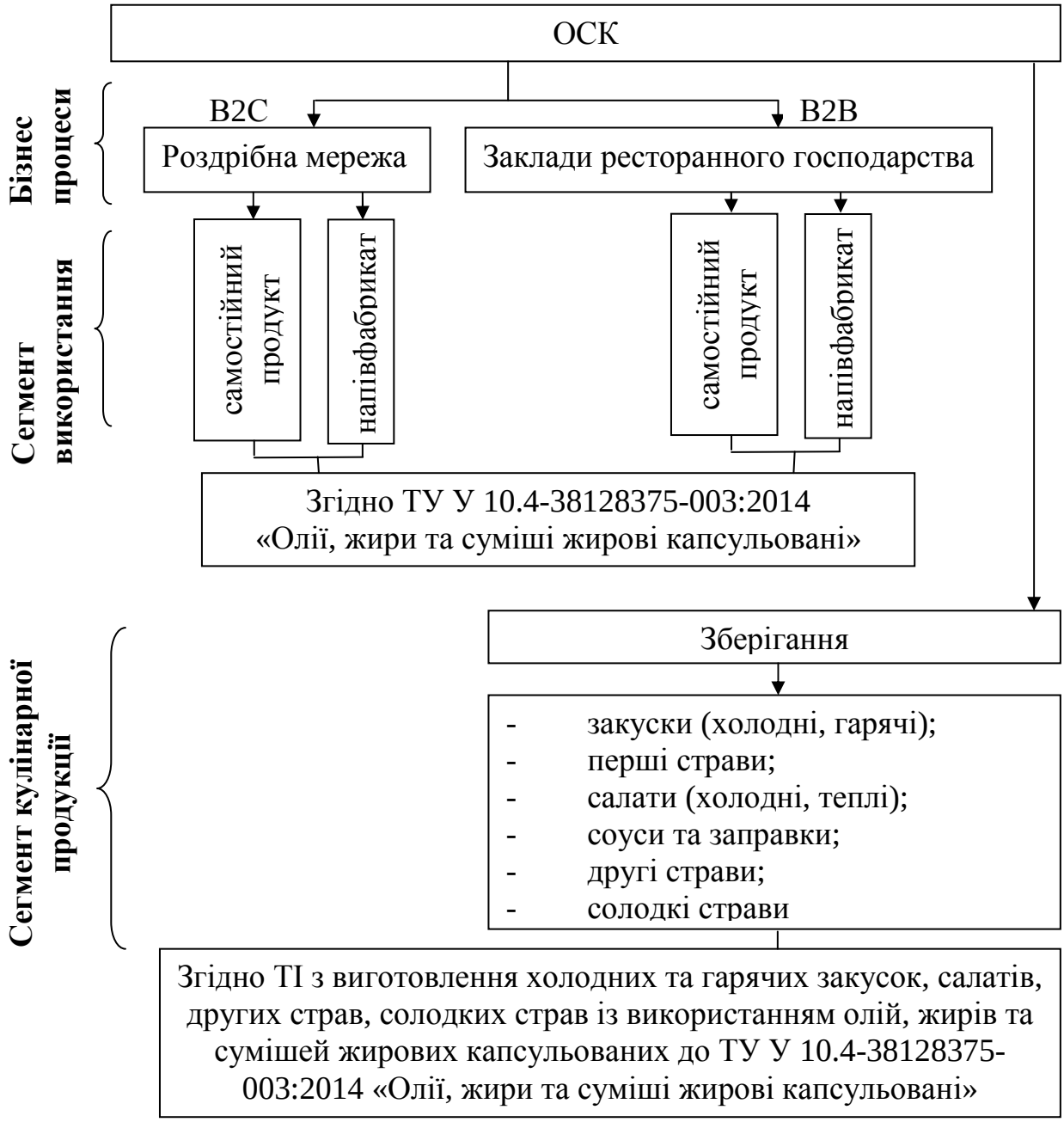


Рис. 3.9. Шляхи використання ОСК

Таким чином, за допомогою технології ОСК можна одержувати продукт багатофункціональної технологічної дії, направленої на підвищення харчової та біологічної цінності капсульованого продукту шляхом використання олій, жирів та їх сумішей багатого жирнокислотного складу, функціональної дії тощо, а також розширити асортимент корисної олієжирової сировини та кулінарної продукції з високими органолептичними, функціонально-технологічними, структурно-механічними властивостями та показниками якості й безпечності.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ У СКЛАДІ САЛАТІВ

У даному розділі наведено результати досліджень функціонально-технологічних властивостей ОСК у складі салатів із листяних овочів. Розроблено рецептурний склад та технологічну схему виробництва салату із листяних овочів, досліджено основні показники якості (органолептичні, фізико-хімічні, харчову та поживну цінність) та безпечності (мікробіологічні, токсикологічні).

4.1. Визначення критичних зовнішніх впливів салатів із листяних овочів на властивості ОСК

Проведені аналітичні та експериментальні дослідження з обґрунтування технологічних параметрів одержання ОСК на основі AlgNa та $CaCl_2$, визначені закономірності формування фізико-хімічних та структурно-механічних показників нової продукції дозволили встановити раціональний вміст основних рецептурних компонентів (підрозділи 2.3–2.7) та розробити принципову технологічну схему отримання ОСК (рис. 2.33, підрозділ 2.9).

Згідно інноваційного задуму (табл. 2.1) та рекомендацій із використання нового продукту (підрозділ 3.4), розробка ОСК для використання у складі салатів із листяних овочів передбачає інтактність олійної складової по відношенню до інгредієнтів салату протягом зберігання та реалізації. У цьому випадку формування органолептичних властивостей досягається шляхом руйнування оболонки інтактної капсули та перемішування рецептурних компонентів страви безпосередньо перед вживанням.

Виготовлення салатів із листяних овочів подовженого терміну зберігання, перш за все, залежить від фізико-хімічних показників листяних овочів, (pH, вологість) та органолептичних, мікробіологічних, токсикологічних, показників якості та безпечності сировини, що входить до їх складу.

Значення pH вимірювали за стандартною методикою – ДСТУ 6045 [127], шляхом занурення електродів pH-метра іономера у суміш, підготовлену за температури t = 20 ± 1° С. Результат одержували шляхом середньоарифметичного обчислювання двох паралельних вимірювань при P = 0,05.

На рис. 4.1 наведено результати дослідження pH листяних овочів залежно від виду сировини, що використовується.

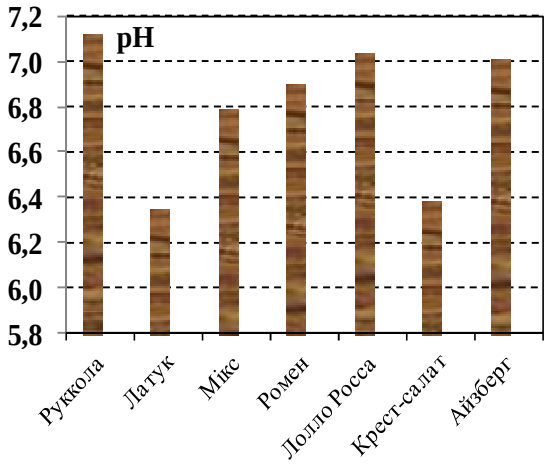


Рис. 4.1 – Діаграма експериментальних значень pH листяних овочів

Згідно вищенаведених досліджень є зрозумілим, що салати із листяних овочів за значенням pH близькі до нейтральних, тому необхідним є підбір смакової композиції страви, в концепцію якої закладено кислі смакові характеристики ОСК. На рис. 4.2. наведено поведінку pH листяних овочів при балансуванні смаку оцтовою кислотою.

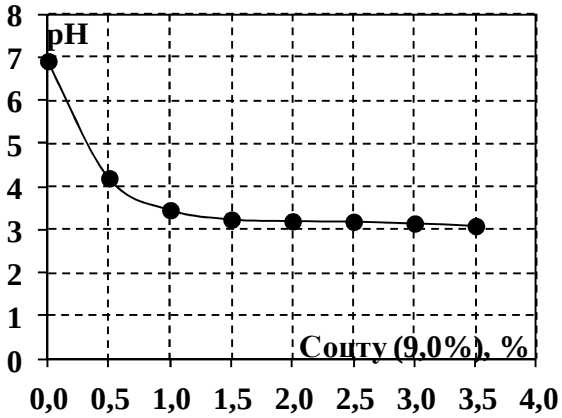


Рис. 4.2. Залежність значення pH листяних овочів від концентрації оцту харчового (9,0%)

Додавання смакових рецептурних компонентів із кислим значенням pH є неефективним з точки зору зберігання, реалізації страви та економічності, тому необхідним є передбачення такої складової в ОСК. Це можливо шляхом залучення кислої складової, збалансованої за органолептичними показниками, до складу оболонки капсули, а саме до водного розчину оболонкоутворювача, яка не буде контактувати з поверхнею листяних овочів та впливати на терміни реалізації салатів. Виробництво ОСК з кислою оболонкою забезпечить виробництво салатів із листяних овочів у композиції смаків олії соняшникової з кислуватим відтінком, що забезпечить сприйняття страви за всіма органолептичними ознаками. Прийняття такого рішення до інноваційного задуму ОСК дозволить вирішувати технологічні задачі сучасної харчової промисловості, які до теперішнього часу не розглядалися.

На сьогоднішній день для виробництва салатів із листяних овочів передбачені принципи, що направлені на зручність використання, наприклад напівфабрикати міксу листяних овочів, та скорочення технологічного процесу виробництва кулінарних страв, наприклад, робота з напівфабрикатами високого ступеня готовності.

У принципи технології ОСК покладено хімічну реакцію (2.1; 2.2), швидкість проходження якої залежить від умов розчинності компонентів, а саме pH [126], що обумовлюється кислотністю розчиненої функціональної речовини – оцту харчового 9,0% у водному розчині AlgNa. Гелеутворення AlgNa з іонами Ca^{2+} відбувається за нейтральних значень pH [126–145].

