

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва**  
**Кафедра харчових технологій**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЙОГУРТІВ ПИТНИХ  
ШЛЯХОМ ЗБАГАЧЕННЯ КАРОТИНОЇДАМИ РОСЛИННОГО  
ПОХОДЖЕННЯ»

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
Технологія виробництва  
і переробки продукції тваринництва  
спеціальності 204 Технологія виробництва і  
переробки  
продукції тваринництва  
ступеня вищої освіти магістр  
групи 204ТВШТ мз 21  
Бас В.А.  
Керівник: Галіна ДУБОВА  
Рецензент:

**Полтава – 2021 року**

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Технології виробництва йогуртів	9
1.2. Характеристика йогурту, як продукту харчування та інгредієнтів, що використовуються з метою підвищення його антиоксидантних властивостей	11
1.3. Аналіз існуючих методів оцінки антиоксидантної активності природних сполук та харчових продуктів	19
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
2.1. Методика розробки питного йогурту з м'якоттю моркви та апельсиновим соком	25
2.2. Методика проведення органолептичної оцінки	25
2.3. Аналіз хімічного складу	26
2.4. Методика визначення вмісту $\beta$ -каротину	26
2.5. Методика визначення антиоксидантної активності йогурта	28
2.6. Методика визначення мікробіологічної безпечності розробленого йогурта	28
2.7. Методика визначення кислотності рН	29
2.8. Обладнання та методика визначення в'язкості йогурту.	29
2.9. Обробка результатів експериментальних досліджень	29
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1. Організація досліджень	31
3.2. Сенсорний аналіз зразків йогурту	31
3.3. Аналіз хімічного складу дослідного зразка йогурта	34
3.4. Дослідження зміни значення рН при зберіганні при 4 °С	35
3.5. Дослідження вмісту $\beta$ -каротину при зберіганні при 4 °С	36

3.6. Дослідження зміни показника антиоксидантної активності йогурту	37
3.7. Дослідження мікробіологічної безпеки	38
3.8. Дослідження в'язкості дослідного та контрольного зразків йогуртів	38
3.9. Порівняльний аналіз отриманих результатів з результатами аналогічних досліджень	43
3.10. Технологія питного йогурту, збагаченого мякоттю моркви та апельсиновим соком	45
3.11. Соціально-економічна ефективність від впровадження результатів досліджень	47
ВИСНОВКИ	51
ПРОПОЗИЦІЇ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Вперше кисломолочний продукт був отриманий приблизно 10 000 років до нашої ери. Пізніше, на початку ХХ століття, болгарський вчений Стамен Григоров виділив особливий вид бактерій, що відповідає за приготування йогурту і назвав цю бактерію болгарською паличкою.

На сьогодні в Україні річне споживання йогуртів в середньому становить 2,5 кг на людину. Питні йогурти купують в два рази більше, ніж густі (ложкові). Однак, споживання даного продукту на порядок менше, ніж в розвинених країнах Європи - 13-35 кг на людину [1].

В даний час йогуртом називають кисломолочний продукт, отриманий в результаті сквашування натурального молока чистими культурами молочнокислих бактерій. Згідно регламенту, в йогурт можна додавати смакові добавки, шматочки фруктів, ароматизатори, цукор, загусники і стабілізатори. Завдяки цьому, харчова промисловість пропонує сьогодні фантастичне різноманіття йогуртів на будь-який смак. На сьогоднішній день ринок йогуртів у всьому світі оцінюється в більш ніж 40 млрд доларів на рік, який продовжує розширюватися, переважно за рахунок виробництва питних йогуртів.

Аналіз перспективних напрямів розвитку виробництва йогуртів дозволил встановити, що такими напрямками є: розширення асортименту продукції, за рахунок використання нових інгредієнтів, особливо фруктів та овочів у рецептурному складі йогуртів; підвищувати терміни зберігання йогуртів за рахунок використання фруктів та овочів з високими антиоксидантними властивостями; посилення сенсорних властивостей йогуртів за рахунок використання фруктів та овочів з яскраво вираженими вкусовими властивостями [2, 3]. Дані обставини підтверджують актуальність даного дослідження.

**Метою даного дослідження** є розробка і оцінка показників якості питного йогурту, збагаченого бета-каротином, шляхом використання

рослинних інгредієнтом з високими антиоксидантними властивостями в його рецептурі.

**Задля досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:**

- проаналізувати науково-технічну інформацію з проблеми дослідження;
- обґрунтувати доцільність виробництва питних йогуртів, збагачених бета-каротином,
- розробити склад харчових добавок, що забезпечують збагачення питних йогуртів бета-каротином;
- провести дослідження зразків питних йогуртів, збагачених бета-каротином (органолептична оцінка, визначення хімічного складу, антиоксидантні властивості, значення рН, вміст  $\beta$ -каротину, мікробіологічна безпека);
- дослідити динаміку антиоксидантних властивостей, значення рН, вміст  $\beta$ -каротину у розроблених йогуртах в процесі зберігання;
- провести оцінку соціально-економічної ефективності від впровадження результатів досліджень.

**Об'єкт досліджень** –технологія йогурту питного, збагаченого бета-каротином.

**Предмет дослідження** – антиоксидантні властивості, тривалість зберігання, хімічний склад, органолептичні властивості, мікробіологічні показники.

**Практичне значення дослідження.** Запропонована удосконалена технологія йогурту питного, збагаченого каротиноїдами рослинного походження шляхом додавання до рецептурного складу м'якоті моркви та апельсинового соку може бути використана молокопереробними підприємствами та дозволить виготовляти питні йогурти з підвищеними споживними властивостями. Результати досліджень були представлені та обговорені на V Міжнародній науково-практичній конференції «Якість і безпека харчових продуктів» у Національному університеті харчових

технологій (м. Київ). Тема доповіді «Удосконалення технології йогурту питного шляхом його збагачення бета-каротином» (Додаток А).

**Обсяг та структура роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку інформаційних джерел та одного додатку. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи становить 61 сторінку комп'ютерного тексту. У тексті кваліфікаційної роботи розміщено 10 таблиць; 8 рисунків; перелік використаних інформаційних джерел містить 81 найменування

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1. Технології виробництва йогуртів

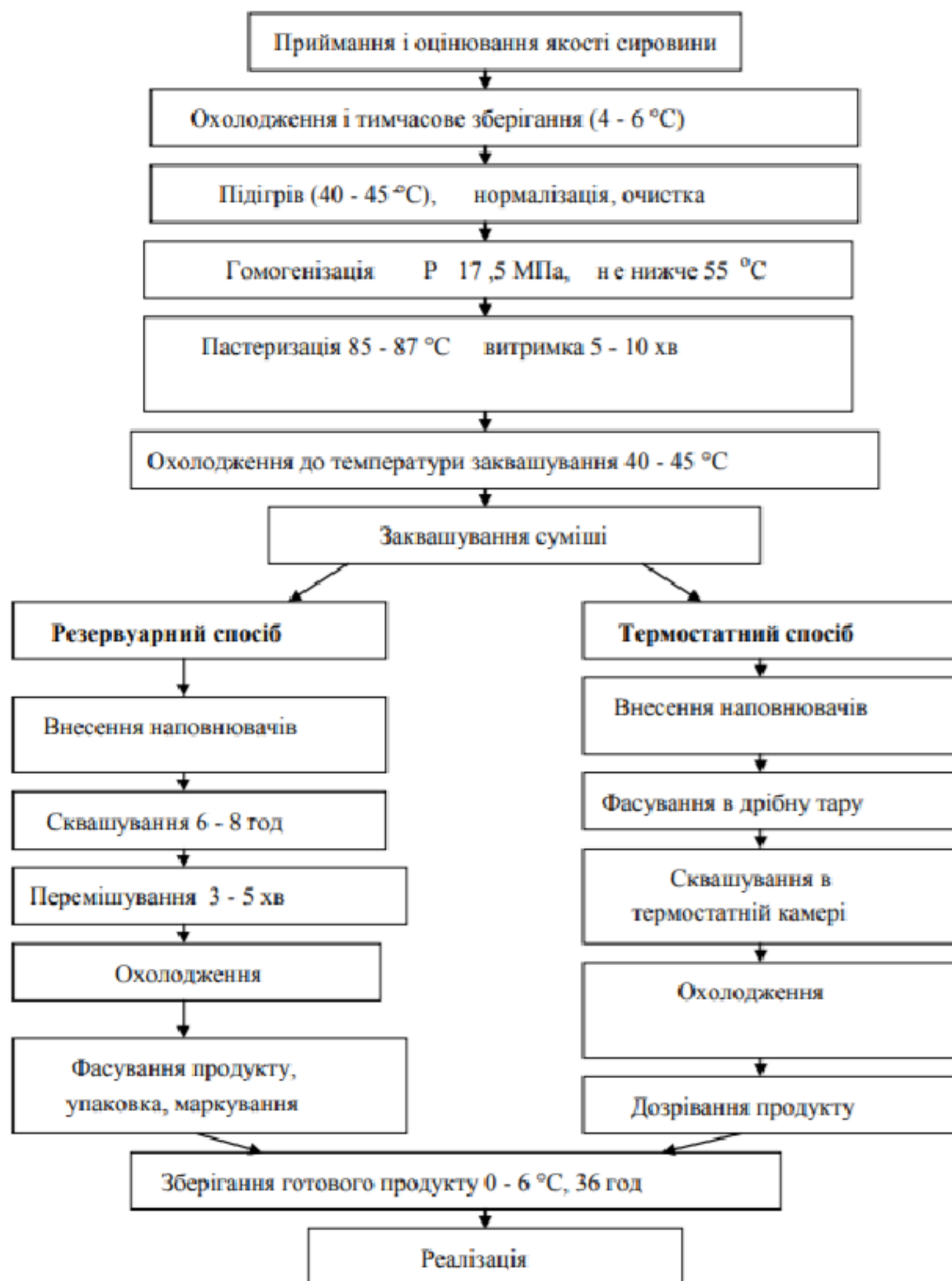
На сьогодні у молокопереробній промисловості існують два традиційні способи виробництва йогурту - термостатний і резервуарний [4, 5].

При резервуарному способі нормалізовану суміш складають на підставі рецептур із незбираного і знежиреного молока, вершків, сухого знежиреного або незбираного молока, цукру. Суміш очищають, гомогенізують, та пастеризують згідно загальної схеми виробництва кисломолочних напоїв. Далі суміш охолоджують до температури 40 - 45 °С і направляють у резервуар для кисломолочних продуктів, де вносять 3-5% закваски (болгарська паличка і термофільні стрептококи). Продукт сквашують при температурі 40 - 45 °С протягом 3 - 4 годин до утворення згустку кислотністю 80 °Т і далі згусток охолоджують до температури 20 °С в резервуарі при одночасному перемішуванні. Готовий продукт фасують. При виробництві йогуртів з наповнювачами їх вносять в охолоджений згусток, перемішують і фасують.

При термостатичному способі заквашену суміш фасують у дрібну тару. Сквашування проводять у термостатній камері при температурі 40 - 45 °С, тривалість сквашування 3 - 4 години. При даному способі готовий згусток має кислотність 70-80 °Т. Продукт охолоджують до температури 4-6 °С. При виробництві плодовоягідного йогурту наповнювачі вносять у молочну суміш при заквашуванні зразу після внесення закваски, перемішують і направляють на фасування. Тривалість фасування не має перевищувати 30 - 40 хвилин.

Йогурт, виготовлений за традиційною технологією, зберігається при температурі 4 - 6 °С протягом 36 годин, в тому числі на підприємстві виробника - не більше 18 годин.

На Рис. 1.1. наведена загальна технологічна схема виробництва йогурту резервуарним і термостатним способами.



