

Білоцерківський національний аграрний університет

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова

праця на правах рукопису

ВОВКОГОН АЛІНА ГРИГОРІВНА

УДК 606:637.146.33

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ
БІОТЕХНОЛОГІЙ ІММОБІЛІЗАЦІЇ КЛІТИН ЗАКВАСОК ДЛЯ
КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ**

03.00.20 – біотехнологія

сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А.Г. Вовкогон

Науковий консультант – Мерзлов Сергій Віталійович, доктор сільськогосподарських наук, професор

Біла Церква – 2020

АНОТАЦІЯ

Вовкогон А.Г. Теоретичне та практичне обґрунтування розробки біотехнологій іммобілізації клітин заквасок для кисломолочних напоїв. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія, Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Біла Церква, 2020.

У дисертаційній роботі описано результати досліджень спрямованих на вирішення проблеми підвищення стійкості молочнокислих бактерій, які входять до складу заквасок для виготовлення кисломолочних напоїв (йогурт, стрептосан) до дії інгібуючих речовин, які потрапляють у молоко.

Робота виконана в НДІ харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського національного аграрного університету в межах тематики “Розроблення біотехнологій одержання стабільних ензимних та бактеріальних препаратів для виробництва кисломолочних продуктів” (№ держреєстрації 0119U005434).

За ряду технологічних операцій та внаслідок лікування лактуючих корів виникає проблема потрапляння у молоко інгібуючих сполук у тому числі різноманітних антибіотиків, які пригнічують або інактивують молочнокислі бактерії, що входять до складу заквасок для кисломолочних напоїв. Це обумовлює необхідність розробки біотехнологій спрямованих на створення іммобілізованих (стабілізованих) заквасок для кисломолочних напоїв стійких до дії інгібуючих сполук у молоці.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності використання заквасок для виготовлення кисломолочних продуктів шляхом розробки біотехнології іммобілізації молочнокислих бактерій *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus salivarius*

thermophilus та *Enterococcus faecium*, які застосовуються у технологіях йогуртів та стрептосану і встановленню стійкості іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану до інгібуючих сполук, які потрапляють у молоко.

Під час реалізації поставленої мети вирішено наступні завдання:

- вивчено сорбційні властивості нативного желатину, пектину та крохмалю, відпрацьовані технології модифікації крохмалю, пектину та желатину як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів та досліджено сорбційні показники модифікованих носіїв;

- встановлена нешкідливість, гостра токсичність та подразнююча дія модифікованого пектину, желатину та крохмалю на лабораторних тваринах;

- експериментально досліджена стійкість молочнокислих бактерій нативної заквасок йогурту та стрептосану до дії різних доз пеніциліну та стрептоміцину у молоці;

- сконструйовано біотехнології іммобілізації клітин мікроорганізмів закваски йогурту та стрептосану на модифікованих носіях (пектин, желатин), встановлено оптимальні дози використання іммобілізованої закваски для йогурту та стрептосану для сквашування молока, досліджено час придатності та умови зберігання іммобілізованих заквасок для кисломолочних продуктів;

- встановлено стійкість іммобілізованої закваски для йогурту та іммобілізованої закваски для стрептосану до різних доз антибіотиків у молоці;

- досліджено реологічні показники йогурту та стрептосану виготовлених за участі іммобілізованих заквасок, вивчено амінокислотний та мікробіологічний склад кисломолочних продуктів виготовлених із застосуванням іммобілізованих заквасок для йогурту та стрептосану, розраховано економічну ефективність використання іммобілізованих заквасок.

Під час виконання кваліфікаційної наукової праці використано сучасні методи досліджень: біотехнологічні, мікробіологічні, біохімічні, хімічні, токсикологічні, спектрофотометричні, математично-статистичні.

Здобувачкою особисто розроблено концепцію модифікації органічних носіїв та створення іммобілізованих заквасок для кисломолочних продуктів, обґрунтовано мету та основні задачі робіт, самостійно виконано, проаналізовано та узагальнено весь обсяг експериментальних досліджень.

Експериментально встановлено, що харчові добавки крохмаль, пектин та желатин володіють сорбційними властивостями. У модельних дослідженнях встановлено, що нативний крохмаль має найменшу здатність сорбувати вітамін В₂ із розчину.

Для підвищення сорбційних властивостей харчових добавок як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів розроблено технологію модифікації нативного желатину, крохмалю та пектину фізико-хімічним методом. Виявлено, що модифіковані харчові добавки мали вищу сорбційну властивість щодо вітаміну В₂ на 26,2-36,9 % відносно їх нативних форм.

Досліджуючи нешкідливість модифікованого желатину, пектину та крохмалю не було виявлено загибелі мишей, яким водили носії. Етологічні і патолого-анатомічні показники у тварин дослідних груп вірогідно не відрізнялись від даних контролю. Одноразове введення мишам підвищених доз модифікованого пектину, желатину та крохмалю не викликало вірогідного зниження чи збільшення біохімічних показників у сироватці крові та печінці тварин.