Введення оцту харчового 9,0% як регулятора кислотності органолептичних показників оболонки ОСК доцільно розглядати як модель, параметри якої визначаються органолептичними характеристиками та властивостями хімічного потенціалу AlgNa (рис. 4.3).

Встановлено, що додавання оцту харчового 9,0% у концентрації до 25,0% не впливає на хімічний потенціал 1,0% водного розчину AlgNa. Збільшення концентрації оцту призводить до розчинення AlgNa та втрати його

функціонально-технологічних властивостей.

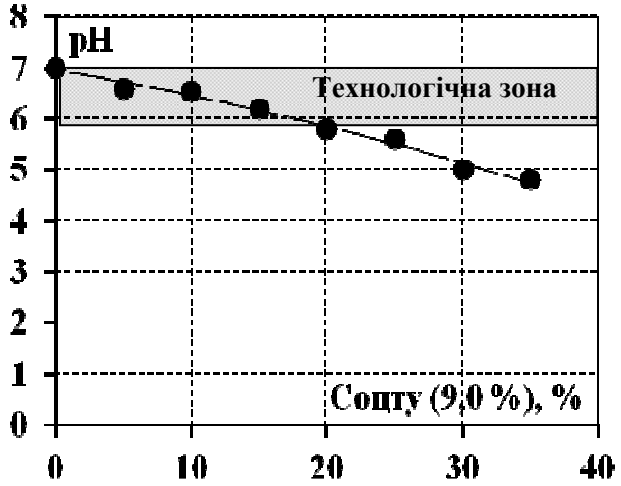


Рис. 4.3. Залежність значення pH розчину AlgNa (C_{AlgNa} = 1,0%) від концентрації оцту харчового 9,0%

Органолептично обрано діапазон концентрації оцту харчового 9,0% − 0,05…0,7% (рис. 4.3).

4.2. Розробка та обґрунтування технології салатів із листяних овочів із використанням ОСК

Інтенсивний ритм життя сучасної людини диктує необхідність адаптовувати потреби в харчуванні до запитів людства, а саме: зручність у використанні, корисність, регульованість поживних характеристик та енергетичної цінності кулінарних страв з високими органолептичними характеристиками. Тому розробка технології кулінарних страв з вищевказаними характеристиками є актуальною.

Перспективним трендом розвитку кулінарної продукції є салати з листяних овочів, які сьогодні користуються попитом на ринку здорового харчування та мають статус «модного» овочу в кулінарії.

В рамках обґрунтування доцільності розробки технології салатів з листяних овочів з подовженими термінами зберігання перспективним є реалізація ОСК в якості напівфабрикату високого ступеня, який має високі

органолептичні, сталі фізико-хімічні, мікробіологічні, токсикологічні показники протягом зберігання. У табл. 4.1 наведено рецептурний склад та на рис. 4.4 технологічну схему виробництва салату із листяних овочів із використанням напівфабрикату ОСК.

Таблиця 4.1

Рецептурний склад салату із листяних овочів

№ з/п	Найменування сировини	Кількість сировини, г			
		на 1 порцію		на 10 порцій	
		Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
1	Руккола	10,1	10,0	101,0	100,0
2	Латук	15,1	15,0	151,0	150,0
3	Айсберг	10,1	10,0	101,0	100,0
4	Лолло Росса	10,1	10,0	101,0	100,0
5	Цикорій	17,3	17,0	173,0	170,0
6	Ромен	17,2	17,0	172,0	170,0
7	Корн	17,1	17,0	171,0	170,0
8	Морква свіжа	30,0	28,5	300,0	285,0
9	Корінь селери	25,0	23,5	250,0	235,0
10	Редька	22,0	20,5	220,0	205,0
11	Н/ф ОСК	31,0	30,5	310,0	305,0
Вихід: Маса готового салату		**–**	**200,0**	**–**	**2000,0**

Розробку рецептури, технології ОСК та салатів з її використанням здійснювали відповідно до методичних рекомендацій [141, 142], а також керуючись ДСТУ 3946 «Продукція харчова. Основні положення» [143].

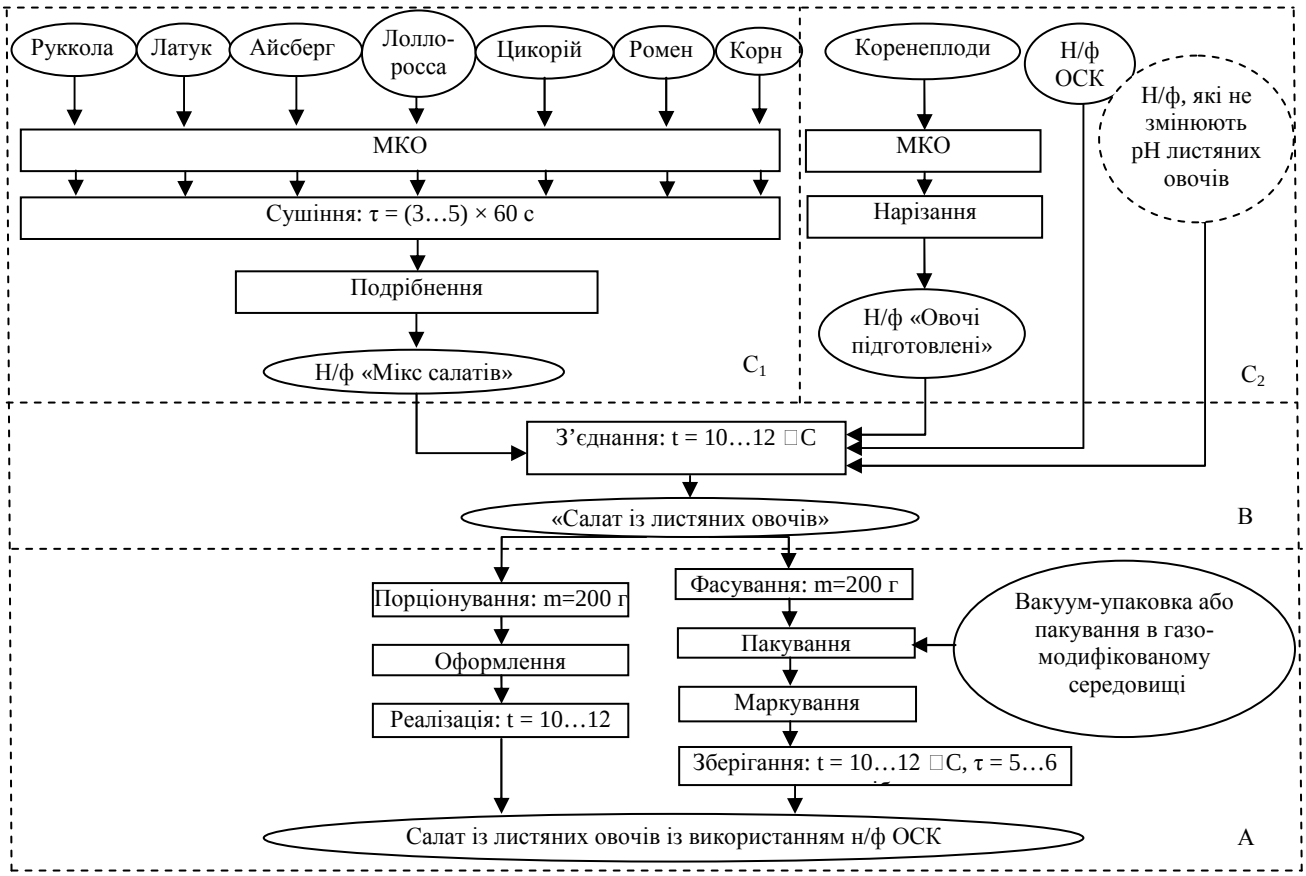


Рис. 4.4. Технологічна схема виробництва салату з листяних овочів із використанням напівфабрикату ОСК

Проблема збереження органолептичних показників салатів є актуальною для організації різних форм обслуговування.

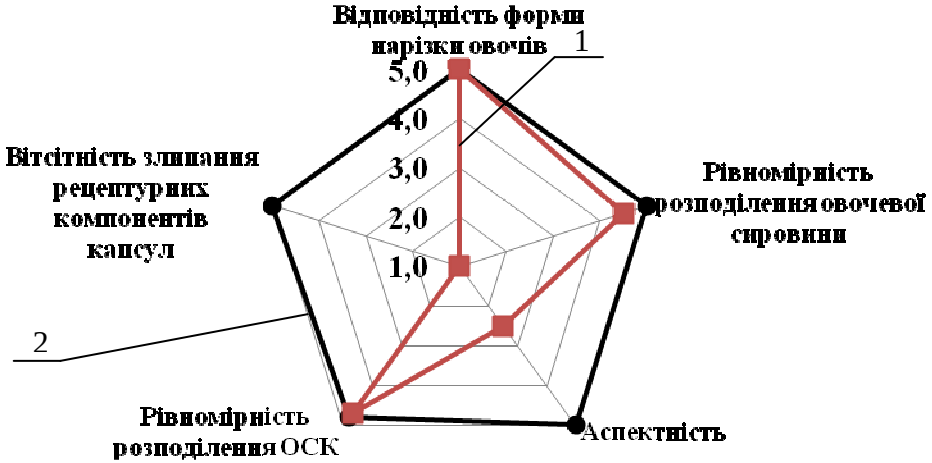
Розроблено таблицю бальної шкали оцінки органолептичних показників салату з листяних овочів із використанням напівфабрикату ОСК (табл. 4.2).

Органолептичну оцінку якості ОСК (рис. 3.8, табл. 3.2) та кулінарної продукції (рис. 4.5, табл. 4.2) здійснювали аналітичними методами [147, 148, 151], методами профільного аналізу [149, 150]. Метод профільного аналізу полягає у використанні набору описових термінів (дескрипторів) для оцінювання окремих органолептичних показників продукту (запаху, консистенції, смаку тощо) за схемою: визначення характерних ознак показників, ступеня їх інтенсивності, порядку виявлення. Шляхом кількісної оцінки величини обраних дескрипторів за заданою шкалою будували профілі органолептичних показників у вигляді діаграми.