*Рис. 1.1. Загальна технологічна схема виробництва йогуртів резервуарним і термостатним способами*

## 1.2. Характеристика йогурту, як продукту харчування та інгредієнтів, що використовуються з метою підвищення його антиоксидантних властивостей

Кисломолочні напої характеризуються високою фізіологічною цінністю.

Молочна кислота, етиловий спирт, вуглекислий газ та інші речовини-складники сприятливо діють на органи дихання і центральну нервову систему. Вони поліпшують окисно-відновні процеси в організмі, сприяють кровоутворенню. В складі напоїв є живі молочнокислі бактерії, які здатні приживатися в кишково-шлунковому тракті і пригнічувати розвиток гнильної мікрофлори. Окремі раси молочнокислих бактерій і дріжджі мають властивість синтезувати антибіотики (лізин, лактолін, стрептоцин та ін.). У кисломолочних напоях міститься більше вітамінів, ніж у питному молоці. Це пов'язано з тим, що певні раси молочнокислих бактерій здатні синтезувати вітаміни, насамперед групи В (В1, В2 В6, В12), а кисле середовище сприяє кращому збереженню вітаміну С.

Одним і основних джерел молочнокислих бактерій є кисломолочні продукти, зокрема, йогурти. Йогурт - це продукт, корисний для здоров'я і гарного самопочуття. У ньому міститься рекордна кількість корисних речовин і вітамінів. Йогурт готують з молока, шляхом сквашування термофільних стрептококів і болгарської палички (*Lactobacillus bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*) з можливим додатковим використанням інших культур.

Йогурт є важливим джерелом макро- і мікроелементів, вітамінів, протеїнів та тваринних жирів [6, 7]. Завдяки вмісту живих культур, йогурт допомагає при шлунково-кишкових проблемах, таких як непереносимість лактози, хронічне нетравлення шлунку, закреп, діарея, рак товстої кишки, запалення кишечнику, а також інфекція *Helicobacter pylori* (остання є причиною багатьох захворювань шлунку, в тому числі виразки) [6, 7].

Ферментовані або культивовані молочні продукти ідентифікуються як молочні продукти, що виробляються молочнокислим бродінням (наприклад, йогуртом) або поєднанням молочнокислого та дріжджового бродіння [8].

Йогурт - це найпопулярніший кисломолочний продукт, який вживають у всьому світі завдяки своїм сенсорним властивостям та високій харчовій цінності. Йогурт пропонується у різних видах, питний, заморожений, концентрований тощо, враховуючи вміст жиру та загальної кількості твердих речовин, структуру тіла та наявність добавок, ароматизаторів або м'якоті з пробіотичною мікрофлорою.

На даний час все частіше використовують деякі біоактивні сполуки для збагачення йогуртів [9]. Як правило, йогуртові напої ароматизуються натуральними або штучними шматочками фруктів або фруктовими соками відповідно до споживчих уподобань, які варіюються в залежності від країни [10]. Фруктові добавки мають все більший вплив на споживання йогурту [11].

Серед природних антиоксидантів заслуговує на увагу морква (*Daucus carota L.*), що споживається у всьому світі [12], та яка вважається основним джерелом каротиноїдів та провітаміну А ( $\beta$ -каротин). Характерний помаранчовий колір моркві надають каротини [13].  $\beta$ -каротин - природний антиоксидант, який присутній у жовтих та зелених овочах та фруктах. В організмі  $\beta$ -каротин піддається метаболічному перетворенню, яке утворює вітамін А. Тому  $\beta$ -каротин ідентифікується як провітамін А і є важливим джерелом вітаміну А [14]. Це більш ефективний і потужний попередник вітаміну А. У середині організму лише частина  $\beta$ -каротину перетворюється на вітамін А; решта зберігається у вигляді  $\beta$ -каротину. Як рослинний антиоксидант,  $\beta$ -каротин може контролювати надмірне утворення вільних радикалів і підвищувати антиоксидантну здатність, а також замінювати синтетичні канцерогенні антиоксиданти, які спричиняють пошкодження печінки. Високе споживання каротиноїдів значно підвищує ендогенний рівень захисту шкіри від ультрафіолетових випромінювань, зменшуючи її чутливість до ультрафіолетової еритеми. А каротиноїди, особливо  $\beta$ -каротин, можуть короткочасно змінити колір шкіри [15]. Тому корисніше споживати каротиноїди, особливо продукти, збагачені  $\beta$ -каротином.  $\beta$ -каротин міститься в тканинах листя, фруктів і навіть коренів багатьох овочевих культур.

Коренеплоди моркви (*Daucus carota L.*) мають одні з найвищих концентрацій  $\beta$ -каротину. Рівні  $\beta$ -каротину в моркві можуть коливатися від 3,2 до 6,1 мг/100 г свіжої ваги [16].

Включення рослинних антиоксидантів, таких як  $\beta$ -каротин, у молочну їжу зумовило уповільнення окислення молочних продуктів. Крім того, природні антиоксиданти, що використовуються для продовження терміну зберігання продуктів, також мають менше побічних ефектів, ніж синтетичні антиоксиданти, на організм людини [17]. Обґрунтуванням цього дослідження є збагачення молочного продукту, що споживається переважно,  $\beta$ -каротином як речовиною, що поповнює нестачу вітаміну А в організмі людини.

З метою посилення органолептичних властивостей нових йогуртів доцільно використовувати фрукти, з яскраво вираженими смаковими властивостями. З цією метою доцільно використовувати сік апельсина, який, окрім антиоксидантних властивостей та вітамінний комплекс володіє такими властивостями, як надзвичайно яскравий колір, приємний особливий смак та унікальний дивовижний аромат.

Тому подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку питного йогурт із включенням  $\beta$ -каротину, який вважається природним антиоксидантом та міститься у моркві та з посиленими сенсорними властивостями апельсинового соку.

Технологія виробництва питного йогурта наведена на Рис. 1.2.

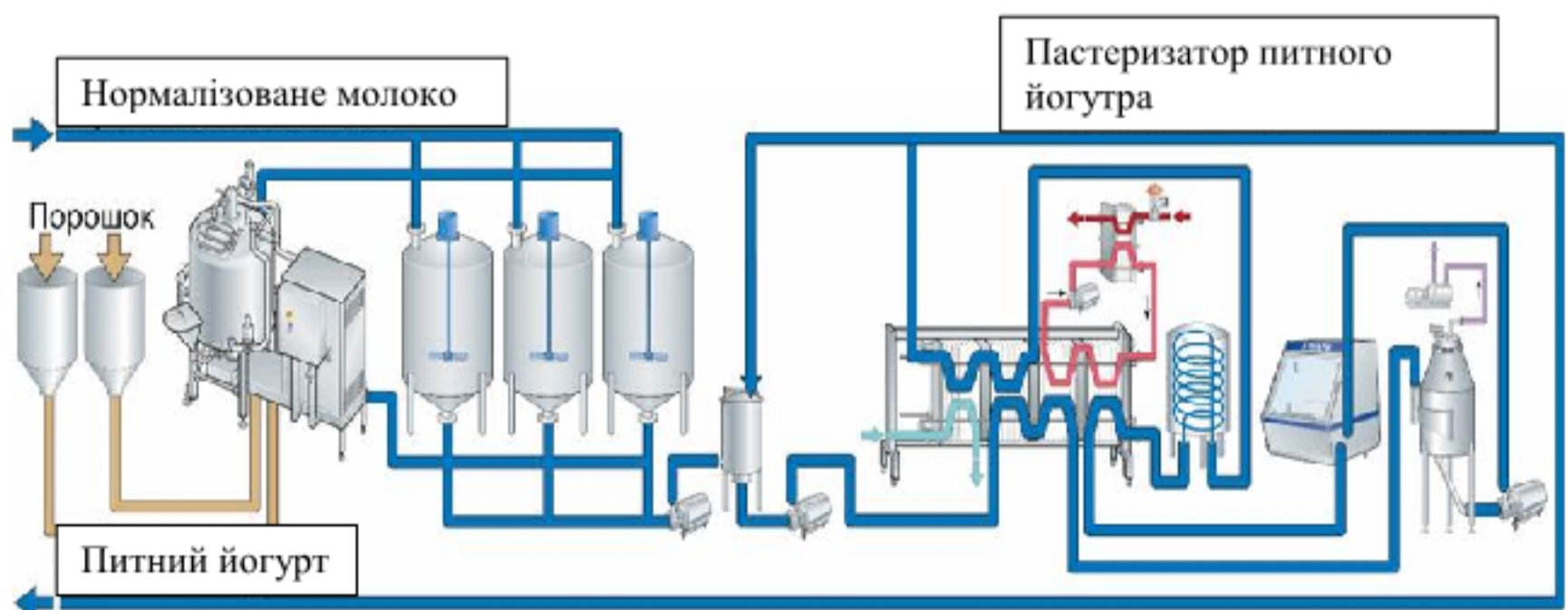


Рис. 1.2. Апаратно-технологічна схема виробництва йогурту питного

Мікробіологічна безпека йогуртів регламентується ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» [18]:

- БГКП - не дозволено;
- плісняві гриби та дріжджі, КУО в 1 см<sup>3</sup> не більше ніж 50;
- молочнокислі бактерії - не менше ніж  $1 \times 10^6$ ;
- сальмонела - не дозволено.

На сьогоднішній день зусилля науковців та практичних робітників в галузі виробництва йогуртів сконцентровані на розширення асортименту продуктів з різноманітним смаком, розробку йогуртів, які можуть бути віднесені до лікувального, профілактичного та функціонального харчування. У всіх цих випадках до рецептурного складу йогуртів додають різні порошки, екстракти і сиропи, багаті на вітаміни та корисні елементи, та які цілеспрямовано діють на споживача, і в першу чергу, на його здоров'я [19]. Так автори дослідження [20] розробили натуральний йогурт з додаванням порошку топінамбуру (борошно єрусалимського артишоку) чи стевії. Використання даного інгредієнта у рецептурі йогурта покращує обмін речовин, володіє лікувальними та профілактичними властивостями при діабеті, атеросклерозі та ожирінні, виконує роль детоксиканту в умовах екологічної ситуації, що склалася на Україні. Регулярне вживання йогурту запобігає розвитку гнилісних бактерій, знижує інтоксикацію організму, подовжуючи таким чином життя.

Дані йогурти доцільно споживати при дієтичному харчуванні, додавати в раціон хворих на падагру, цукровий діабет та ожиріння, серцево-судинних захворюваннях [21].

В роботі [22] розроблено йогурт з багатим нутрієнтним складом із додаванням цукатів столових буряків. Столовий буряк містить барвні речовини та багато біологічно активних речовин з лікувальних властивостей, таких, як бетанін і бетаїн. Слід зазначити, що до складу йогурту входять, виготовлені за оновленою рецептурою пребіотики (харчові волокна), що

поліпшують біодоступність кальцію завдяки всмоктуванню в товстому кишечнику та скорочують тривалість інфекційних захворювань.

Активно розробляються технології йогуртів, при виробництві яких використовують ехінацеї пурпурову [23]. У даному дослідженні було встановлено, що йогурти функціонального призначення, збагачені екстрактом ехінацеї, мають високі споживні властивості та органолептичні показники завдяки комплексу інгредієнтів, які позитивно впливають на функціональні системи організму людини, адже містять алкалоїди, глюкозиди, органічні кислоти, аліфатичні кислоти, ароматичні кислоти, фенольні сполуки, дубильні речовини, ліпіди, жироподібні речовини, каротиноїди, поліцукри, макро- і мікроелементи.

Одним із інноваційних напрямів вдосконалення технологій йогуртів є використання інгредієнтів, вироблених з різних сортів дикорослих фруктів, ягід та іншої дикорослої сировини, яка відрізняється великим набором біологічно активних речовин. Перспективним є використання екстрактів з вторинної сировини АПК (лушпиння цибулі, виноградні, яблучні вичавки, кожура картоплі, моркви та ін.) [24].