Доведено, що модифікований желатин, крохмаль та пектин належать до малотоксичних речовин – 4 клас за ГОСТ 12.1.007. Їх DL₅₀ за внутрішньошлункового введення лабораторним тваринам є більшою 5000-6000 мг/кг. На кінець експерименту за дії 5000-6000 мг/кг маси тіла модифікованих носіїв показники білкового та вуглеводного обміну у організмі тварин відповідали фізіологічним нормам.

Експериментально виявлено, що модифікований желатин, крохмаль та пектин внаслідок нанесення їх розчинів на слизову оболонку тварин не створюють подразнюючої (шкідливої) дії.

Встановлено, що модифікований желатин, пектин та крохмаль не є токсичними і можуть використовуватись як носії для іммобілізації клітин молочнокислих бактерій заквасок для кисломолочних напоїв.

Вивчаючи вплив різних доз пеніциліну в молоці на активність нативної закваски йогурту доведено, що за вмісту антибіотику більше 12,0 ОД/см³ молочнокислі бактерії інактивуються і сквашування молока не відбувається. Вивчено, що за вмісту діючої речовини стрептоміцину у молоці 9,6 ОД/см³ і більше якісного йогурту отримати не можливо.

Встановлено, що за дози в молоці пеніциліну в кількості 5,0 ОД/см³ та стрептоміцину у кількості 1,5 ОД/см³ проходить інактивація клітин мікроорганізмів нативної закваски для стрептосану.

Експериментальним методом було розроблено біотехнології іммобілізації клітин мікроорганізмів заквасок для йогурту та стрептосану на модифікованих носіях. Встановлено оптимальне співвідношення між носієм, розчинником та заквасками – 1000 мг : 0,2 см²: 60 мг.

Доведено, що для виготовлення йогурту, який має відповідати нормативним вимогам іммобілізованої закваски на модифікованому пектині необхідно використовувати на 25,0 % менше (за масою) у порівнянні з закваскою іммобілізованою на модифікованому желатині.

Встановлено, що за використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану у кількості 520 мг/дм³ молока час звертання останнього становив 5,3 години. Цей показник був меншим на 13,1 % відносно даних отриманих із закваскою іммобілізованою на модифікованому желатині.

Виявлено, що під час зберігання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту за температури 3-4 °С впродовж 42 місяців активність її щодо сквашування молока зберігається. Іммобілізація закваски для йогурту збільшує час її придатності на 18 місяців у порівнянні з нативною формою. Доведено, що іммобілізована на модифікованому пектині

закваска для стрептосану на 12 місяців довше зберігає свою активність відносно її нативної форми.

Виявлено, що застосування іммобілізованої закваски для йогурту та стрептосану не призводить до погіршення показників ефективної в'язкості і відновлення структури продуктів сквашування молока впродовж 8 діб їх зберігання.

Встановлено, що кисломолочні напої одержані за використання іммобілізованої закваски для йогурту та стрептосану за мікробіологічними показниками відповідають чинним нормативним документам. Виявлено, що амінокислотний склад сквашеного молока іммобілізованими заквасками для йогурту і стрептосану не відрізнявся від амінокислотного складу кисломолочних напоїв одержаних із використанням нативних форм заквасок.

Встановлено, що застосування іммобілізованої закваски сприяє скороченню часу сквашування молока на 0,5 години, а відповідно знижується витрата електроенергії (11 кВт/год на 1000 дм³ молока).

Наукова новизна одержаних результатів. Вивчено сорбційні властивості харчових добавок (крохмаль, пектин та желатин) як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів. Уперше відпрацьовані технології модифікації пектину, желатину та крохмалю фізико-хімічним методом. У модельних дослідах встановлено місткість модифікованих носіїв.

Вивчено нешкідливість, гостру токсичність та подразнюючі дії носіїв модифікованого пектину, желатину та крохмалю.

Уперше розроблено біотехнологію іммобілізації закваски для йогурту на модифікованих органічних носіях. Розроблено біотехнологічну схему іммобілізації закваски для кисломолочного продукту стрептосану на модифікованому пектині та желатині.

Досліджено час зберігання іммобілізованої закваски йогурту та іммобілізованої закваски стрептосану. Уперше доведено оптимальну дозу внесення іммобілізованих заквасок у молоко корів для одержання якісних кисломолочних продуктів.

Доведено стійкість іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану до вмісту інгібуючих чинників у молоці. Уперше одержано йогурт та стрептосан сенсорні показники яких відповідали стандартним вимогам за використання іммобілізованих заквасок.