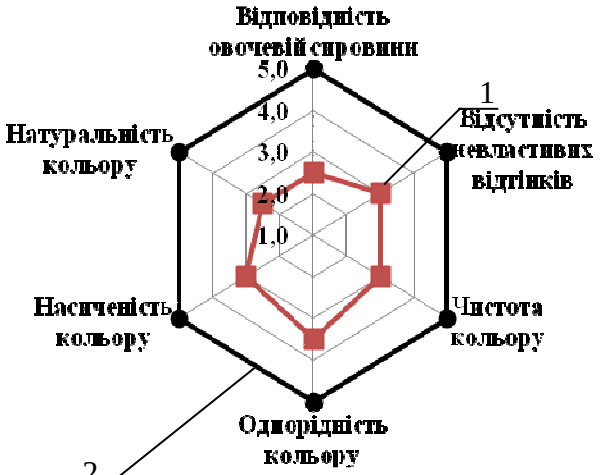
Таблиця 4.2

Результати органолептичної оцінки салату з листяних овочів

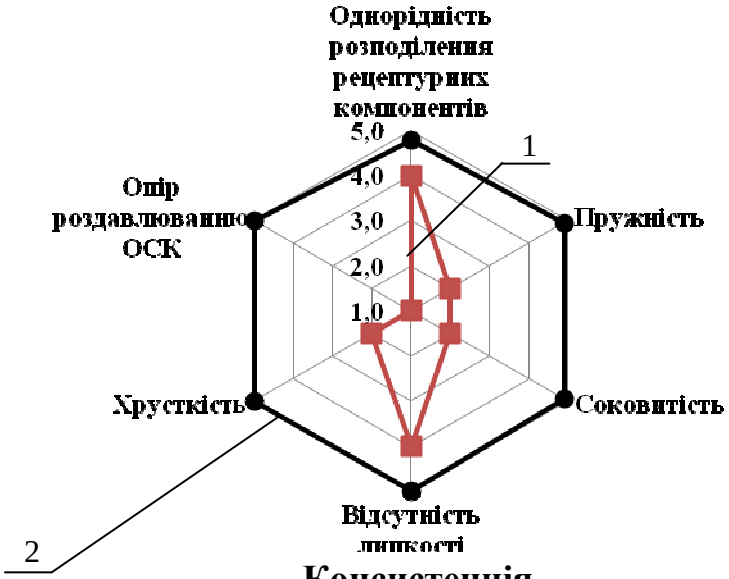
Найменування показника	**№ з/п деск-риптора**	**Коефіцієнт вагомості дескриптора**	**Характеристика**	**Оцінка в балах**
Зовнішній вигляд	1	0,2	Відповідність форми нарізки овочів	5,0
	2	0,2	Рівномірність розподілення овочевої сировини	5,0
	3	0,2	Аспектність	5,0
	4	0,2	Рівномірність розподілення ОСК	4,8
	5	0,2	Відсутність злипання капсул	5,0
Сумарна оцінка				*4,96*
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				***1,48***
Колір	1	0,2	Відповідність овочевій сировини	5,0
	2	0,2	Відсутність невластивих відтінків	5,0
	3	0,2	Чистота кольору	5,0
	4	0,2	Однорідність кольору	5,0
	5	0,1	Насиченість кольору	4,9
	6	0,1	Натуральність кольору	4,8
Сумарна оцінка				*4,95*
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				***1,48***
Консистенція	1	0,3	Однорідність розподілення рецептурних компонентів	4,8
	2	0,2	Пружність	4,9
	3	0,1	Соковитість	4,9
	4	0,1	Відсутність липкості	5,0
	5	0,1	Хрусткість	4,9
	6	0,2	Опір роздавлюванню ОСК	5,0
Сумарна оцінка				*4,91*
Коефіцієнт вагомості показника				0,1
Підсумкова оцінка за показником				***0,49***
Смак та запах	1	0,1	Чистота	5,0
	2	0,3	Натуральність	5,0
	3	0,1	Відповідність рецептурним компонентам	5,0
	4	0,1	Виразність	5,0
	5	0,2	Відсутність стороннього присмаку та аромату	5,0
	6	0,1	Наявність залишкових смакових відчуттів	4,8
	7	0,1	Швидкість вивільнення смаку та запаху олії соняшникової з капсул	5,0
Сумарна оцінка				*4,97*
Коефіцієнт вагомості показника				0,3
Підсумкова оцінка за показником				***1,49***
Всього				**4,95**



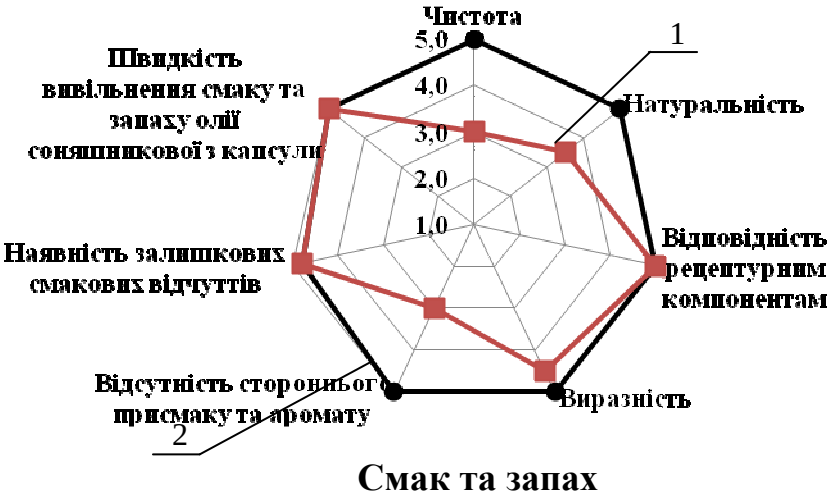
Зовнішній



Колір



Консистенція



Смак та запах

Рис. 4.5 – Профілограми органолептичної оцінки салату із листяних овочів протягом 6 діб зберігання за температури t = (10…12) ± 0,2° С: 1 – салат, заправлений олією соняшниковою рафінованою дезодорованою; 2 – салат, заправлений ОСК

Калорійність та поживна цінність салатів із листяних овочів із використанням напівфабрикату ОСК залежить від рецептурного складу салатів та може корегуватися шляхом залучення до інгредієнтного складу сировини рослинного та тваринного походження.

Дослідження фізико-хімічних показників салатів із листяних овочів дозволяє стверджувати, що кулінарна страва з використанням напівфабрикатів ОСК має сталі показники протягом 6 діб за температури t = (10…12) ± 0,2º С та відповідають зазначеним результатам на відміну від салату, який був заправлений безпосередньо олією соняшниковою (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Фізико-хімічні показники салату із листяних овочів

Найменування показника	**Салат, заправлений олією соняшниковою**	**Салат із використанням ОСК**
Вологість, %	78,0	80,0
pH, %	6,8	6,5

Вміст токсичних елементів, мікотоксинів у дослідних салатах із листяних овочів не перевищував допустимих рівнів, встановлених у МБВ і СН № 5061 (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вміст токсичних елементів, мікотоксинів у салатах із листяних овочів

Найменування показника	**Допустимі рівні, мг/кг, не більше**	**Салат, заправлений олією соняшниковою**	**Салат із використанням ОСК**
Токсичні елементи: − свинець; − миш’як; − кадмій; − ртуть; − мідь; − цинк;	 0,5 0,2 0,03 0,02 5,0 10,0	 0,3 0,1 0,01 0,01 3,0 6,1	 0,3 0,1 0,01 0,01 3,0 6,0
Мікотоксини: − патулін	 0,05	 0,03	 0,03

Безпечність салатів із листяних овочів досліджували шляхом визначення мікробіологічних показників заправленого салату олією соняшниковою та салату із використанням ОСК у вакуум-упаковці протягом 6 діб за температури t = (10…12) ± 0,2º С. Результати дослідження представлено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Мікробіологічні показники салату із листяних овочів

Найменування показників	**Допустимі рівні, не більше ніж**	**Салат, заправлений олією соняшниковою**	**Салат із використанням ОСК**
Кількість аеробних та факультативно- анаеробних мікроорганізмів, КУО/г	10×10^3	9×10^3	5×10^3
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), у 0,1 г	1,0	0,7	0,6
S.aureus, у 1 г	1,0	0,8	0,5
Proteus, у 1 г	0,1	0,1	0,1
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella*, у 25 г	25	24	15

Таким чином, визначено, що використання напівфабрикату ОСК у технології салатів із листяних овочів є ефективним, а нова технологія характеризується високим ступенем інноваційності. Результати дослідження покладено в основу технологічної інструкції з виготовлення холодних та гарячих закусок, салатів, других страв, солодких страв із використанням олій, жирів та сумішей жирових капсульованих до ТУ У 10.4-38128375-003:2014.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

У даному розділі наведені результати розрахунків економічної ефективності та соціального ефекту від упровадження технології ОСК, розраховано собівартість та комерційну ціну нового продукту, розроблено інвестиційний проект промислової реалізації нової технології, представлено результати упровадження нової продукції в закладах ресторанного господарства та підприємствах харчової промисловості.

5.1. Визначення економічної ефективностіта соціального ефекту від упровадження нової технології

На сьогоднішній день інноваційна діяльність являється фундаментальним підґрунтям теоретичних досліджень, які включають сукупність матеріальних, організаційних, економічних, соціальних умов, кадрову та інформаційну складову, наслідком чого є науково-технічний та економічний зріст підприємства та держави.

Інноваційними у науковій роботі є не тільки теоретичні передумови капсулювання олієжирової сировини через двошарове прийомне середовище, а й практичні впровадження технології ОСК в ПХП України, Іспанії та ЗРГ, які ґрунтуються на виробництві принципово нової групи товарів з високими функціонально-технологічними властивостями, їх авторському технічному оформленні, сучасних організаційних підходах тощо.