Використання даної сировини дозволяє збагатити йогурт вітамінами та мікро-, макроелементами, підвищити його біологічну цінність. Оскільки дикоросла сировина зазвичай є місцевою, йогурти будуть мати високу якість, гарний попит та низьку ціну.

При розробці йогуртів функціонального призначення особливу увагу приділяють використанню інгредієнтів, які мають вітаміни, вітамінно-мінеральні премікси та інші адаптогени, які позитивно впливають на імунну систему людини [25, 26]. Так, перспективним інгредієнтом є овочевопектинова паста чи сухий порошок морвки або буряка. Доцільним є використання борошна, виробленого з плодів росторопши та яке володіє антиоксидантними властивостями, зокрема, щодо молочного жиру [27].

Йогурти для дітей під назвою «Ермін» випускає компанія «Ерман». Даний продукт містить натуральну фруктозу і мінеральні речовини - кальцій

(135 мг) і йод (10,5 мг). Також випускають живий йогурт з біфідобактеріями, кальцієм, йодом і фруктозою. При виробництві йогуртів для дітей особлива увага приділяється до якості всіх інгредієнтів: сухого молока за вмістом вологи, наявності антибіотиків і бактеріального обсіменіння сировини [28].

Так, науковцями Воронежського державного університету інженерних технологій розроблена технологія функціональних йогуртів з використанням шроту амаранту та бобів нуту. Шрот амаранта багатий білками, жирами, а боби нуту за вмістом мінеральних елементів і вітамінним складом наближається до сої та сочевиці, які багаті білками і низьким вмістом антипоживних речовин та інгібіторів шлункових ензимів. Основою для даних йогуртів було використано пастеризоване коров'яче молоко і молочно-рослинні екстракти на сироватці.

У роботі [29] наведені результати досліджень вплив молочно-рослинних екстрактів на швидкість утворення кислоти, росту мікроорганізмів і утворення згустку. За результатами роботи було запропоновано три види питного йогуртів, які класифіковані як функціональні, та які володіють пробіотичними властивостями.

Наявні технології йогуртів, вироблених з використанням проростків злакових культур [30, 31] та йогуртів з симбіотичними властивостями [32]. В даній роботі запропоновано застосовувати полівітамінні премікси і препарати з  $\beta$ -каротином.

З метою розширення асортименту йогуртів та діапазону споживчих властивостей (смак, запах) активно використовують замість коров'ячого молока молоко кіз, овець і кобил, яке володіє цінними властивостями [33]. На даний час у Греції з використанням молока овець і кіз виробляють 65% всього обсягу йогуртів [34].

Слід зазначити, що йогурт з козячого молока за багатьма важливими для споживача показниками, має суттєві відмінності від йогурту з коров'ячого молока. Йогурт з козячого молока має яскраво виражений типовий аромат йогурту, згусток з козячого молока виходить більш пружний. Антиоксидантна

активність йогуртів з козячого молока більш потужна ніж йогуртів з коров'ячого молока [28]. У йогурту з козячого молока рідко спостерігаються будь-які ознаки синерезису, що є ще одним з позитивних властивостей даного продукту [30].

При вивченні впливу козячого молока окремих порід і генотипів кіз на якість йогуртів (масову частку жиру, вміст сухих речовин, білка, умовну в'язкість згустку та синерезис) інститутом тваринництва (Росія) встановлено, що у молоко кіз нубійської породи має перевагу за вмістом жиру, у молоко альпійської породи – за вмістом білку; молоко кіз зааненської породи з генотипом АВ по  $\beta$ -LG має найменшу кількість соматичних клітин.

Порівняння якісних показників йогуртів з коров'ячого молока з йогуртами, виробленими з молока кіз різних порід і генотипів засвідчило перевагу останніх, і перш за все, конистенція йогуртів з козячого молока була більш ніжною та більш сприйнятлива споживачами.

При експертному оцінюванні аромату та смаку йогуртів найвищу оцінку отримали йогурти з молока кіз зааненської породи [28, 30].

Цікавими є результати поєднання коров'ячого молока з молоком іншої худоби при виробництві йогуртів. Так, науковцями Башкирському державному університеті обґрунтовано технологію йогурту з коров'ячого і додаванням сухого кобилячого молока з використанням закваски прямого внесення Ліофаст Y4.52 В зі стандартною мікрофлорою для йогурту.

Технологія складалася з наступних етапів. Вміст сухого інгредієнта варіювали від 0,5 до 4,0% та додавали до молочної основи, ретельно перемішували, фільтрували та пастеризували при  $92 \pm 2$  °C протягом 3 хв. Зразки охолоджували та витримували при  $40 \pm 1$  °C протягом 6 годин.

При аналізі норм внесення сухого кобилячого молока в молочну основу йогурта було встановлено, що між кількістю внесеного сухого молока і кислотністю, вмістом жиру, сухої речовини, вологи та СОМО існує функціональна залежність. Спираючись на показники органолептичних, фізико-хімічних, реологічних властивостей продукту оптимальна доза

внесення сухого компонента була прийнята на рівні 2% від маси нормалізованої суміші. При подальшому збільшенні кількості внесеного сухого молока з'являвся присмак сухого молока, підвищеної кислотності і збільшення щільності згустку [35].

Встановлено, що між антиоксидантною активністю та функціональними властивостями йогуртів існують певні залежності [36]. При дослідженні антиоксидантних властивостей та енергетичного потенціалу деяких фруктів та кисломолочних продуктів доведено, що йогурти мають  $AE_i = 21,594$ , ківі ( $AE_i = 6,643$ ), груша ( $AE_i = 0,661$ ), авокадо ( $AE_i = 0,002$ ). Разом з тим такі фрукти, як гранати, апельсини, лимони, яблука, памела, мандарини, хурма мають високі  $AE_i$ , та введення їх до рецептурного складу йогуртів сприятиме підвищенню функціональних властивостей [36].

При розробці йогуртів для періодичного харчування [37, 38], йогуртів та напоїв для дитячого та дієтичного харчування, при збагаченні біфідобактеріями і біологічно активними речовинами [30, 36] завжди слід враховувати норми фізіологічних потреб в харчових речовинах і енергії для різних верст населення [36].

Наступним перспективним напрямом досліджень в галузі розробки технологій нових харчових продуктів в цілому, в тому числі і йогуртів, є математичне та комп'ютерне моделювання. Так, в роботі [39] в результаті математичного моделювання розроблено чотири рецептури на виробництво йогуртових напоїв із заданим співвідношенням білків : жирів : вуглеводів – 1 : 1 : 4, яке відповідає сучасним вимогам нутриціології до харчування дорослої здорової людини. За результатами моделювання було розраховано хімічний склад йогуртів на основі даних про використані сировинні інгредієнти; визначено вміст молочних і рослинних білків, жирів, а також вміст моно-, ди- та полісахаридів. Доведено, що комбінування молочної й рослинної сировини забезпечує виробництво йогуртів з високими споживними властивостями.

Враховуючи мету дослідження - розробка і оцінка показників якості питного йогурту, збагаченого бета-каротином, шляхом використання

рослинних інгредієнтом з високими антиоксидантними властивостями в його рецептурі є необхідність провести аналіз методів оцінки антиоксидантної активності природних сполук та харчових продуктів.

### **1.3. Аналіз існуючих методів оцінки антиоксидантної активності природних сполук та харчових продуктів**

Сучасні методи дослідження загальної антиоксидантної ємності природних сполук та харчових продуктів різняться по типу джерела окиснення; сполуки, що окислюється; способу вимірювання окисненої сполуки [40].

Основним методом захисту харчових продуктів від окиснення є використання специфічних харчових добавок, переважно рослинного походження, які гальмують процес окиснення.

Антиоксиданти гальмують швидкість процесу окиснення за багатьма механізмами: виступаючи в ролі вільнорадикальної пастки (перехоплення радикалів R, RO, ROO, NO тощо), шляхом утворення хелатних комплексів з прооксидантними металами, гасінням синглетного кисню- та фотосенсибілізаторів, пригнічення продукування радикала NO, дезактивацією пероксинітриту, а також інактивацією ліпоксигенази тощо [41].

Методи дослідження загальної антиокислювальної ємності (ТАС, від англ. *total antioxidant capacity*) різняться за типом джерела окиснення, окиснюваної сполуки й способу виміру її концентрації [41].

Способи вимірювання антиоксидантної активності поділяють, залежно від форми реєстрації, на методи оптичної спектрометрії (флуориметричні, хемілюмінесцентні, фотоколориметричні, спектральні), електрохімічні (амперометричні, вольтамперометричні, потенціометричні), специфічні — хроматографічні, титриметричні, методи біохімічного аналізу), електронний парамагнітний резонанс (ЕПР), ЕПР зі спіновими пастками, мас-спектрометричні тощо. Усі методи мають переваги й недоліки.

Найчисленніші методи використовують фотометричну реєстрацію, імовірно, як найбільш зручну й доступну, наприклад, колориметричне

визначення ТАС по окисненню кроцину [42] — барвнику жовтих стручків плоду китайської рослини *Gardenia grandiflora*. Метод визначення ТАС з окисненням кроцину полягає в наступному: у кожну лунку планшети піпетують по 100 мкл кроцину і 50 мкл випробуваного зразка, розведеного у фосфатному буфері. Реакція ініціюється додаванням 100 мкл попередньо підігрітого до 37 °С розчину 2,2-азобіс-(2-амідінопропан) гідрохлориду (ААРН, 5 мг/мл) і окислення кроцину проводиться інкубацією у вологому термостаті при 37 °С протягом 60–75 хвилин. Контрольні лунки з кроцином, зразками і фосфатним буфером (по 100, 50 і 100 мкл, відповідно), інкубуються паралельно. Після інкубування вимірюється оптична густина при 450 нм. Специфічне поглинання визначається за відповідною формулою.

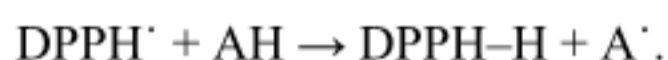
Метод стандартизований по індивідуальній сполуці, у якості якої використовують Тролокс (Trolox) — водорозчинний аналог вітаміну Е (6-гідрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбонова кислота) [43]. Стандартна крива щодо цієї сполуки попередньо будується у діапазоні концентрацій 0-10 мкг/мл.

Спосіб з окисненням дезоксирибози в системі, що генерує радикали, описаний авторами [44]. 2-Деоксирибоза окиснюється гідроксильними радикалами, утвореними в реакції Фентона, і розпадається до малонового діальдегіду. Розчин дослідного зразка у фосфатному буфері, 0,2 мл 10 мМ розчину 2-деоксирибози, 0,2 мл 0,1 мМ розчину комплексу  $Fe_2^+/EDTA$  й 0,2 мл 30% пероксиду Гідрогену змішували й доводили 0,1 М фосфатним буфером (рН=7,4) до кінцевого об'єму 2 мл. Суміш витримували при 37 °С протягом 4-х годин. Після інкубації до реакційної суміші додавали 1 мл 2,8% розчину трихлороцтової кислоти та 1 мл 1% розчину тіобарбітурової кислоти в 50 мМ розчині NaOH. Суміш нагрівали 10 хв при 100 °С і охолоджували у льоді, після чого вимірювали оптичну густина при 532 нм.