Практичне значення результатів досліджень. За розробленої технології модифікації нативного пектину сорбційні показники останнього були підвищені на 26,2 %. Модифікація желатину дає можливість збільшити його сорбційні властивості на 36,9 % у порівнянні із нативною формою.

Внаслідок проведення досліджень гострої токсичності модифікованих носіїв було доведено, що ці харчові добавки відносяться до малотоксичних сполук (4 клас згідно ГОСТ 12.1.007). DL_{50} на білих мишах є більшим 5000-6000 мг/кг.

Оптимальним співвідношенням матриця (мг) : розчинник ($см^3$) : закваска (мг) є: 1000:0,2:60. За такого співвідношення зберігається найвища активність закваски. Крім того, висушування іммобілізованої закваски проходить за 36 хвилин.

Іммобілізація заквасок йогурту та стрептосану дозволяє пролонгувати час їх зберігання на 12-18 місяців. Доведено, що іммобілізовані закваски йогурту та стрептосану здатні звертати молоко з вмістом пеніциліну до 20-25 Од/ $см^3$.

На основі одержаних результатів розроблені рекомендації щодо біотехнології виробництва іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану і їх використання за виробництва кисломолочних продуктів.

Матеріали наукової роботи можуть використовуватись у курсах лекцій з дисциплін “Біотехнологія”, “Біотехнологія в харчовій промисловості”, “Технологія галузі” у вищих навчальних закладах для підготовки фахівців за спеціальностями “Біотехнологія”, “Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва” і “Харчові технології”.

Ключові слова: модифікований пектин, модифікований желатин, модифікований крохмаль, молоко, йогурт, стрептосан, білі миші, кролі,

печінка тварин, сироватка крові тварин, іммобілізована закваска для йогурту, іммобілізована закваска для стрептосану, молочнокислі бактерії.

ANNOTATION

A.G. Vovkohon. Theoretical and practical substantiation of biotechnologies development of ferment cells immobilization for sour milk drinks.

Qualifying scientific work on the right of manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Agricultural Sciences, speciality 03.00.20 – biotechnology – Bila Tserkva national agrarian university, Ministry of education and science of Ukraine, Bila Tserkva, 2020.

The thesis deals with the problem of ferment efficiency improvement for sour milk products manufacture by development of biotechnology for immobilization of lactic-acid bacteria *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus salivarius thermophilus* and *Enterococcus faecium*, that are used in technologies for yoghurt and streptosan production and in technologies for immobilization resistance of yoghurt and streptosan ferments to the inhibiting compounds in milk.

The sorptive properties of native food additives were studied - of gelatin, apple pectin and starch in model experiments with application of vitamin B₂ solution. It was proved that native starch had the lowest sorptive property.

The modification technology of native gelatin, starch and pectin was elaborated by physical-chemical method. It was found out that the modified food additives had higher sorptive property concerning vitamin B₂ by 26,2-36,9% compared to their native forms.

The harmlessness and toxicity of modified pectin, gelatin and starch were investigated on laboratory animals in compliance with all bioethics rules. It was found out, that modified food additives, as carriers for immobilization of microorganism cells in ferments for sour milk drinks, belong to low-toxicity

substances – category 4 according to the State Standards 12.1.007. When intragastrically introduced to the laboratory animals (white mice), their DL_{50} is more than 5000-6000 mg/kg of body mass. The modified gelatin, starch and pectin when introduced as solution on the mucous membrane of animals, do not provoke any irritating (harmful) reaction.

It was proved that with low doses of benzylpenicillin sodium salt and streptomycin in milk, the action of lactic-acid bacteria in ferment for yoghurt and streptosan is going down and the milk souring does not occur. It was found out that application of immobilized yoghurt ferments and streptosan, unlike their native forms, allows souring the milk with low content of antibiotics.

The biotechnologies were elaborated of microorganism cells immobilization in the ferments for yoghurt and streptosan on modified carriers. It was detected that the most efficient immobilization of ferments was the one on modified pectin.

The application of lower doses of ferments immobilized on modified pectin showed a quicker milk souring compared to the ferments immobilized on modified gelatin.

It was proved that the ferment for yoghurt immobilized on modified pectin kept its milk souring activity when stored during 42 months at the temperature 3-4°C. The immobilization of ferment for yoghurt increases its shelf life by 18 months compared to native form. It was found out that the ferment immobilized on modified pectin for streptosan preserves its activity by 12 months longer compared to its native form.

It was proved that application of immobilized ferment for yoghurt and streptosan does not deteriorate the viscosity and restoration of structure of milk souring products during 8 days storage.

As to the microbiological indexes, it was established that the sour milk drinks produced by means of immobilized ferment for yoghurt and streptosan meet the current normative requirements. The amino-acid composition of milk soured by immobilized ferments for yoghurt and streptosan does not differ from the amino-

acid composition of sour milk drinks produced by means of native forms of ferments.