Упровадження нової інноваційної технології ОСК у виробництво потребує оцінки економічних, науково-технічних, ресурсних, екологічних та соціальних критеріїв її ефективності.

Для більш чіткої оцінки ступеня інноваційності технології ОСК було розроблено блок-схему інноваційного розвитку нового продукту (рис. 5.1).

Рис. 5.1. Інноваційний розвиток технології ОСК

Інноваційна діяльність підприємства починається з «генерації» та обробки нових науково-технічних ідей. Обробка науково-технічної інформації – це процес дослідження проекту на протязі усього його життєвого циклу, який починається з моделювання потоків фінансових затрат на розробку, впровадження та виведення нового продукту у торгівельну мережу та завершується співставленням очікуваних результатів з орієнтацією на досягнення максимального прибутку.

Оцінку економічної ефективності та соціального ефекту від упровадження нової продукції визначали за діючими методиками розрахунків [152; 153].

У табл. 5.1 наведено оцінку інвестицій у виробництво ОСК станом на

01.12.2015 року. Розрахунки проводилися відповідно до методичних рекомендацій щодо визначення собівартості продукції, комерційної ефективності, з урахуванням середніх індексів цін та тарифів на ресурсне забезпечення.

Таблиця 5.1

Оцінка ефективності інвестицій у виробництво ОСК

Найменування показника	Роки			У цілому дисконтування на потоки за період
	I рік	II рік	III рік	
Загальна сума інвестицій, тис. грн	2 160,0	–	–	–
Виручка від реалізації з ПДВ, тис. грн	24 709,8	21 487,6	18 682,5	64 879,9
Виручка від реалізації без ПДВ, тис. грн	20 591,5	17 906,3	15 568,7	54 066,5
Прибуток від реалізації після відрахування усіх видів поточних витрат, тис. грн	1 515,0	1 317,0	1 145,0	3 977,0
Чистий прибуток після виплати податків та інших видатків, що реінвестується, тис. грн	1 060,4	921,9	801,5	2 783,8
Амортизаційні відрахування, тис. грн	194,7	157,9	131,1	483,7
Дисконтований грошовий дохід, тис. грн	1 255,1	1 079,8	932,5	3 267,4
Абсолютна дохідність інвестицій (NPV), тис. грн	905,2	175,7	1 107,3	1 107,3
Відносна дохідність – дисконтова ний індекс прибутковості (DPI)	1,71	3,19	4,4	4,4
Строк окупності інвестицій, роки	–	–	–	2

Аналіз ємності ринку та технічна оцінка продукту включає маркетингові дослідження ринку, визначення потенційного кола споживачів, оцінку купівельної спроможності, оцінку конкурентоспроможності нового продукту з

наступним позиціюванням інновації на ринку. Результати досліджень споживчого ринку України та країн ЕС показали, що ступінь інновації технології ОСК характеризується як «високий», а новий продукт являється принципово новим внаслідок його високотехнологічності та багатофункціональності.

Упровадження нового продукту на підприємстві передбачає проведення комплексу взаємопов'язаних дій, а саме проведення аналітичних, теоретичних, експериментальних досліджень та практичних відпрацювань з метою доведення нової технології до промислових масштабів. З метою комплексної економічної оцінки технології ОСК доцільним є визначення сировинної собівартості промислового зразка. Розрахунок витрат на сировину та матеріали наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок витрат на сировину та матеріали

Найменування сировини	**Одиниця виміру**	**Витрати на 1000 кг готової продукції, кг**	**Ціна за 1 кг, грн**	**Вартість сировини, грн**
AlgNa FD 157	кг	2,0	300,0	600,0
Вода питна підготовлена	л	140,0	0,5	70,0
Цукор білий	кг	4,0	10,6	42,4
$CaCl_2$	кг	1,5	18,0	27,0
Етанол	л	4,0	49,50	198,0
Олія соняшникова	л	850,0	19,8	16 830,0
Е432	кг	0,25	321,0	80,2
Тара скляна (120 г)	шт.	833	0,9	749,7
Усього вартість сировини та матеріалів:				18 597,3
Транспортно-логістичні услуги, грн (4,0% від вартості основної сировини)				735,9
Усього:				19 333,2*

*Ціни наведено з НДС станом на 01 грудня 2015 року

Збільшення економічної ефективності підприємства, соціально-економічних показників держави визначається розширенням масштабів виробництва, чисельності адміністративного та виробничого персоналу, об'ємами продукції, що випускається, рентабельністю підприємства та можливістю накопичення інвестицій для наступного реінвестування капіталу. Отже, наступним етапом обґрунтування економічно-соціальної доцільності стало визначення комерційної ефективності (табл. 5.3) з урахуванням середніх індексів цін на ресурсозабезпечення станом на 01 грудня 2015 року.

Таблиця 5.3

Комерційна ефективність виробництва ОСК

Найменування показника	**Витрати на 1000 кг готової продукції, грн.**
1	2
Вартість основної сировини, грн.	19 333,2
Вартість додаткової сировини та матеріалів, грн.	43 951,8
Заробітна плата, грн	2 533,5
Нарахування на заробітну плату, грн	937,0
Інші поточні витрати, грн	15 550,7
Комерційна собівартість, грн	82 312,2
Нормативна рентабельність, %	17,0
Прибуток, грн	13 999,2
Відпускна ціна без ПДВ за 1 кг, грн	96,3
Відпускна ціна за 1 кг з ПДВ, грн	115,5
Відпускна ціна за 1 одиницю упаковки (120 г)	13,9
Продукт-аналог	Олія соняшникова у желатинових капсулах
Відпускна ціна продукту аналогу за 1 кг без ПДВ, грн	128,0
Прибуток з врахуванням відпускної ціни продукту-аналогу, грн	45,7
Рентабельність з врахуванням ціни продукту-аналога, %	86,5
Податок на прибуток, грн (20,0%)	9,1

Продовження табл. 5.3

1	2
ПДВ, грн (20,0%)	25,6
Відпускна ціна за 1 кг з ПДВ, грн	153,6
Відпускна ціна за 1 одиницю упаковки (120 г)	18,4

Зіставлення отриманих даних з відпускної ціни ОСК ($С_{о.с.}$ = 80,0%) у альгіновій оболонці порівняно з ціною олії соняшникової у желатинових капсулах ($С_{о.с.}$ > 70,0%), технологічний процес виготовлення яких характеризується як більш трудоємкісний, багатостадійний, а масова частка желатинової оболонки у готовій продукції складає 30,0% і більше, дозволяє встановити, що ціна за 1 кг готової олії соняшникової у желатинових капсулах складає 153,6 грн, в той час як ціна ОСК (за 1 кг) – 115,5 грн. Отже, ОСК у альгіновій оболонці є цікавою не тільки з точки зору високотехнологічних можливостей, а й відпускної ціни, що значно розширює спектр її застосування в технологіях кулінарної продукції та харчових продуктів з метою зниження їх собівартості.

5.2. Упровадження результатів дослідження у виробництво та навчальний процес

На підставі проведених аналітичних, теоретичних, експериментальних досліджень випробувано та реалізовано у ЗРГ та підприємствах харчової промисловості технологію ОСК та кулінарної продукції з її використанням (табл. 5.4).

В рамках наукової роботи розроблено та затверджено нормативну документацію – технічні умови ТУ У 10.4-38128375:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані», технологічну інструкцію до ТУ У 10.4-38128375:2014 та технологічну інструкцію з виготовлення холодних та гарячих закусок, салатів, других страв, солодких страв із використанням ОЖСК

ТУ У 10.4-38128375:2014.

Технологію ОСК упроваджено на спеціалізованій фабриці ТОВ «Капсулар» (м. Дергачі, Україна, акти від 18.08.2014 р., 19.08.2014 р., 28.01.2016 р.), у фірмах «ELAYO GRUPO» (м. Малага, Іспанія, акт від 10.09.2014 р.) та «ACER CAMPESTERS, S.L» (м. Хаен, Іспанія, акти від 20.01.2015 р., 21.04.15 р.) та закладах ресторанного господарства ФОП Софроні А.В. (м. Харків, Україна, акт від 08.10.2015 р.).

Таблиця 5.4

Результати впровадження технології ОСК у ЗРГ та ПХП

Найменування продукції	Назва тем, в межах яких здійснено впровадження	Нормативна та/чи технологічна документація, що регламентує виробництво продукції	Назва організації, в якій здійснено упровадження	Документ, що підтверджує упровадження	Апробація результатів дослідження
Олія соняшникова капсульована	Угода № 1-у від 04.02.2013 року	ТУ У 10.4-38128375:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані» ТІ до ТУ У 10.4-38128375:2014 ТІ на кулінарну продукцію до ТУ У 10.4-38128375:2014	ТОВ «Капсулар», м. Дергачі, Україна	Акт від 18.08.2014 р.	Представлення результатів роботи на міжнародних, всеукраїнських, регіональних та вузівських конференціях, семінарах. Демонстрування продукції на виставках
Олія кокосова капсульована, олія пальмова капсульована				Акт від 19.08.2014 р.	
Капсульований масложировий продукт	Договір № 140213 від 14.02.2013 року	Акт впровадження у виробництво	TRANSUCRANIA S.A. фірма «ELAYO GRUPO» м. Малага, Іспанія	Акт впровадження від 10.09.2014 р.	
Капсульований масложировий продукт	№ 16-14-15 Д (0114U004790) «Адаптация технологического процесса производства капсулированного масложирового продукта в соответствии с технологическими и техническими требованиями предприятия ACER CAMPESTRES, S.L	Акти впровадження у виробництво	Фірма «ACER CAMPESTERS, S.L», м. Хаен, Іспанія	Акт випробувань від 20.01.2015 р.	
Капсульована оліжирова продукція		Акт впровадження науково-дослідної роботи		Акт впровадження науково-дослідної роботи від 21.04.2015 р.	
Салати із листяних овочів із використанням напівфабрикатів капсульованих рослинних олій	№ 19-15-16 Б (0114U006540) «Наукові та прикладні основи забезпечення технологічної стабільності дисперсних систем для виробництва продукції індустріальними способами»	Акт впровадження науково-дослідної роботи	ФОП Софроні А.В. м. Харків, Україна	Акт впровадження науково-дослідної роботи від 08.10.2015 р.	
Технологія капсульованих харчових систем гідрофобного походження	№ 13-15-16 Д (0115U001891) «Розробка та наукове обґрунтування технології капсулювання харчових систем гідрофобного походження»	Акти впровадження у виробництво	ТОВ «Капсулар» м. Дергачі, Україна	Акт впровадження науково-дослідної роботи від 28.01.2016 р.	