Інший фотометричний спосіб ґрунтується на фотоколориметрії залізотіоціанатних комплексів [45]. За цим способом зразок змішують із 0,12 мл метанолу, 2,88 мл 2,51% розчину лінолевої кислоти у 80%-му етанолі і

доводять об'єм суміші 40 мМ фосфатним буфером (рН= 7,0) до 12 мл. Суміш витримують при 40 °С та через певні інтервали часу визначають концентрації гідропероксидів по залізотіоціанатному методу. Для цього до аліквоти суміші додають по 0,2 мл розчину 20 мМ FeCl<sub>2</sub> і 30% NH<sub>4</sub>CNS і вимірюють оптичну густину при 500 нм [45].

Одним із способів оцінки ТАС є колориметрія вільних радикалів, заснована на реакції DPPH (C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>N<sub>5</sub>O<sub>6</sub>, M = 394,33), розчиненого в метанолі, зі зразком антиоксиданту (АН) за схемою:



У результаті відновлення ДФПГ антиоксидантом знижується пурпурно-синє забарвлення ДФПГ у метанолі, а реакція контролюється по зміні оптичної густини при 514 нм звичайними методами спектрофотометрії.

Метод ДФПГ найпоширеніший для оцінки антиоксидантної здатності сполук. Використовується також метод, який полягає у відновленні заліза антиоксидантами FRAP (від англ. *ferric reducing antioxidant power*), що дає змогу прямо визначити активність низькомолекулярних антиоксидантів [45, 46]. При низьких рН відновлення Fe(III)–трипіридилтриазинового комплексу в Fe(II)–комплекс супроводжується появою інтенсивного блакитного забарвлення. Виміри засновані на здатності антиоксидантів пригнічувати окисний ефект активних часток, що генеруються у реакційній суміші. Цей метод відрізняється простотою, швидкістю й невеликими витратами при його використанні.

Загальну ТАС декількох популярних овочів і китайських трав оцінювали з використанням системи ABTS (2,2'-азино-біс(3-етилбензтіазоліно-6-сульфонова кислота))/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/пероксидаза хрину на планшетному сканері. При інкубуванні ABTS з пероксидазою і пероксидом гідрогену утворюється відносно стабільний катіон-радикал ABTS<sup>+</sup> з максимумом поглинання 414 нм у спектрі електромагнітного випромінювання. У присутності

антиоксидантів виявляється період індукції перед появою забарвлення. Низькомолекулярні антиоксиданти гальмують утворення кольору пропорційно своїй кількості. Метод швидкий, але найбільш дорогий з усіх вище розглянутих.

Іншим методом оцінки антиоксидантної активності є гальмування накопичення кінцевих молекулярних продуктів вільнорадикального окиснення. Для поліненасичених жирних кислот, що формують фосфоліпиди клітинних мембран, таких як арахідонова та ліпоева, такими сполуками є альдегіди та кетони. У більших кількостях звичайно накопичується малоновий діальдегід, концентрація якого використовується для оцінки швидкості протікання процесу. Простим методом кількісної оцінки концентрації малонового діальдегіду є його взаємодія з 2-тіобарбітуровою кислотою з утворенням забарвленого комплексу з максимумом поглинання  $\lambda=532$  нм [46, 47].

Метод визначення адсорбційної ємності по відношенню до оксигеновмісних радикалів ORAC (від англ. *oxygen radical absorption capacity*) є одним з найбільш вживаних у наш час [46, 47]. Метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності флуоресценції визначеної сполуки (частіше флуоресцеїну) і її зміні від тривалості протікання реакції. У присутності сполук, які зв'язують оксигеновмісні радикали, збільшується час флуоресценції внаслідок захисної дії антиоксидантів. Метод заснований на поглинанні оксигеновмісних радикалів (ORAC), — відносно простий і чутливий, але доволі тривалий (близько 95 хв на визначення) і вимагає наявності флуоресцентного детектора [48, 49].

Модифікацією цього методу є визначення TAC зразків по їхній здатності зв'язувати активні радикали, утворені за реакцією Фентона [50]. Зазначеним методом (ORAC) може бути визначена антиоксидантна активність як водорозчинних, так і жиророзчинних об'єктів, таких як харчові продукти, напої, хімікати, добавки, плазма й сироватка крові [51].

Аналіз за допомогою реагента Фоліна-Чокальтеу дає змогу визначити загальний вміст фенолів у зразку методом ВЕРХ (*високоєфективна рідинна хроматографія*) з фотодіодним або флуоресцентним детектором, зокрема флаван-3-олів різного ступеня полімеризації.

Слід зазначити, що конкретний антиоксидант може бути ефективним в одній системі, але мати протилежну дію в іншому. Тому в кожному конкретному випадку необхідно підбирати найзручніші та ефективні методи дослідження.

Даний аналіз методів дозволяє обґрунтовано підходити до вирішення питань щодо оцінки антиоксидантних властивостей питних йогуртів, збагачених каротиноїдами (бета-каротином).

Проведений аналіз літературних джерел за темою досліджень дозволим нам констатувати, що дослідження, спрямовані на підвищення якості питних йогуртів за рахунок додавання біологічно активних речовин, посилення їх антиоксидантних властивостей, збільшення термінів зберігання та покращення органолептичних властивостей є актуальним.

Є досить багато робіт в області виробництва йогуртів, збагачених рослинними інгредієнтами і біологічно активними добавками. Однак розширення їх асортименту можливо та доцільно за рахунок введення харчових збагачувачів нового покоління на основі добавок з рослинної сировини, які проявляють антиоксидантні, антитоксичні, імуномоделіруючі, радіопротекторні властивості та використання нових інгредієнтів з покращеними смаковими властивостями.

Аналіз наявних інформаційних джерел дозволив нам стверджувати, що на даний час відсутні прийняті технології питних йогуртів із додавання м'якоті моркви та апельсинового соку, що свідчить про новизну запланованих результатів та перспективи їх впровадження у виробництво.

Аналітичний огляд інформаційних джерел дозволив нам сформулювати тему дослідження та завдання, вирішення яких дозволить досягти прийняту мету.

Метою даного дослідження є розробка і оцінка показників якості питного йогурту, збагаченого бета-каротином, шляхом використання рослинних інгредієнтом з високими антиоксидантними властивостями в його рецептурі.

Задля досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

- проаналізувати науково-технічну інформацію з проблеми дослідження;
- обґрунтувати доцільність виробництва питних йогуртів, збагачених бета-каротином,
- розробити склад харчових добавок, що забезпечують збагачення питних йогуртів бета-каротином;
- провести дослідження зразків питних йогуртів, збагачених бета-каротином (органолептична оцінка, визначення хімічного складу, антиоксидантні властивості, значення рН, вміст  $\beta$ -каротину, мікробіологічна безпека);
- дослідити динаміку антиоксидантних властивостей, значення рН, вміст  $\beta$ -каротину у розроблених йогуртах в процесі зберігання;
- провести оцінку соціально-економічної ефективності від впровадження результатів досліджень.

Об'єкт досліджень –технологія йогурту питного, збагаченого бета-каротином.

Предмет дослідження – антиоксидантні властивості, тривалість зберігання, хімічний склад, органолептичні властивості, мікробіологічні показники.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Методика розробки питного йогурту з м'якоттю моркви та апельсиновим соком

Підготовку проб молока і їх розведення проводили згідно з ДСТУ IDF 122С:2003. ДСТУ IDF 117В:2003 «Йогурт. Визначення кількості характерних мікроорганізмів. Метод підрахунку колоній за температури 37°C (IDF 117В:1997, IDT)».

Стандартизоване, гомогенізоване, пастеризоване, попередньо розігріте коров'яче молоко змішували із знежиреним сухим молоком, цукром, желатином, сорбатом калію та пастеризували при 95 °С протягом 5 хвилин. Після зниження температури до 44 °С йогуртову культуру (*Streptococcus thermophiles* та *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*) інокулювали та інкубували при температурі 44 °С до рівня рН 4,5 та охолоджували до 4 °С. М'якоть моркви отримували змішуванням тертої моркви з водою до співвідношення 4: 1. Витягували апельсиновий сік; змішують з м'якоттю моркви в різних пропорціях (2: 1, 1: 1, 2: 3) і пастеризують при 105 °С протягом 1 хвилини.

Три пропорції пастеризованої морквяно-апельсинової суміші змішували з підготовленою йогуртовою сумішшю при перемішуванні до різних пропорцій йогуртової суміші, морквяної м'якоті та апельсинового соку як зразок А - 17: 1: 2, зразок В - 16: 2: 2, зразок С - 15: 3: 2. (табл. 2.1). Підготовлені зразки йогурту розливали по пляшках і зберігали при температурі 4 °С.

#### 2.2. Методика проведення органолептичної оцінки

Органолептичні дослідження було проведено згідно існуючих нормативних документів [52 - 54] з метою виявлення найкращої формули йогуртової суміші, морквяної м'якоті та апельсинового соку. Для сенсорного оцінювання використовували сенсорну панель з десятибальною гедонічною

шкалою. Зразки кодували як формула А, формула В, формула С та контрольна проба Д.

*Таблиця 2.1*

Кодування дослідних зразків

Кодування зразка	Співвідношення апельсиновий сік : м'якоть моркви	Співвідношення йогуртової суміші, морквяної м'якоті та апельсинового соку
А	2 : 1	17: 1: 2
В	1 : 1	16: 2: 2
С	2 : 3	15: 3: 2

### 2.3. Аналіз хімічного складу

Зразок, відібраний під час сенсорної оцінки, піддавали аналізу хімічного складу. Вміст вологи, загальний вміст твердих речовин, загальний вміст золи аналізували за методами Асоціації офіційних аналітичних хіміків. Вміст сирого білка аналізували за методом Кельдаля, вміст жиру - за методом Гербера, загальний вміст вуглеводів - за методом Дюбуа [55]. Вміст  $\beta$ -каротину аналізували за допомогою УФ-видимого спектрометричного методу, описаного у роботі [56], а активність знешкодження радикалів 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу (DPPH) використовували для аналізу антиоксидантної активності розробленого питного йогурту [57]. Значення рН зразка визначали, використовуючи рН-метр. Вміст  $\beta$ -каротину, антиоксидантну активність та значення рН зразка, який зберігали при 4 °С, аналізували протягом 35 днів з інтервалом у 7 днів.

### 2.4. Методика визначення вмісту $\beta$ -каротину

#### *Вилучення $\beta$ -каротину*

Близько 5 г зразка питного йогурту гомогенізували з 50 мл холодного ацетону в екстракційній пробірці. Повторну відсмоктувальну фільтрацію проводили для того, щоб отримати всі каротиноїди, екстраговані до ацетону,

який позначений безбарвним/білим кольоровим твердим залишком у фільтрувальному папері. Для поділу використовували 20 мл роздільної воронки з додаванням петролейного ефіру. Після включення ацетонового екстракту до ділильної лійки додавали 300 мл дистильованої води, даючи їй текти вздовж стінок воронки без струшування. Нижня водна фаза була відкинута після поділу двох фаз. Шар петролейного ефіру промивали 3-4 рази дистильованою водою (по 200 мл кожен раз) для видалення залишків ацетону і збирали, видаляючи залишкову воду, використовуючи безводний сульфат натрію (15 г). Об'єм зібраної проби вимірювали і процедуру втричі продуктували для кожної проби.

#### *Вимірювання поглинання*

Поглинання вимірювали за допомогою видимого УФ-спектрофотометра при довжині хвилі 450 нм за допомогою кварцових кювет. Нафтовий ефір використовували як розчинник для калібрування приладу до нульової точки. Три зразки кожного екстракту використовували для вимірювання поглинання, щоб отримати точні показники.

#### *Розрахунок вмісту $\beta$ -каротину*

Вміст  $\beta$ -каротину ( $X$ ) у зразках розраховували, використовуючи наступне рівняння (2.1) та (2.2):

$$X(\text{мг}) = \frac{(\text{Поглинання при } 450 \text{ нм} \times \text{Об'єм, мл} \times 10^6)}{(\text{Коефіцієнт поглинання } \beta\text{-каротину} \times 100)} \quad (2.1)$$

$$X(\text{мг/г}) = X(\text{мг}) / \text{маса зразка, г} \quad (2.2)$$

Коефіцієнт поглинання  $\beta$ -каротину становить 2592 [30].