Результатидосліджень упроваджено в начальних процес ХДУХТ: акт від 29.04.2014 р. в межах дисциплін «Загальні технології», «Науково-дослідна робота студентів»; акт від 23.02.2015 р. в межах дисциплін «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія продукції закладів ресторанного господарства»; акт від 26.11.2015 р. в межах дисциплін «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія галузі. Технологія продукції ЗРГ», «Загальні технології», акт від 24.12.2015 р. в межах дисциплін «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія продукції закладів ресторанного господарства», «Технологія галузі»; акт від 25.12.2015 р. в межах дисциплін «Теоретичні основи харчових технологій», «Технологія галузі. Технологія продукції ЗРГ», «Загальні технології».

Технологія ОСК пройшла технологічні та медико-біологічні випробування, широко представлялася на міжнародних, обласних, регіональних та вузівських конференціях, семінарах, конкурсах, основними з яких є: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі» (м. Харків, ХДУХТ, 2013, 2014 рр.), «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, ХДУХТ, 2014, 2015 рр.), Міжнародна науково-практична конференція «Наука о питании: технологи, оборудование и безопасность пищевых продуктов» (Російська Федерація, м. Саратов, СДАУ ім. М.І. Вавілова, 2013 г.), «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, ХДУХТ, 2013 р.), «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, ХДУХТ, 2014, 2015 рр.), «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» (м. Харків – Мелітополь – Кирилівка, 2015 р.), «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі» (м. Київ, НУХТ, 2015 р.),

Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, ХДУХТ, 2014 р.), XII та XIII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів з міжнародною участю «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (м. Одеса, ОНАХТ, 2014, 2015 р.), III Міжнародна науково-практична конференція «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія та економіка в харчовій та косметичній промисловості» (м. Харків, НТУ ХПИ, 2015 р.).

Нова продукція демонструвалася та отримала позитивну оцінку фахівців галузі на виставці-дегустації наукових розробок ХДУХТ «День технолога» (м. Харків, ХДУХТ, 2014 р.), на виставках наукових розробок ХДУХТ, які проводилися 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» та «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, ХДУХТ, 2015 р.). Окрім цього, продукція демонструвалася на виставках «Наукові пікніки», «Ніч науки в Харкові».

19 листопада 2015 року одержано нагороду II ступеня Всеукраїнського конкурсу якості продукції, товарів, робіт, послуг «100 кращих товарів України 2015 року» на державному рівні та 27 грудня 2015 року одержано нагороду I ступеня того ж конкурсу на регіональному рівні.

Упродовж виконання наукової роботи нова продукція представлялася на дегустаційних нарадах, які проводилися за участю науковців ХДУХТ, фахівців галузі та отримала позитивні відгуки, що підтверджено актами дегустацій, і рекомендована до упровадження в ЗРГ та ПХП.

Одержано патент на корисну модель № 90875 «Спосіб одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів» від 10.06.2014 р. та патент на винахід № 108807 «Спосіб одержання капсул з внутрішнім умістом на основі жирів та отримана на його основі капсула» від 10.06.2015 р.

ВИСНОВОК

У науковій роботі проведено системне дослідження функціональних властивостей компонентів системи, що підлягають капсулюванню, «олія соняшникова – AlgNa – $CaCl_2$», встановлено закономірності одержання термостабільних капсул з внутрішнім умістом олієжирової сировини методом вертикальної співвісної екструзії у двошарове прийомне середовище, узагальнено теоретичні та експериментальні дослідження з розробки технології ОЖСК, у тому числі ОСК, яка полягає в комплексній переробці олій рослинних, створенні рецептурних сумішей для капсулювання, двошарового прийомного середовища, керованому технологічному процесі капсулоутворення методом вертикальної співвісної екструзії та одержані капсульованої продукції з заданими властивостями та подовженими термінами зберігання.

1. Аналітичний огляд літератури та узагальнення науково-технічної інформації з дослідженої тематики дозволили встановити, що перспективним напрямом переробки та зберігання олій рослинних, що забезпечує розвиток харчових технологій, є одержання капсульованої олієжирової продукції, у тому числі ОСК з їстівною оболонкою та регульованим хімічним складом. Визначено, що забезпечення інтактності салатних заправок, до складу яких входить олія, із листям салатів у технології виробництва салатів із листяних овочів дозволить створити новий сегмент цієї групи.

2. Проведено системні дослідження та встановлено закономірності капсулоутворення систем «олія соняшникова – AlgNa – $CaCl_2$» через двошарове прийомне середовище «олія соняшникова – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}»; обґрунтовано параметри одержання безшовних термостабільних капсул $d = (6{,}0…12{,}0) \times 10^{-3}$ м за співвідношення оболонка капсули:внутрішній олієжировий уміст як 10:30…90:70; визначено зв’язок параметрів технологічного процесу, що забезпечують сталість технологічного процесу й отримання ОСК із

заданими споживними властивостями для забезпечення високих органолептичних показників кулінарної продукції подовженого терміну зберігання й реалізації.

3. На підставі аналітичних та експериментальних досліджень системи «олія соняшникова – Alg_2Ca» спрогнозовано та науково обґрунтовано умови та закономірності капсулоутворення. Доведено, що перехід капсул із квазістабільного в термодинамічно стабільний стан досягається за умов переходу капсул із олійного шару у водно-спиртовий розчин Ca^{2+} двошарового прийомного середовища та забезпечується регулюванням густини водно-спиртового середовища ($\rho_{о.с.}$ = 926,0 кг/м^3), уведенням ПАР Е432 (C_{E432} = 0,3%) для зниження міжфазового натягу з 17,317 до 4,665 м/Нм. Доведено, що співвідношення етанол:вода питна з інтервалом $C_{ет}$ = 37,5…40,0 об.% вирівнює густину фаз прийомного середовища та сприяє зниженню міжфазового натягу.

4. Експериментально досліджено закономірності формування міжфазового натягу в системах «олія – водно-спиртовий розчин Ca^{2+}» та встановлено, що використання ПАР (Е432) за концентрації 0,3%, $C_{ет}$ = 37,5…40,0 об.%, C_{CaCl2} = 1,0 ± 0,05% дозволяє отримати міжфазовий натяг зі зниженням $\sigma_{МАШ}$ = 4,359 м/Нм та забезпечує сталість технологічного процесу одержання ОСК.

5. Розроблено та науково обґрунтовано технологію ОСК, раціональні концентрації рецептурних компонентів, що дозволило розробити рецептурний склад нового продукту з визначеними органолептичними та структурно-механічними показниками $E_{пр}$ = (10,0…21,5) × 10^3 Па. Встановлено основні показники якості та безпечності нового продукту. Визначено, що за вмісту сухих речовин 80,2 ± 0,4% готовий продукт містить 79,9 ± 0,1% жиру, 0,3 ± 0,01% вуглеводів, а його енергетична цінність становить 720,3 ккал.

6. Розроблено й затверджено технічні умови ТУ У 10.4-38128375-003:2014 «Олії, жири та суміші жирові капсульовані» та технологічну інструкцію з їх виробництва. Обґрунтовано умови й терміни зберігання готової продукції, які становлять 6 місяців за температури 2…6° С та відносної вологості повітря 75,0…85,0%. Розроблено рекомендації з використання ОСК у технології

кулінарної продукції, зокрема у складі салатів із листяних овочів. Проведено комплекс організаційно-технологічних заходів з упровадження нової технології у виробництво та навчальний процес.

7. На основі узагальнення аналітичних та експериментальних даних і з урахуванням функціонально-технологічних властивостей ОСК розроблено нову технологію виробництва салатів із листяних овочів для ЗРГ, системи роздрібної торгівлі та кейтерингу, які характеризуються високими органолептичними показниками, стабільними фізико-хімічними властивостями та подовженими термінами зберігання (до 6 діб за умов, що t = 10…12º С та W = 75…85,0%).

8. Розраховано основні економічні показники нової технології та доведено соціально-економічний ефект її упровадження у виробництво. Установлено, що технологія ОСК характеризується високим рівнем рентабельності, а термін окупності нового проекту становить 2 роки. Розраховано відпускну ціну з ПДВ за 1 кг ОСК, яка дорівнює 115,5 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ruiz-Núñez B. Lifestyle and nutritional imbalances associated with Western diseases: causes and consequences of chronic systemic low-grade inflammation in an evolutionary context / B. Ruiz-Núñez // The Journal of nutritional biochemistry. – 2013. – Т. 24. – № 7. – С. 1183−1201.

2. Dauncey M. J. Nutrition, genes, and neuroscience: implications for development, health, and disease / M. J. Dauncey // Diet and Exercise in Cognitive Function and Neurological Diseases. – 2015. – С. 1–13.

3. Смоляр В. І. Стан фактичного харчування населення незалежної України / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2012. – № 1–2. – С. 34–35.

4. Pfeiffer C. M. et al. Assessing vitamin status in large population surveys by measuring biomarkers and dietary intake-two case studies: folate and vitamin D / C. M. Pfeiffer // Food & nutrition research. – 2012. – Т. 56. – С. 45–49.

5. Смоляр В. І. Формула раціонального харчування / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2013. – № 1. – С. 5–9.

6. Bigliardi B. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods / B. Bigliardi, F. Galati // Trends in Food Science & Technology. – 2013. – Т. 31. – № 2. – С. 118–129.

7. Popkin B. M. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries / B. M. Popkin, L. S. Adair, S. W. Ng // Nutrition reviews. – 2012. – Т. 70. – № 1. – С. 3–21.

8. Кузнєцова І. В. Значення поліненасичених жирних кислот стевії у харчових продуктах спеціального призначення / І. В. Кузнєцова // Вісник НТУ ХПІ. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – 2012. – № 17. – С. 114–117.

9. Chapman K. D. Biogenesis and functions of lipid droplets in plants Thematic Review Series: Lipid Droplet Synthesis and Metabolism: from Yeast to Man / K. D. Chapman, J. M. Dyer, R. T. Mullen // Journal of lipid research. – 2012. – Т. 53. – № 2. – С. 215–226.

10. Aranceta J. Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review / J. Aranceta, C. Pérez-Rodrigo // British Journal of Nutrition. – 2012. – Т. 107. – № 2. – С. 8–22.

11. Goldstein J. L. Century of Cholesterol and Coronaries: From Plaques to Genes to Statins / J. L. Goldstein, M. S. Brown // Cell. – 2015. – Т. 161. – № 1. – С. 161–172.

12. Сучасні напрями покращення біологічної цінності спредів / В. В. Манк, Є. І. Шеманська, І. М. Віннiченко, І. В. Левчук // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21. – № 1. – С. 196–201.

13. Önal E. Bio-oil production via co-pyrolysis of almond shell as biomass and high density polyethylene / E. Önal, B. B. Uzun, A. E. Pütün // Energy Conversion and Management. – 2014. – Т. 78. – С. 704–710.

14. Пивоваров П. П. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посіб. / П. П. Пивоваров, А. Б. Горальчук, Є. П. Пивоваров [та ін.] – Х. ХДУХТ, 2010. – 363 с.

15. Crowe K. M. Evaluating Bioactive Food Components in Obesity and Cancer Prevention / K. M. Crowe, D. Allison // Critical reviews in food science and nutrition. – 2015. – Т. 55. – № 5. – С. 732–734.

16. Wu G. Functional amino acids in nutrition and health / G. Wu // Amino Acids. – 2013. – Т. 45. – № 3. – С. 407–411.

17. Popkin B. M. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries / B. M. Popkin, L. S. Adair, S. W. Ng // Nutrition reviews. – 2012. – Т. 70. – № 1. – С. 3–21.

18. Дудар Л. В. Роль харчової поведінки та режиму харчування в розвитку надлишкової маси тіла в осіб молодого віку / Л. В. Дудар, М. О. Овдій // Сучасна гастроентерологія. – 2013. – № 4. – С. 31–35.

19. Гуліч М. П. Раціональне харчування та здоровий спосіб життя – основні чинники збереження здоров’я населення / М. П. Гуліч // Проблемы старения и долголетия. – 2011. – Т. 20. – № 2. – С. 128–132.

20. Гриньова М. Вплив збалансованого харчування на розумову діяльність студентської молоді / М. Гриньова, Н. Коновал // Витоки педагогічної майстерності. Сер. : Педагогічні науки. – 2014. – №. 13. – С. 17–21.

21. Замойська К. Раціональне харчування студентів – запорука їхнього здоров’я / К. Замойська [та ін.] // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Сер. : Педагогічні науки. – 2014. – № 132. – С. 319–323.

22. Tikhonova F. Rational assortment portfolio in accordance to the food security / F. Tikhonova // Ukrainian food journal. – 2013. – № 2, Issue 4. – С. 612–618.

23. Roberto C. A. Use of psychology and behavioral economics to promote healthy eating / C. A. Roberto, I. Kawachi // American journal of preventive medicine. – 2014. – Т. 47. – № 6. – С. 832–837.

24. Living H. Food for Healthy Living and Active Ageing / H. Living [et al.] // Active Ageing and Healthy Living : A Human Centered Approach in Research and Innovation as Source of Quality of Life. – 2014. – Т. 203. – С. 32–36.

25. Кривошапко О. А. Лечебные и профилактические свойства липидов и антиоксидантов, выделенных из морских гидробионтов / О. А. Кривошапко, А. М. Попов // Научно-практический журнал «Вопросы питания». − 2011. − № 2. – С. 4−8.

26. Іванов С. В. Технологія купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу : монографія / С. В. Іванов, Л. В. Пешук, І. Г. Радзієвська. − К. НУХТ, 2013. − 210 с.

27. Матвєєва Т. В. Розробка рецептури майонезу на основі купажованих олій для функціонального харчування / Т. В. Матвєєва // ВІСНИК НТУ ХПІ. – 2015. − № 14 (1123). – С. 52−59.

28. Chugh, B. Storage studies on mustard oil blends / B. Chugh, K. Dhawan // J. of Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 51. – P. 762–767.

29. Матвєєва Т. В. Купажування олій з оптимізованим жирнокислотним складом / Т. В. Матвєєва, З. П. Федякіна, І. Є. Шаповалова, І. П. Петік // Вісник НТУ ХПІ. – Харків, 2013. – № 11. – С. 116–120.

30. Топчій О. А. Principles of blending fatty acid balanced vegetable oils / О. А. Топчій, Є. О. Котляр // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 1. – № 6 (73). – С. 26–32.

31. Радзієвська І. Г. Розробка технології купажованих тваринно-рослинних жирів підвищенної харчової цінності: дис. … канд. техн. наук : 05.18.16 / Радзієвська Ірина Гіронтіївна. – К., 2010. – 172 с.

32. Шиш А. М. Механізми кардіопротекторного ефекту омега-3 поліненасичених жирних кислот при гострому ушкодженні міокарда за умов іммобілізаційного стрессу / А. М. Шиш [та ін.] // Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2013. – № 2. – С. 76–83.

33. Смойловська Г. П. Дослідження якісного складу та кількісного вмісту карбонових кислот у листі Urtica dioica L / Г. П. Смойловська // Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. – 2015. – №. 3. – С. 48−51.

34. Юдина С. Б. Системный подход к созданию геродиетических продуктов питания / С. Б. Юдина // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные продукты питания : IX Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 нояб., 2011 г.: тезисы докл. – Москва : ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств», 2011. – С. 70–74.

35. Черепанова Н. О. Інфраструктурне забезпечення ринку рослинної олії в Україні і сучасні тенденції його розвитку / Н. О. Черепанова // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2012. – № 2. – С. 383–387.

36. Гальчинська Ю. М. Аналіз продуктів переробки світового ринку олійних культур / Ю. М. Гальчинська // Наука й економіка. – 2014. – № 3. – С. 91–96.

37. Осейко М. І. Нанотехнологічні та інноваційні аспекти модифікованих олій щодо конкурентоспроможності спеціальних жирів і композицій / М. І. Осейко, Т. І. Романовська, О. В. Голодна // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності. – 2015. – С. 38.

38. Тарасова В. В. Использование смесей растительных жиров и масел при создании функциональных продуктов питания / В. В. Тарасова, Ю. В. Николаева, М. Ю. Рудакова, Л. М. Мазалова // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные продукты питания : IX Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 нояб., 2011 г. : тезисы докл. – Москва: ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств», 2011. – С. 130–135.

39. Целуйко Ф. В. Сучасна поліграфія та екологія в контексті розвитку графічного дізайну / Ф. В. Целуйко // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архитектура. – 2014. – № 2. – С. 43–46.

40. Тютюнников Б. Н. Химия жиров : Учебник по специальности «Технология жиров» / Б. Н. Тютюнников, Ф. Ф. Гладкий, З. И. Бухштаб [и др.] – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Колос, 1992. − 447 с.

41. Немченко Ж. Нова редакція ДСТУ 3924 // Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2014. – №. 3. – С. 8–13.

42. Нечаев А. П. Пищевая химия; 4-е изд., испр. и доп. / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова [и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – СПб. : ГИОРД, 2007. – 640 с.

43. Шатерников В. А. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий / разраб. В. А. Шатерников [и др.] ; под ред. И. М. Скурихина, В. А. Шатерникова. – М. : Легкая и пищевая промышленности, 1984. – 327 с.

44. О’Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О’Брайен : пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды. – СПб. : Профессия, 2007. – 752 с.

45. ДСТУ 2575-94. Олії рослинні. Сировина та продукти переробки. Показники якості. Терміни та визначення. − К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 25 с.

46. Голубев В. Н. Основы пищевой химии / В. Н. Голубев. − М. : Биофармсервис, 1997. − 223 с.

47. Кравченко Е. Ф. Органічна хімія. Ч. 2 : навч. посіб. для студ. вузів / Е. Ф. Кравченко, Н. В. Мурликіна. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 224 с.

48. Масла растительные. Методы определения кислотного числа: ГОСТ 5476-80 – М. : Изд-во стандартов, 1982 – 12 с.

49. Матвєєва Т. В. Математичне обґрунтування складання сумішей олій / Т. В. Матвєєва, П. Ф. Петік, З. П. Федякіна // Східно-европейський журнал передових технологій. – 2013. − № 3/6(63). – С. 26–28.

50. Арутюнян Н. С. Фосфолипиды растительных масел / Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена. – М. : Агропромиздат, 1986. – 255 с.

51. Пономарьов П. Х. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини / П. Х. Пономарьов, І. В. Сирохман. − К. : Лібра, 1999. – 272 с.

52. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М. : Брандес-Медицина, 1998. – 341 с.

53. Павлоцкая Л. Ф. Физиология питания / Л. Ф. Павлоцкая, Н. В. Дуденко Н. В., Эйделъман М. М. – М. : Высшая школа, 1989. − 368 с.