## 2.5. Методика визначення антиоксидантної активності йогурта

Антиоксидантну активність розробленого йогурту визначали за наступною модифікованою методикою.

### *Приготування сироваткової фракції із йогурта.*

Сироваткову фракцію готували, як описано у робот 58[44] і використовуються відразу після приготування. У 15 мл йогурту доводили рН (за необхідності після ферментації) до 4,6 за допомогою 1 М НСl. Суспензію центрифугували (9000 об/хв, протягом 20 хв при 50 °С і надосадову рідину відфільтрували на 0,45-мм фільтрі.

### *Вимірювання активності поглинання радикалів DPPH.*

Поглинання радикалів DPPH оцінювали за методом Son S. і Lewis [59]. Розчин DPPH використовували як стабільний радикал. До 2 мл додавали об'єм 2 мл DPPH в етанолі (500 мМ) сироваткової фракції, інтенсивно перемішували і залишали стояти в темряві при кімнатній температурі протягом 30 хв. Поглинання вимірювали при 517 нм. Етанол використовували як заготовку, тоді як контролем служив розчин DPPH в етанолі. Зразків оцінювали як % інгібування поглинання DPPH за наступною формулою:

$$\text{Інгібування} = [(A_{\text{контроль}} - A_{\text{зразок}})/A_{\text{контроль}}] \times 100 \quad (2.3)$$

де: -  $A_{\text{контроль}}$  - це поглинання контрольного зразка (розчин DPPH без фракції сироватки) та -  $A_{\text{зразок}}$  - поглинання досліджуваного зразка (розчин DPPH плюс фракція сироватки).

## 2.6. Методика визначення мікробіологічної безпечності розробленого йогурта

Мікробні властивості розробленого питного йогурту; кількість коліформної форми та кількість дріжджів і цвілі оцінювали за стандартними

методами [60, 61]. Для аналізу коліформ використовували середовище фіолетового жовчного агару і для оцінки кількості дріжджів і цвілі використовували дріжджовий декстрозний хлорамфенікол-агар.

### **2.7. Методика визначення кислотності рН**

Кислотність рН визначали безпосередньо на зразках за допомогою потенціометра з автоматичною температурною компенсацією і скляним проникаючим електродом. Для аналізу зразки відтавали протягом 12 год при  $6 \pm 2$  °С. Аналіз проводився на п'яти оброблених зразках кожної обробки після трьох, шести і дев'яти місяців заморожування з використанням двох показань для кожного зразка.

### **2.8. Обладнання та методика визначення в'язкості йогурту**

Визначення в'язкості йогурту проводили на ротаційному віскозиметрі Brookfield RVDV-II + Pro згідно Керівництву з експлуатації на даний прилад.

Даний прилад має наступні характеристики:

- діапазон вимірювань, мПа×с – 100 -  $40 \times 10^6$ ;
- швидкість, об/хв – 0,01 – 200;
- кількість гвидкостей – 54;
- кількість шпинделів – 7.

Прилад має вбудований датчик температури для контролю температури зразка та автоматизований збір даних та їх статистична хронологічна обробка за допомогою спеціального програмного забезпечення.

### **2.9. Обробка результатів експериментальних досліджень**

При проведенні експериментальних досліджень була забезпечена не менш як 3-кратка повторність дослідів та кінцевий результат представляли з урахуванням числа дослідів  $n$  у вигляді середнього арифметичного з квадратичним (стандартним) відхиленням  $S$  (середньою квадратичною похибкою).

$$X = \sum x_i/n \quad (2.2)$$

де  $x_i$  – значення окремого показника;

Середнє значення похибки:

$$S_m = S\sqrt{n} \quad (2.3)$$

Таким чином, результати дослідів записували у вигляді:

$$X \pm S \text{ або } X \pm S_m. \quad (2.4)$$

Статистичну обробку результатів досліджень, побудову діаграм та графіків виконували у програмі Microsoft Excel.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Організація досліджень

Враховуючи, що додавання до рецептурного складу йогурту може призвести до небажаних змін сенсорних властивостей, на першому етапі досліджень було визначено вплив додавання суміші м'якоті моркви та апельсинового соку саме на ці показники властивостей продукту.

Комплекс досліджень представлено у вигляді програмно-цільової моделі досліджень на рис. 3.1.

#### 3.2. Сенсорний аналіз зразків йогурту

При проведенні сенсорного аналізу зразків йогурту контрольного та дослідних була застосована стандартна методика експертного оцінювання, що припускає, що експерти не спілкуються між собою. Експертна група в кількості 11 експертів була сформована з представників молокопереробних підприємств: технологи та представники лабораторій.

Було використано метод «Дельфі» [62] (між експертами відсутня обмін інформацією; інформованість експертів в процесі роботи залишається незмінною). Перед початком проведення процедури експертних оцінок всі експерти отримали інформацію про предмет експертизи.

Результати тестування були перевірені за критерієм Фішера на справедливість гіпотези про приналежність оцінок різних експертів до однієї і тієї ж генеральної сукупності оцінок.

Узгодженість думки експертів була оцінена за величиною коефіцієнта конкордації  $W$ :

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} \quad (3.1)$$

де  $S$  - сума квадратів відхилень всіх оцінок рангів кожного об'єкта експертизи від середнього значення;

$n$  - число експертів;

$m$  - число об'єктів експертизи.



Рис. 3.1. Програмно-цільова модель проведення досліджень

Даний показник склав 0,94, що свідчить про високий ступінь узгодженості між експертами.

При обробці отриманих оцінок було встановлено, що вони підкоряються нормальному розподілу. Обробка результатів експертного опитування полягала у визначенні середнього значення оцінки, середнього квадратичного відхилення  $\sigma_i$  і коефіцієнта варіації  $V_i$ .

В табл. 3.1 наведені результати експертного оцінювання органолептичних властивостей зразків йогуртів за 10-ти бальною шкалою.

Таблиця 3.1

Результати експертного оцінювання органолептичних властивостей йогуртів  
(за 10 бальною шкалою)

Зразки	Атрибути органолептичних властивостей				
	Аромат	Смак	Текстура	Зовнішній вигляд	Загальне прийняття
А	4,5	7,2	6,9	6,7	6,9
В	8,1	7,9	7,2	7,9	8,0
С	5,5	6,8	7,0	6,8	7,8
Контроль	8,1	6,5	7,1	6,2	7,5

На рис. 3.2 показано варіацію середніх значень кожного сенсорного атрибуту чотирьох зразків питного йогурту відповідно до зібраних даних з сенсорної оцінки.

Середні значення кожного сенсорного атрибуту зразка В подібні до контрольної проби, крім аромату. Інші зразки мають нижчі значення сенсорних атрибутів, ніж зразок В та контроль. Тому зразок В було обрано найкращою та піддано розробці продукту та подальшому аналізу.

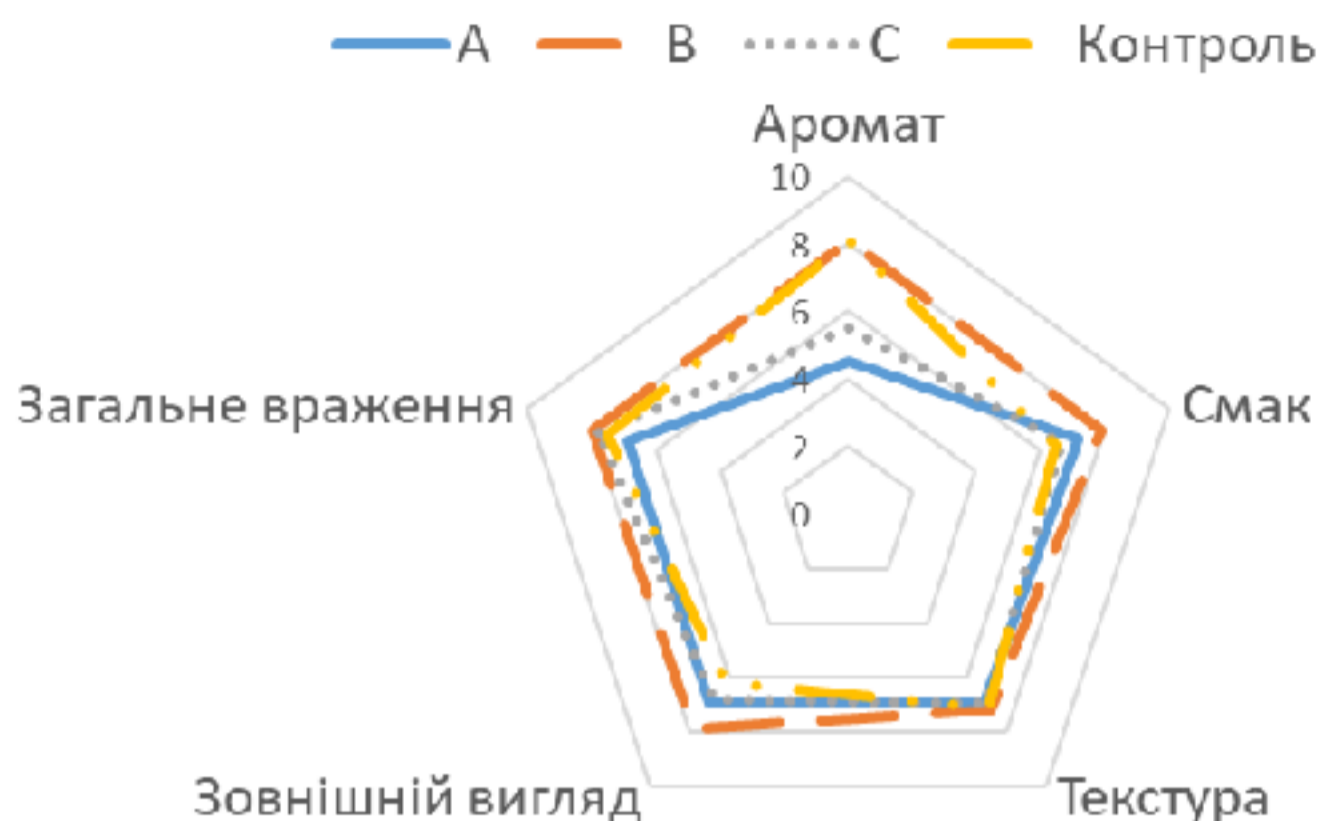


Рис. 3.2. Профілограми органолептичних властивостей щодо обґрунтування вибору найкращої формули йогурту.

### 3.3. Аналіз хімічного складу дослідного зразка йогурта

У табл. 3.2 узагальнено хімічний склад розробленого питного йогурту та простого питного йогурту. Вміст води у розробленому питному йогурті становив  $81,73 \pm 0,07\%$  при  $18,27 \pm 0,07\%$  вмісту сухих речовин. Загальний вміст золи становив  $0,58 \pm 0,05\%$ , вміст сирого білка -  $3,16 \pm 0,10\%$ , вміст жиру -  $2,2 \pm 0,1\%$ , загальний вміст вуглеводів -  $4,59 \pm 0,18\%$  та вміст  $\beta$ -каротину -  $4,978 \pm 0,001$  мкг/г.