54. Пат. 2131672 Российская Федерация, МПК A23D9/00. Пищевое растительное масло / Ф. Н. Гильмиярова, В. М. Радомская, Л. Н. Виноградова, А. В. Бабичев, И. Г. Кретова ; заявитель и патентообладатель Гильмиярова Фрида Насыровна. – № 98105085/13 ; заявл. 23.03.1998 ; опубл. 20.06.1999, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

55. Пат. 2165451 Российская Федерация, МПК C11B1/10. Способ получения растительного масла / К. Ю. Соболева, О. В. Кислухина, Ю. А. Тырсин ; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет пищевых производств. – № 2000111938/13 ; заявл. 16.05.2000 ; опубл. 20.04.2001.

56. Пат. 2017438 Российская Федерация, МПК A23L1/302. Способ витаминизации пищевых продуктов / Н. В. Дуденко, Н. П. Кривко, И. П. Славгородская ; заявитель и патентообладатель Харьковский институт общественного питания. – № 4944276/13 ; заявл. 10.06.1991 ; опубл. 15.08.1994.

57. Пат. 2109039 Российская Федерация, МПК C11C3/12. Способ гидрирования растительных масел и жиров / В. В. Барелко, И. А. Юранов, А. А. Фомин, С. И. Сердюков, Н. В, Комаров, С. М. Батурин, М. Боровяк, В. Валишевич-Недобальска ; заявитель и патентообладатель Барелко Виктор Владимирович, Юранов Игорь Анатольевич, Фомин Андрей Анатольевич, Сердюков Сергей Иванович, Комаров Николай Владимирович, Батурин Сергей Михайлович, Марек Боровяк, Веслава Валишевич-Недобальска. – № 97103014/13 ; заявл. 05.03.1997 ; опубл. 20.04.1998.

58. Нечаев А. П. Технологии пищевых производств / А. П. Нечаев. – М. : Высшая школа, 2005. – 768 с.

59. Статистичний щорічник України за 2006 рік. Державний комітет статистики України / За ред. О. Г. Осауленка – К. : Консультант, 2007. — 551 с.

60. Загальні технології харчових виробництв / В. А. Домарецький, П. Л. Шиян, М. М. Калакура [та ін.] − К. : Університет «Україна», 2010. − 814 с.

61. Логінов, М. І. Технологія виробництва і переробка продуктів рослинництва : навч. посібник / М. І. Логінов, М. Г. Росновський, А. М. Логінов ; Глухів. нац. пед. ун-т ім. О. Довженка. − Глухів : ГНПУ, 2014. − 229 с.

62. Пат. 2192147 Российская федерация, МПК A 23 L1/30, A23D9/00. Биологически активная добавка / Л. Г. Болобан ; заявитель и патентообладатель

Болобан Леонид Григорьевич. – № 2000120249/13 ; заявл. 01.08.2000 ; опубл. 10.11.2002.

63. Пат. 2142240 Российская федерация, МПК A23L1/30, A23L1/303, A61K35/80, A23L2/00, A23C9/152, A21D2/08, A23G3/00, A61K7/00. Биологически активная добавка / В. Б. Некрасова, В. Г. Беспалов, Т. В. Никитина, В. Т. Курныгина ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Фитолон». – № 98114585/13 ; заявл. 29.07.1998 ; опубл. 10.12.1999.

64. Пат. 2164765 Российская Федерация, МПК A23L1/30, A23D9/00, A23L1/24, A61K9/00. Биологически активная добавка / В. А. Алешкин, С. С. Афанасьев, О. В. Рубальский, В. Ю. Давыдкин, Л. А. Денисов, И. Ю. Давыдкин, А. Г. Гаврин, А. В. Алешкин, Д. С. Афанасьев, М. С. Афанасьев ; заявитель и патентообладатель Алешкин Владимир Андрианович, Афанасьев Станислав Степанович, Рубальский Олег Васильевич, Давыдкин Валерий Юрьевич, Денисов Лев Александрович, Давыдкин Игорь Юрьевич, Гаврин Андрей Геннадьевич, Алешкин Андрей Владимирович, Афанасьев Денис Станиславович, Афанасьев Максим Станиславович. – № 2000120944/13 ; заявл. 11.08.2000 ; опубл. 10.04.2001.

65. Пат. 2018305 Российская Федерация, МПК A61K9/48 Способ получения твердой желатиновой капсулы / Б. Э. Джоунс, П. М. Найт, М. А. Уолкер ; заявитель и патентообладатель Лилли Индастриз Лимитед. – № 4028207/14 ; заявл. 10.09.1986 ; опубл. 30.08.1994.

66. Пат. 2157192 Российская Федерация, МПК[7] А 61 К 9/48. Мягкая желатиновая капсула / В. Г. Макаров, В. А. Детали, А. Н. Шишков ; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Межрегиональный центр «Адаптоген» – № 99111660/14 ; заявл. 01.06.1990; опубл. 10.10.2000.

67. Пат. 2057462 Российская Федерация, МПК A23L1/08. Способ получения биологически активной пищевой добавки / Т. И. Скоблик, Т. И. Юдина, Т. А. Устинова, Е. М. Дедяева, Р. М. Хаитов, И. В. Орадовская,

И. Д. Фадеева, Ф. Ш. Лохова, А. Н.Зайцев; заявитель и патентообладатель фармацевтическое акционерное общество «Ферейн». – № 93042903/13; заявл. 27.08.1993; опубл. 10.04.1996.

68. Перцевой Ф. В. Технология желейной продукции перерабатывающей отрасли с модифицирующими добавками / Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, В. А. Кузнецова. – Харьков, 1996. – 193 с.

69. Пат. 20110059165 США, МПК A1 A61K35/60, A61K9/48, B01J13/20, A61P3/02. АПК 424/451, 424/523, 264/4.3. Seamless alginate capsules / O. Gaserod, C. K. Larsen, P. O. Andersen – 12/874,567; заявл. 02.09. 2010 ; опубл. 10. 03. 2011.

70. Пат. UA 94959 C2 Україна, МПК A23P1/04, A61K9/48. Спосіб одержання желатинових капсул з вмістом жирової і водної фази / П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко, Є. П. Пивоваров, О. Ю. Нагорний ; заявник та патентовласник Павло Петрович Пивоваров, Ольга Олексіївна Гринченко, Євгеній Павлович Пивоваров, Олександр Юрійович Нагорний – a200901885 ; заявл. 03.03.2009 ; опубл. 25.06.2011.

71. Порційні продукти (Порционные продукты, Batch production) [Електронный ресурс]. – Режим доступу: / http://topsales.in.ua/index.php?route=product/category&path=80_64

72. Varum F. J. O. Food, physiology and drug delivery / F. J. O. Varum, G. B. Hatton, A. W. Basit // International journal of pharmaceutics. – 2013. – Т. 457. – № 2. – С. 446−460.

73. Polenz I. Monitoring reactive microencapsulation dynamics using microfluidics / I. Polenz, Q. Brosseau, J. C. Baret // Soft matter. – 2015. – Т. 11. – № 15. – С. 2916−2923.

74. Peake N. J. Controlled Release of C-Type Natriuretic Peptide by Microencapsulation Dampens Proinflammatory Effects Induced by IL-1β in Cartilage Explants / N. J. Peake et al. // Biomacromolecules. – 2015. – Т. 16. – № 2. – С. 524−531.

75. Würth R. Protective effect of milk protein based microencapsulation on bacterial survival in simulated gastric juice versus the murine gastrointestinal system / R. Würth et al. // Journal of Functional Foods. – 2015. – Т. 15. – С. 116−125.

76. Clark J. Peter Food Encapsulation: Capturing One Substance by Another / J. Peter Clark // Food Technology. – 2002. – Vol. 56 – № 11. – P. 63–65.

77. Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств: в 2 т. / В. И. Чуешов. – МТК-книга, НФАУ. – Харьков, 2002. – 716 с.

78. Salazar-López E. I. Incorporation of Microcapsules in Pineapple Intercellular Tissue Using Osmotic Dehydration and Microencapsulation Method / E. I. Salazar-López et al. // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – С. 1−8.

79. Рябець О. Ю. Технологія аналогу ікри чорної з використанням альгінату натрію:автореферат … канд. техн. наук : 05.18.16 / Рябець Ольга Юріївна. – Харків, 2008. – 19 с.

80. Сумм Б. Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б. Д. Сумм, Ю. В. Горюнов. – М. : Химия, 1976. – 232 с.

81. Ребиндер П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах: Коллоидная химия / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1978. – 366 с.

82. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова. – М. : Колос, 2002. – 256 с.

83. Папков С. П. Студнеобразное состояние полимеров / С. П. Папков. – М. : Химия, 1974. – 256 с.

84. Fakharian M. H. et al. Effects of κ-carrageenan on rheological properties of dually modified sago starch: towards finding gelatin alternative for hard capsules // Carbohydrate polymers. – 2015. – Т. 132. – С. 156–163.

85. Никитюк В. Г. История, преимущества и современная классификация желатиновых капсул / В. Г. Никитюк, Н. А. Шемет // Провизор. – 1999. – № 2. – С. 32–34.

86. Воронько Н. Г. Совершенствование процесса капсулирования рыбных жиров на основе применения полисахаридов : автореферат … канд. техн. наук: 05.18.12 / Н. Г. Воронько. – Мурманск, 2000. – 25 с.

87. Никитюк В. Г. Лекарственные средства в форме капсул, разрабатываемые в ГНЦЛС / В. Г. Никитюк, Н. А. Шемет // Фармаком. – 2001. – № 2. – С. 61–66.

88. Изменение цвета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: /http://studopedia.ru/3_94831_izmenenie-tsveta.html

89. Матвиенко А. Н. Технологии хранения фруктов и овощей для производства консервированной продукции / А. Н. Матвиенко, В. В. Лисовой, М. А. Казимирова, А. А. Схаляхов // Новые технологии. – 2014. – № 1. – С. 20–26.

90. Ржавская Ф. М. Жиры рыб и морских млекопитающих / Ф. М. Ржавская. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 470 с.

91. Сафонова О. Н. Системные исследования технологий переработки продуктов питания. Харьковский государственный университет питания и торговли / О. Н. Сафонова, Ф. В. Перцевой, О. А. Гринченко [и др.] – Харьков, ХГУПТ, 2000. – 200 с.

92. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник : метод. указания. – М. : Рос. экон. Академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.

93. Савчук В. П. Обработка результатов измерений / В. П. Савчук. – Одесса : ОНПУ, 2002. – 54 с.

94. Лавров В. В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / В. В. Лавров, Н. А. Спирин – Е, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. : Наука, 2004. – 255 с.

95. С/С++. Програмирование на языке высшего уровня – СПб. : Питер, 2006.– 461 с.

96. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных / Н. И. Сидняев. – М. : ИД Юрайт, 2011. − 399 с.

97. Сафонова О. Н. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н. Сафонова и др.]; Харк. держ. ун-т. харч. та торгівлі. – Х. : ХГУПТ, 2000. – 200 с.

98. Ганкин В. Фундаментальная физика. Силы инерции и гравитация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fphysics.com/sily_inercii_i_sily_gravitacii.

99. Законы Ньютона. Второй закон [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki.

100. Классическая теория тяготения Ньютона. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki.

101. Тарасевич С. Э. Гидродинамика и теплообмен при движении однофазной жидкости в трубах с искусственной шероховатостью / С. Э. Тарасевич, А. В. Злобин, А. Б. Яковлев // Теплофизика высоких температур. – 2015. – Т. 53. – № 6. – С. 938–952.

102. Захарова Е. В. Новые книги по физике и смежным наукам / Е. В. Захарова //успехи физических наук. – 2010. – Т. 180. – № 9. – С. 1007−1007.

103. Преимущества и значение экспериментальных задач для усвоения теоретического материала по физике / М. Н. Ермаханов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 3. – С. 7−9.

104. Кондратюк Н. В. Технологія солодких страв з використанням капсульованих продуктів з пробіотичними мікроорганізмами : автореферат … канд. техн. наук : 05.18.16 / Наталія В'ячеславівна Кондратюк – Харків, 2012. – 18 с.

105. Пивоварова О. П. Технологія реструктурованих напівфабрикатів на основі печериць : автореферат … канд. техн. наук : 05.18.16 / Ольга Павлівна Пивоварова. – Харків, 2009. – 22 с.

106. Пивоваров Є. П. Наукове обґрунтування технології структурованої харчової продукції методом іонотропного гелеутворення : автореферат … д-ра техн. наук : 05.18.16 / Євгеній Павлович Пивоваров. – Харків, 2014. – 44 с.

107. Горальчук А. Б. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик методичний посібник Харківського державного університету харчування та торгівлі / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко [та ін.] – Харків, 2006. – 63 с.

108. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1974. – 416 с.

109. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT): ДСТУ ISO 2173:2007 – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 11 с.

110. Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ: ГОСТ 11812-66. – М. : Изд-во стандартов, 1966. – 5 с.

111. Нагорний О. Ю. Технологія напівфабрикатів соусів томатних капсульованих : автореферат … канд. техн. наук: 05.18.16 / Олександр Юрієвич Нагорний. – Харків, 2014. – 19 с.

112. Мороз О. В. Технологія гранульованих напівфбрикатів для солодких страв : автореферат … канд. техн. наук : 05.18.16 / Оксана Володимирівна Мороз – Харків, 2014. – 20 с.

113. Бударин В. А. Преобразование уравнения движения в напряжениях для несжимаемой жидкости / В. А. Бударин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2 (7). – С. 38–41.

114. Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин – 2-е изд., испр. и доп. – Л. : Химия, 1978. – С. 277.

115. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. − М. : 1989. – 35 с.

116. Олії. Методи визначання кислотного числа. (ISO 660: 1996, NEQ): ДСТУ 4350:2004. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с.

117. Максимец В. П. Липиды : учебное пособие. / В. П. Максимец – Харьков : ХИОП, 1992. – 72 с.

118. Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа : ГОСТ 51487–99. – М. : ГОС. Стандарт, 2001. – 8 с.

119. Жири та олії тваринні і рослинні. Визначення пероксидного числа : ДСТУ ISO 3960–2001. – К. : Держспоживстандарт України, 2001. – 11 с.

120. Авраменко В. Н. Инфракрасные спектры пищевых продуктов / В. Н. Авраменко, Н. П. Есельсон, А. Заика // Пищевая промышленность. – М., 1974. – 174 с.

121. Кейтс М. Техника липидологии / М. Кейтс. – М. : Мир, 1975. – 450 с.

122. Олії. Методи відбирання проб. : ДСТУ 4349:2004 – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с.

123. Масла растительные. Правила приемки и методы отбора проб : ГОСТ 5471-83 – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

124. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85 – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.

125. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26669-85 – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.

126. Плотность и объёмная масса некоторых сыпучих материалов. [Електронный ресурс]. – Режим доступа: http://spravdan.narod.ru/001.htm

127. Фрукты, овощи и продукты переработки, консервы мясные и мясо-растительные. Метод определения pH : ДСТУ 6045:2008 – К. : Держспоживстандарт Украины, 2009. – 12 с.

128. Продукты пищевые. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов : ГОСТ 10444.15–94 – К. : Госстандарт Украины, 1996. – 16 с.

129. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) : ГОСТ 30518-97 – Введ. 16.04.1998. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 7 с.

130. Продукты пищевые. Метод определения Staphylococcus aureus : ГОСТ 10444.2-94 – Взамен ГОСТ 10444.2-75. – Введ. 01.01.94. – М. : Изд-во стандартов, 1995. – 15 с.

131. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Методика виявлення Salmonella spp (ISO 6579:2002, IDT) : ДСТУ ISO 6579:2006 − К. : Держспоживстандарт України, 2008. –23 с.

132. Продукты пищевые. Методы определения дрожжей и плесневых грибов ГОСТ 10444.12–88 – М. : Гос. Комитет СССР по стандартам; М. : Изд-во стандартов, 1988. – 9 с.

133. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути ГОСТ 26927–86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 15 с.

134. Сырье и продукты пищевые. Методы определения железа : ГОСТ 26928–86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.

135. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка : ГОСТ 26930–86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

136. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди. – Введ. 01.12.1986 : ГОСТ 26931-86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 14 с.

137. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. – Введ. 01.12.1986 : ГОСТ 26932-86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

138. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86 – Введ. 01.12.1986. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

139. Сырье и продукты пищевые. Методы определения цинка. – Введ. 01.12.1986 : ГОСТ 26934-86 – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

140. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов : ГОСТ 30178-96 – Введ. 01.01.1998. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 16 с.

141. Касилова Л. А. Методические указания по теме «Изучение методики отработки рецептур на кулинарную продукцию» / Л. А. Касилова, Л. Н. Крайнюк – Харьков : ХГАТОП, 1997. – 16 с.

142. Методика разработки рецептур на новые и фирменные блюда (изделия) на предприятиях общественного питания. – М. : ВНИИОП, 1991. – 19 с.

143. Система розроблення і поставлення продукції на виробництво.

Продукція харчова. Основні положення : ДСТУ 3946-2000 – К. : Держспоживстандарт України, 2000. – 26 с.

144. Пестіна Г. О. Технологія реструктурованого напівфабрикату з дині : автореферат … канд. техн. наук: 05.18.16 / Ганна Олександрівна Пестіна. – Харків, 2009. – 18 с.

145. ISP Alginate Products. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ispcorp.com.

146. FMC Bio Polymer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.Novamatrix.biz

147. Олифирова А. П. Органолептический анализ пищевых продуктов / А. П. Олифирова. – Улан-Эде. : изд-во ВСГТУ, 2005. – 192 с.

148. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови (ISO 6658:1985, IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005 – Введ. 01.01.2006. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 26 с.

149. Вытовтов А. А. Теоретические и практические основы органолептического анализа продуктов питания. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 232 с.

150. Дослідження сенсорне. Ідентифікація та вибирання дескрипторів для створення сенсорного спектру за багатобічного підходу (ISO 11035:1994, IDT) : ДСТУ ISO 11035:2005 – Введ. 01.01.2006. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 32 с.

151. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры : ISO 11036:1994 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ars_russia.com.

152. Переверзев М. П. Организация производства на промышленных предприятиях / [М. П. Переверзев и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 332 с.

153. Экономика, организация и планирование промышленного производства : учеб. пособие для вузов / Н. А. Лисицын, Ф. П. Висюлин, В. И. Выборнов и др., под. общ. редакцией Н. А. Лисицына. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн. : Выш. Шк., 1990. – 446 с.

154. Власова Н. О. Економіка та організація інноваційної діяльності : навч. посібник / Н. О. Власова, В. А. Гросул, І. Ю. Мелушова. – Харків : ХДУХТ, 2010. – 309 с.

155. Краснокутська Н. С. Сучасні підходи до визначення сутності ефективність діяльності підприємств / Н. С. Краснокутська, І. О. Алтухова // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. – 2007. – Вип.1 (3). – С. 148–154.

156. Методичні рекомендації з комерціалізації розробок, створених в результаті науково-технічної діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://do.gendocs.ru/docs/index-203203.html

157. Методические рекомендации по формированию себестоимости продукции (работ, услуг) в промышленности : [Утверждено приказом Министерства промышленной политики Украины от 09.07.2007 № 373]. – К., 2007. – 321 с.

158. Офіційний сайт Держкомстату України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua.

Наукове видання

КОРОТАЄВА Євгенія Олександрівна
НЕКЛЕСА Ольга Павлівна
НАГОРНИЙ Олександр Юрійович
ГРИНЧЕНКО Наталя Геннадіївна

ТЕХНОЛОГІЯ ОЛІЇ СОНЯШНИКОВОЇ КАПСУЛЬОВАНОЇ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У СКЛАДІ САЛАТІВ

Монографія

Відповідальний за випуск зав. кафедри О. О. Гринченко

Техн. редактор О. В. Щегельська

План 2015 р., поз. 270/91/16
Підп. до друку 23.09.2015. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк офс.
Ум. друк. арк. 10. Тираж 40 прим.

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4417 від 10.10.2012 р.