Таблиця 3.2

Хімічний склад розробленого питного йогурту

Компонент	Розроблений йогурт	Традиційний йогурт
Волога	$81,73 \pm 0,07\%$	$83,43 \pm 0,05\%$
Сухі речовини	$18,27 \pm 0,07\%$	$16,57 \pm 0,05\%$
Зола	$0,58 \pm 0,05\%$	$0,67 \pm 0,00\%$
Сирий білок	$3,16 \pm 0,10\%$	$3,69 \pm 0,05\%$

Жир	$2,2 \pm 0,1\%$	$4,05 \pm 0,05\%$
Загальний вміст вуглеводів	$4,59 \pm 0,18\%$	$4,7 \pm 0,1\%$
$\beta$ -каротин	$4,978 \pm 0,001$ мкг/г	$0,428 \pm 0,001$ мкг/г

### 3.4. Дослідження зміни значення рН при зберіганні при 4 °С

На рис. 3.3 показано зміни значення рН при зберіганні при 4 °С. Початкове значення рН розробленого йогурту становило 4,41 і знижувалось до 4,20 протягом 35 днів.

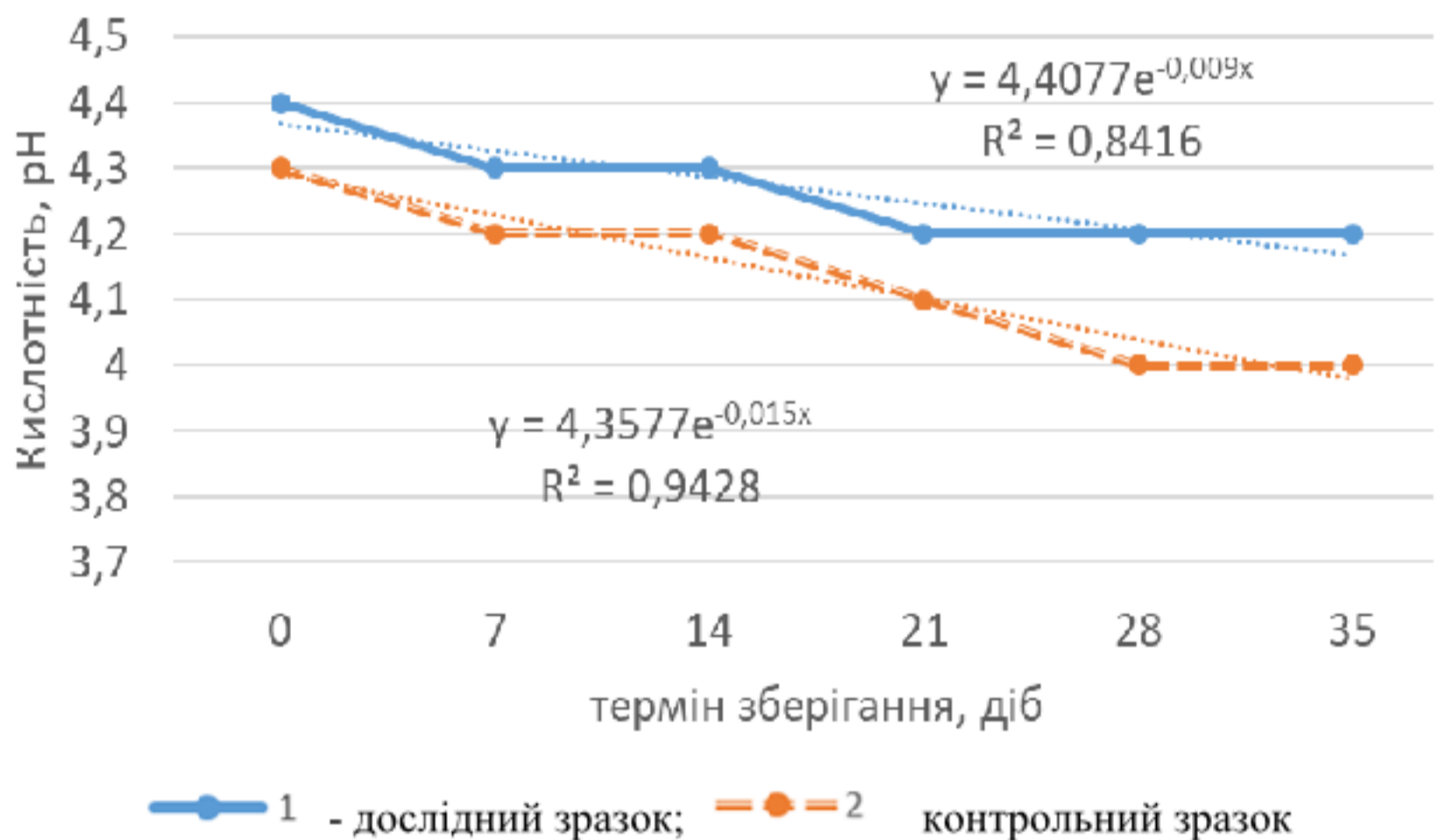


Рис. 3.3. Зміни кислотності зразків йогурту у процесі зберігання при 4 °С.

Результати експериментальних досліджень були апроксимовані експоненціальними залежностями. Зміни кислотності у контрольному зразку йогурта було описано залежністю (3.2)

$$Y = 4,3577e^{-0,015x} \quad R^2 = 0,9428, \quad (3.2)$$

та у зразку розробленого йогурту – наступною залежністю (3.3):

$$Y = 4,4077e^{-0,015x} \quad R^2 = 0,8416, \quad (3.3)$$

де  $x$  – поточне значення терміну зберігання.

Високі значення коефіцієнтів кореляції свідчать про високу кореляцію між теоретичною кривою та експериментальними значеннями.

### 3.5. Дослідження вмісту $\beta$ -каротину при зберіганні при 4 °С

Початковий вміст  $\beta$ -каротину в розробленому питному йогурті становив 4,97 мкг/г. Після 35 днів зберігання при 4°С вміст  $\beta$ -каротину знизився до 4,39 мкг/г, що показано на рис. 3.4.

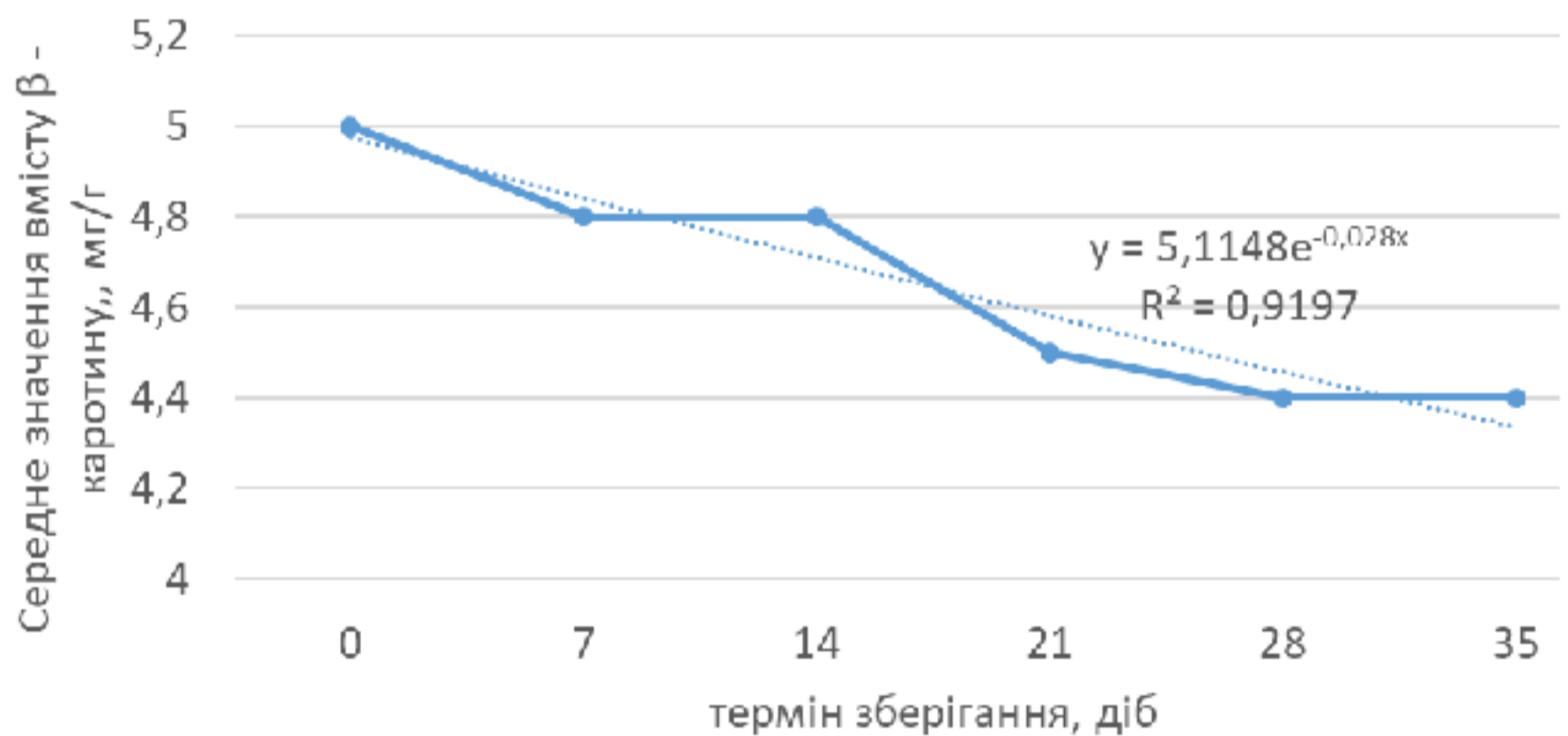


Рис. 3.4. Динаміка вмісту  $\beta$ -каротину при зберіганні при 4 °С

Результати експериментальних досліджень були апроксимовані експоненціальними залежностями. Зміни кислотності у контрольному зразку йогурта було описано залежністю

$$Y = 5,1148e^{-0,028x} \quad R^2 = 0,9197, \quad (3.4)$$

де  $x$  – поточне значення терміну зберігання.

Високі значення коефіцієнту кореляції свідчить про високу кореляцію між теоретичною кривою та експериментальними значеннями.

### 3.6. Дослідження зміни показника антиоксидантної активності йогурту

Показники динаміки антиоксидантної активності наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Показники динаміки антиоксидантної активності розробленого йогурта

Тривалість зберігання, дів	0	7	14	21	28	35
Антиоксидантна активність, %	57	55	49	46	41	39

За даними показниками побудована гістограма змін антиоксидантної активності при зберіганні (рис. 3.5). Як показано на даному рисунку, антиоксидантна активність розробленого йогурту знизилася з 55,2% до 38,3% протягом 35 днів зберігання при 4 °С.



Рис. 3.5. Зміна антиоксидантної активності при зберіганні

### 3.7. Дослідження мікробіологічної безпеки

Результати досліджень мікробіологічної безпеки наведені у табл. 3.4. Кількість коліформ була негативною протягом 35 днів як у розробленій пробі, так і в контрольній. Дріжджі і цвіль також відсутні у період зберігання.

Таблиця 3.4

Кількість коліформної форми, дріжджів та цвілі у зразках розробленого питного йогурту

Період часу зберігання (при 4 °С)	Coliform		Кількість дріжджів і цвілі	
	Зразки розробленого йогурта	Контроль	Зразки розробленого йогурта	Контроль
Початкове значення	відсутні	0	відсутні	0
День 7	відсутні	0	відсутні	0
День 14	відсутні	0	відсутні	0
День 21	відсутні	0	відсутні	0
День 28	відсутні	0	відсутні	0
День 35	відсутні	0	відсутні	0

### 3.8. Дослідження в'язкості дослідного та контрольного зразків йогуртів

Йогурти, як і всі кисломолочні продукти, проходять чотири стадії формування згустку: індукційна стадія флокуляції, при якій відбувається масова коагуляція, стадія метастабільної рівноваги, що характеризується ущільненням згустку і стадією синерезиса, яка полягає в мимовільному ущільненні структури за рахунок перегрупування частинок і збільшення числа контактів між ними. На цій стадії відбувається стиснення гелю і випресовування з нього дисперсійного середовища.

В'язкість йогуртів є важливим реологічним показником та може характеризуватися утворенням просторових структур двох типів:

коагуляционной (тіксотропнообратима) і конденсаційної (незворотньо-руйнуюча).

Перший тип має еластичність, пластичність і малу міцністю, так як частинки утримуються тільки міжмолекулярними силами, в структурах другого типу частки з'єднані міцними хімічними зв'язками, які забезпечують їх міцність, але роблять їх крихкими, нееластичними.

Згустки кисломолочних продуктів мають змішаний характер з переважанням незворотньо-руйнуючихся або тіксотропнозворотніх зв'язків. Співвідношення цих зв'язків залежить від цілого ряду чинників, правильне використання яких дозволяє отримувати згустки із заданими властивостями.

На в'язкість йогуртів впливають склад молока і бактеріальних заквасок, режими пастеризації і гомогенізації, спосіб і тривалість коагуляції білків молока. В процесі виробництва йогурту згусток піддається механічній обробці: одночасне перемішування та охолодження згустку в резервуарі в кінці ферментування; перекачування згустку в пластинчастий або трубчастий охолоджувач. В результаті таких дій структура згустку стає менш в'язкою, при цьому можливе відокремлення сироватки. Додавання до йогурту харчового збагачувача рослинного походження, що має високу вологоутримуючу здатністю, дозволяє значно зменшити інтенсивність відділення сироватки і вплинути на в'язкість.

Діапазон вимірювання в'язкості зразків йогуртів, що досліджувалися, залежить від швидкості обертання шпинделя віскозиметра, його розмірів і форми, а також від розмірів і форми контейнера зі зразками, в якому обертається шпindel, та лінійного діапазону моменту крутіння каліброваної пружини. Момент крутіння для каліброваної пружини в моделі - RVDV-II + Pго становить  $0,7187 \text{ мН} \times \text{м}$  (або  $7187,0 \text{ Дін} \times \text{см}$ ).

На значення вимірюваних реологічних характеристик дослідних зразків йогуртів впливає безліч факторів, що необхідно враховувати при порівнянні реологічних властивостей різних варіантів продукту. Основними факторами (крім властивостей і структури самого об'єкта дослідження) є:

- температура – 25 °С;
- швидкість зсуву (особливо важливо для неньютоновських рідин);
- параметри вимірювань (шпindelь № 02, діапазон швидкості обертання шпинделя від 0 до 200 об/хв.);
- тривалість вимірювань - 30 сек.

Вимірювання в'язкості зразків йогуртів, розробленого та контрольного, проводили при різних швидкостях зсуву. Йогурт є неньютоновської рідиною або в'язкопружним матеріалом і його не можна характеризувати ньютонівською в'язкістю. Тому необхідно було встановити, чи залежить вимірювана в'язкість (при даному поєднанні швидкість зсуву/шпindelь) від тривалості вимірювання. Для цього було проведено вимірювання в'язкості йогуртів при поступовому підвищенні швидкості зсуву, а потім при її зниженні.

Результати вимірювання в'язкості розробленого і контрольного зразків йогуртів наведені в табл. 3.5.

На підставі даних табл. 3.4 були побудовані графіки залежності в'язкості дослідного і контрольного зразків від швидкості зсуву. Дану залежність описували за допомогою моделей, які застосовуються для систем, реологічні властивості яких змінюються в процесі механічного впливу.

*Таблиця 3.5*

Результати вимірювання в'язкості в розробленому та контрольному зразках йогуртів при підвищенні швидкості обертання шпинделя ротаційного віскозиметра та в зворотному напрямі

Швидкість обертів, об/хв	Контрольний зразок		Розроблений зразок	
	↓	↑	↓	↑
0	0	0	0	0
12	3200	3033	2892	2583
17	2447	2335	2171	200

22	2014	1927	1782	1650
30	1600	1540	1393	1320
40	1300	1247	1130	1072
50	1106	1064	960	916
60	973,3	935	823,3	806,7
70	874,3	837,1	745,7	725,7
80	798,8	762,5	685	663,7
90	735,6	703,3	631,1	614,4681
100	681	655	584	574
105	655,2	635,2	564,8	557,1
120	599,2	584,3	519,2	511,7
135	554,8	543,7	483	476,3
140	542,4	532,1	471,4	466,4
150	518	512	452,2	448,7
160	498,1	493,8	434,4	438,7
180	465	463,3	408,9	415,6
200	440,5		390,5	

На рис. 3.6 приведені графіки залежності в'язкості дослідного і контрольного зразків йогуртів від швидкості зсуву.

Криві на рисунках показують, що в'язкість в процесі підвищення швидкості обертання шпинделя дещо більше, ніж в'язкість при тій же швидкості в зворотному процесі.

Ця графічна залежність називається петлею гістерезису і пояснюється зміною в'язкості рідини з плином часу в процесі механічного впливу.

Внесення збагачувача сприяє зниженню в'язкості йогуртів. Аналіз залежності, наведених на рис. 3.6 свідчить, що значення показника в'язкості при підвищенні швидкості обертання шпинделя в розробленому йогурті на 9 – 14% нижча у порівнянні з показником в'язкості контрольного зразка.

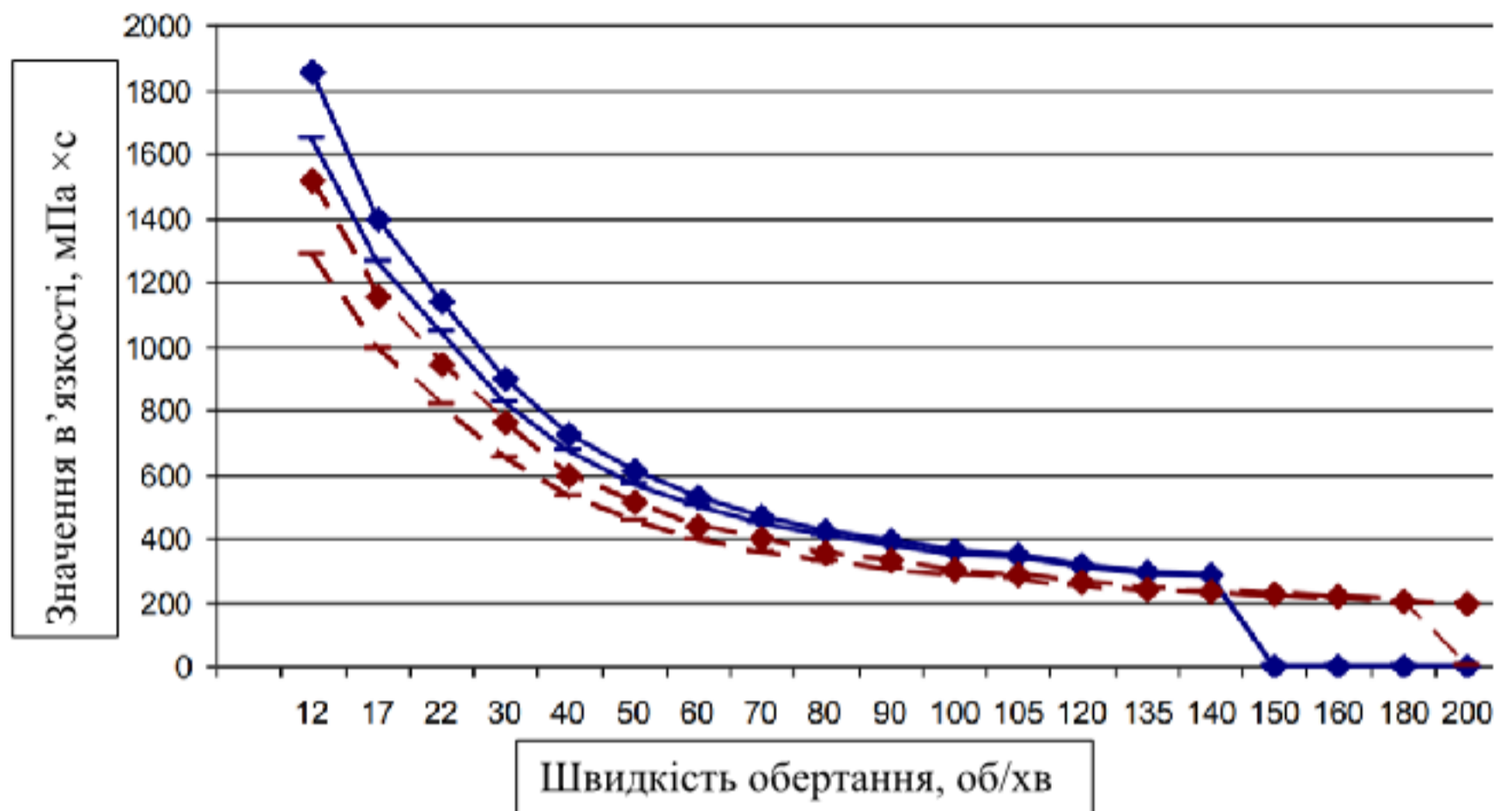


Рис. 3.6. Залежності в'язкості дослідного і контрольного зразків йогурту від швидкості зсуву

◆ - в'язкість контрольного зразка при підвищенні швидкості обертів шпинделя віскозиметра;

■ - в'язкість контрольного зразка при зменшенні швидкості обертів шпинделя віскозиметра;

◆ - в'язкість дослідного зразка при підвищенні швидкості обертів шпинделя віскозиметра;

■ - в'язкість дослідного зразка при зменшенні швидкості обертів шпинделя віскозиметра.

Таким чином, реологічні параметри характеризують структурно-реологічні властивості йогурту з внесеними харчовими збагачувачами у вигляді м'коті моркви та апельсинового соку і є чутливими при внесенні його в рецептури дослідних зразків йогуртів, отже, повинні бути враховані при

виробництві йогуртів та при підборі режимів роботи технологічного обладнання.

Чутливість цих параметрів до внесення харчового збагачувача дозволяє використовувати їх в якості елементів регулювання властивостей йогурту, а також при визначенні ефекту стабілізації йогурту для прогнозування можливості появи синерезиса при зберіганні.

### **3.9. Порівняльний аналіз отриманих результатів з результатами аналогічних досліджень**

Комплексний аналіз та узагальнення отриманих результатів дозволило нам обґрунтувати обраний рецептурний склад розробленого йогурта.

Оцінений термін придатності розробленого питного йогурту з 10% морквяної м'якоті, 10% апельсинового соку та 80% йогуртової основи становив 35 днів. Кількість коліформної форми та дріжджів та цвілі була негативною, а значення рН знизилось до 4,20 з 4,41 протягом 35 днів періоду зберігання при 4 °С. Вміст вологи в розробленому питному йогурті становило  $81,73 \pm 0,07\%$  при  $18,27 \pm 0,07\%$  від загальної кількості твердої речовини. Загальний вміст золи, сирого білка, жиру, загального вмісту вуглеводів та  $\beta$ -каротину становив відповідно  $0,58 \pm 0,05\%$ ,  $3,16 \pm 0,10\%$ ,  $2,2 \pm 0,1\%$ ,  $4,59 \pm 0,18\%$  та  $4,978 \pm 0,001$  мкг/г. Розроблений йогурт мав більшу кількість  $\beta$ -каротину порівняно з простим йогуртом.

Доцільно порівняти отримані результати з результатами аналогічних досліджень, проведених іншими дослідниками. Так, дослідження йогурту, до складу якого входить морквяний сік із терміном зберігання три тижні, розробленого авторами роботи [63], показує, що 15% морквяного соку - це формула, яка має найвищу визнання серед споживачів обраних із формул 5%, 10%, 15% та 20% морквяного соку, тоді як формула з 10% морквяної м'якоті має найвище визнання споживачами, що підтверджується результатами наших досліджень. Згідно з результатами досліджень, зростання коліформи, дріжджів та цвілі було пригнічено великою кількістю морквяного соку, що свідчить про

те, що морква має значний вплив на прийнятність йогурту протягом терміну придатності. Короткий термін зберігання морквяного соку через низьку кислотність, сприятливу для росту мікробів, обмежує термін зберігання морквяного соку, що обмежує користь  $\beta$ -каротину [64, 65].

Отже, збільшення терміну зберігання морквяного соку, поліпшення його якості та товарності, підвищення його кислотності може бути ефективним методом [66], який можна отримати шляхом включення морквяного соку в йогурт, як кислий продукт разом із цитрусовим соком.

Загалом, найбільш часто використовувані методи підкислення овочевих соків включають: додавання органічної кислоти, такої як лимонна кислота [67, 68] та оцтової кислоти [69]; використання кислотопродукуючих бактерій [66, 70] та змішування з кислими фруктовими соками, такими як апельсиновий, лимонний, яблучний та журавлинний соки [71]. Отже, включення морквяної м'якоті з апельсиновим соком для питного йогурту призводить до підвищення терміну зберігання морквяного соку, одночасно збільшуючи корисний ефект  $\beta$ -каротину.

Питний йогурт з м'якоттю авокадо була розроблений у роботі [72], містить 3,0-3,2% жиру зі значенням рН від  $4,41 \pm 0,02$  до  $4,12 \pm 0,05$ , що аналогічно нашому дослідженню. Включення натуральної м'якоті фруктів та овочів до йогурту покращує прийняття споживачами, одночасно збільшуючи його харчову цінність та термін зберігання.

Дослідження, проведене авторами роботи [73] свідчать, що додавання 8% морквяного соку до складу йогурт при 12-денному терміні придатності, забезпечує наявність приблизно 1400 (мкг/100 г) загальних каротиноїдів, еквівалентних  $\beta$ -каротину; тип каротиноїдів, який також відомий як провітамін А, та є природним антиоксидантом. Для харчових добавок можливе обмеження використання  $\beta$ -каротину до 2 мг/день, або до 2-4 мг/день, що є бажаним споживанням за даними Німецького товариства з харчування. Що стосується збагачених харчових продуктів, пропонуються варіанти обмежити його використання 2 мг/100 г або 100 мл [74]. Оскільки питний йогурт,

розроблений у цьому дослідженні, містив  $4,978 \pm 0,001$  мкг/г  $\beta$ -каротину. Слід зазначити, що споживання 400 г даного йогурту можуть задовольнити добову потребу в  $\beta$ -каротині.

Йогурт з екстрактом червоного женьшеню був розроблений у дослідженні [75], має вищу антиоксидантну активність (89,44-94,80%) порівняно з питним йогуртом, розробленим у нашому дослідженні (38,36-55,24%). Однак, подібним чином поступово зменшується антиоксидантна активність протягом 21 дня у питному йогурті, що містить екстракт зеленого чаю, який був розроблений та описаний дослідниками у роботі [76]. Дослідження, приведені у роботах [77, 78] також обґрунтовують, що антиоксидантна активність питних йогуртів, що містять натуральну фруктову м'якоть, зменшується при зберіганні в охолодженому стані, що обмежує дію  $\beta$ -каротину як потужного антиоксиданту для запобігання росту пухлини, посилення імунної відповіді та інгібування мутагенезу [79].

Таким чином, нашими дослідженнями було виявлено, що йогурт, збагачений  $\beta$ -каротином, поєднаний з морквяною м'якоттю та апельсиновим соком, має суттєві переваги у порівнянні з традиційним продуктом і є корисним.

### **3.10. Технологія питного йогурту, збагаченого м'якоттю моркви та апельсиновим соком**

На основі отриманих нами даних розроблена технологія йогурту, збагаченого  $\beta$ -каротином шляхом додавання м'якоті моркви та апельсинового соку (рис. 3.7). В основі технологічного процесу покладено традиційна технологія виробництва йогурту.

Запропонована удосконалена технологія йогурту питного, збагаченого каротиноїдами рослинного походження шляхом додавання до рецептурного складу м'якоті моркви та апельсинового соку може бути використана молокопереробними підприємствами та дозволить виготовляти питні йогурти з підвищеними споживними властивостями.



Рис. 3.7. Технологічна схема виробництва йогурта питного, збагаченого  $\beta$ -каротином

### 3.11. Соціально-економічна ефективність від впровадження результатів досліджень

У зв'язку з тим, що при виробництві харчових продуктів з покращеними споживчими властивостями основні витрати на освоєння нового продукту відбуваються в сфері виробництва, відсутні дані про кількість підприємств, готових до виробництва продуктів за розробленою технологією; відсутні дані про ринкову ціну розробленого питного йогурт, на даний час відсутні методики визначення ефективності впровадження результатів роботи.

Враховуючи дані обставини, для визначення сумарного соціально-економічного ефекту був застосований метод експертних оцінок, який складався з наступних етапів [80, 81]:

- обрання експертів з фахівців у галузі виробництва йогуртів, санітарно-епідеміологічної служби та споживачів;
- надання експертам інформації про процедуру експертного оцінювання, зміст анкет оцінювання та про предмет експертизи;
- проведення тестування та перевірка узгодженості їх думок.

Перевірка надійності та достовірності оцінок різних експертів до однієї і тієї ж генеральної сукупності оцінок була виконана за критерієм Фішера. Узгодженість думки експертів була оцінена за коефіцієнтом конкордації  $W$ . Даний показник склав 0,95, що свідчить про високий ступінь узгодженості між експертами.

Методика оцінювання полягала у порівнянні в відносних одиницях (існуюча технологія виробництва йогурту без використання природніх рослинних антиоксидантів прийнята за 1,0) зміни статей при виробництві, споживанні йогуртів і позитивні соціальні ефекти в суспільстві від споживання даного продукту (табл. 3.6 – 3.8). Обробка результатів експертного опитування полягала у визначенні середнього значення оцінки, середнього квадратичного відхилення  $\sigma_i$  і коефіцієнта варіації  $V_i$ .

Порівняння статей витрат на виробництво питних йогуртів з додаванням м'якоті моркви та апельсинового соку в сфері виробництва (в умовних показниках)

Розглянуті статті витрат в сфері виробництва	Експертна оцінка витрат		
	базовий варіант	Виробництво йогуртів з запропонованим антиоксидантом	Відхилення
повна вартість обладнання	1	1,1	+0,1
основна і додаткова заробітна плата	1	1,012	+0,012
технологічні витрати електроенергії	1	1,02	+0,02
витрати, пов'язані з підготовкою і освоєнням нової продукції	1	1,05	+0,05
витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1	1,04	+0,04
загальновиробничі витрати	1	1,005	+0,005
загальногосподарські витрати (реклама нової продукції та ін.)	1	1,002	+0,002
ІТОГО (Повна собівартість)	1	1,148	+0,148

Аналіз даних табл. 3.6 показав, що собівартість виробництва йогуртів за розробленою технологією збільшується на 14,8%. Даний факт пояснюється додатковими витратами на виробництво морквяної м'якоті та апельсинового соку. Однак, враховуючи, що позитивні ефекти від виробництва йогурту за запропонованою технологією досягаються в сфері споживання і за соціальними статтями слід проаналізувати дані табл. 3.5 та 3.7.

Таблиця 3.7

Порівняння статей витрат в сфері споживання йогурту збагаченого бета-каротином (в умовних показниках)

	Експертна оцінка позитивних ефектів
--	-------------------------------------

Розглянуті статті витрат в сфері споживання	базовий варіант	Виробництво йогурту з антиоксидантами	Відхилення
Скорочення охолоджуваних складських приміщень (стратегічні запаси і т.п.)	1	1,08	-0,08
Скорочення енерговитрат на охолодження складів-холодильників	1	1,10	-0,1
Зниження транспортних витрат	1	1,02	-0,02
ІТОГО	1	1,20	-0,20

Таблиця 3.8

Порівняння умовних показників соціального ефекту від споживання йогуртів, вироблених за розробленою технологією

Соціальний ефект	Експертна оцінка ефектів		
	базовий варіант	Виробництво йогурту за розробленою технологією	Відхилення
Підвищення споживчої якості продукту	1	1,1	+0,1
Підвищення харчової цінності продукту	1	1,1	+0,1
Підвищення рівня життя споживачів даної продукції	1	1,1	+0,1
Зниження захворюваності населення від вживання недоброякісної продукції	1	1,05	+0,05
Збільшення ринку збуту даної продукції експедиціями, туристами і ін.	1	1,03	+0,03
ІТОГО	1	1,38	+0,38

Порівняння умовних показників соціального ефекту від споживання йогуртів, вироблених за розробленою технологією (табл. 3.6) свідчить, що у сфері споживання йогуртів, вироблених з додаванням бета-каротину, забезпечується 20% збільшення прибутку; позитивний соціальний ефект від випуску продукту харчування високої споживчої якості тривалого терміну

зберігання був оцінений в 38% в порівнянні з ефектом від споживання йогуртів, вироблених в даний час без використання природніх антиоксидантів.

Таким чином, очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження результатів досліджень може скласти до 38% від обсягу виробництва і споживання розробленої продукції.

## ВИСНОВКИ

Дослідження властивостей питного йогурта, збагаченого каротиноїдами (бета-каротином) є актуальним, та сприяє розширенню асортименту продукції за рахунок використання нових інгредієнтів у рецептурному складі йогуртів; підвищенню терміни зберігання йогуртів за рахунок використання м'якоті моркви з високими антиоксидантними властивостями; посиленню сенсорних властивостей йогуртів за рахунок використання апельсинового соку з яскраво вираженими вкусовими властивостями.

Проведені дослідження мають наукову новизну, яка полягає у отриманні нових залежностей впливу технологічних показників процесу виробництва питних йогуртів на їх харчову цінність та споживні властивості.

Найкращим складом питного йогурту, з точки зору його органолептичних властивостей та термінів зберігання, є рецептурний склад з 80% йогуртової суміші, 10% морквяної м'якоті та 10% апельсинового соку.

Термін зберігання розробленого питного йогурту становить 35 днів (5 тижнів). У розробленому питному йогурті кількість коліформ було негативним, а дріжджів і цвілі - нульовим протягом 35 днів при зберіганні при 4 °С. Значення рН, вміст β-каротину та антиоксидантна активність зменшуються із часом зберігання при 4 °С. розробленого питного йогурту було в 11,63 рази вище, ніж у йогурту, виготовленого без фруктово-овочевої добавки.

Вміст β-каротину, антиоксидантна здатність та рН розробленого продукту становили  $0,495 \pm 0,001$  мг/100 г,  $55,245 \pm 0,008\%$  та  $4,416 \pm 0,005$  відповідно. У сукупності ці результати свідчать про те, що розроблений питний йогурт має термін придатності 35 днів з високою харчовою цінністю, включаючи провітамін А, який є природним антиоксидантом.

## ПРОПОЗИЦІЇ

Запропонована удосконалена технологія йогурту питного, збагаченого каротиноїдами рослинного походження шляхом додавання до рецептурного складу м'якоті моркви та апельсинового соку може бути використана молокопереробними підприємствами та дозволить виготовляти питні йогурти з підвищеними споживними властивостями.

Реальність практичного використання здобутих результатів базується на достовірності отриманих даних та результатах експертного оцінювання розробленої продукції.

Очікуваний соціально-економічний ефект від впровадження результатів досліджень, визначений експертним методом, може скласти до 38% від обсягу виробництва і споживання розробленої продукції.