Key words: modified pectin, modified gelatin, modified starch, milk, yoghurt, streptosan, white mice, rabbits, liver, blood serum, immobilized ferment for yoghurt, immobilized ferment for streptosan, lactic-acid bacteria.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	15
	РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	22
1.1.	Імобілізація клітин і ензимів та їх використання.....	22
1.2.	Технології кисломолочних продуктів (йогурт і стрептосан).....	42
1.2.1.	Сировина для виробництва кисломолочних продуктів.....	42
1.2.2.	Характеристика і виробництво кисломолочних продуктів..	45
1.3.	Характеристика харових добавок (пектин, желатин, крохмаль) як носіїв для іммобілізації клітин.....	52
	РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	58
2.1.	Матеріали і місце проведення досліджень.....	58
2.2.	Схеми постановки, умови проведення експериментів та методи визначення показників.....	58
2.2.1.	Встановлення сорбційних властивостей нативних і модифікованих носіїв.....	60
2.2.2.	Біотехнологія виробництва, проведення модельних досліджень та вивчення технологічних параметрів стабілізованих заквасок.....	65
2.2.3.	Встановлення впливу різних доз інгібуючих чинників на активність заквасок.....	67
2.2.4.	Методика визначення нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв на лабораторних і сільськогосподарських тваринах.....	77
2.2.5.	Методика вивчення ефективності застосування стабілізованих заквасок для виготовлення йогурту та стрептосану.....	82

2.2.6.	Методи визначення показників.....	85
	РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	88
3.1.	Моделльні дослідження щодо модифікації носіїв та вивчення їх сорбційних властивостей.....	88
3.1.1.	Відпрацювання схеми та технологій модифікації носіїв.....	88
3.1.2.	Вивчення сорбційних властивостей різних форм желатину..	93
3.1.3.	Вивчення сорбційних властивостей різних форм пектину..	98
3.2.	Вивчення нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв.....	103
3.2.1.	Дослідження нешкідливості модифікованого желатину.....	103
3.2.2.	Вивчення нешкідливості модифікованого пектину.....	106
3.2.3.	Встановлення нешкідливості модифікованого крохмалю...	109
3.2.4.	Встановлення гострої токсичності модифікованого желатину.....	113
3.2.5.	Дослідження гострої токсичності модифікованого пектину.	117
3.2.6.	Вивчення гострої токсичності модифікованого крохмалю..	121
3.2.7.	Дослідження гострої токсичності модифікованих крохмалю, пектину та желатину на білих щурах.....	125
3.2.8.	Встановлення подразнюючої дії модифікованого пектину...	127
3.2.9.	Вивчення подразнюючої дії модифікованого желатину.....	130
3.2.10.	Дослідження подразнюючої дії модифікованого крохмалю.	132
3.3	Дослідження стійкості нативних заквасок для кисломолочних продуктів до антибіотиків.....	134
3.3.1.	Вплив різних концентрацій бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці на сквашування йогурту.....	134
3.3.2.	Дослідження стійкості нативної закваски йогурту до різних доз стрептоміцину у молоці.....	138
3.3.3.	Вивчення впливу різних доз пеніциліну у молоці на нативну закваску стрептосану.....	142

3.3.4.	Дослідження впливу різних доз стрептоміцину у молоці на нативну закваску стрептосану.....	146
3.4	Конструювання та перевірка іммобілізованих заквасок для кисломолочних напоїв.....	151
3.4.1.	Схема іммобілізації заквасок.....	151
3.4.2	Відпрацювання оптимального співвідношення між носієм, розчинником та закваскою.....	152
3.4.3	Встановлення оптимального співвідношення між закваскою стрептосану, носієм та розчинником.....	156
3.4.4	Вивчення впливу різних доз іммобілізованих заквасок на сквашування молока.....	158
3.4.5	Встановлення оптимальної дози та форми іммобілізованої закваски стрептосану для сквашування молока.....	167
3.4.6	Вивчення впливу часу й умов зберігання на активність нативної та іммобілізованої закваски йогурту.....	173
3.4.7	Дослідження впливу часу й умов зберігання на активність нативної та іммобілізованої закваски стрептосану.....	180
3.5	Вивчення стійкості іммобілізованих заквасок до інгібуючих чинників у молоці.....	188
3.5.1	Порівняння стійкості нативної та іммобілізованої заквасок йогурту до різних доз пеніциліну в молоці.....	188
3.5.2	Вивчення стійкості нативної та іммобілізованої заквасок йогурту до різних доз стрептоміцину у молоці.....	195
3.5.3	Дослідження здатності нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану сквашувати молоко за різної концентрації у ньому пеніциліну.....	202
3.5.4	Встановлення здатності нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану сквашувати молоко за різної концентрації в ньому стрептоміцину.....	210

3.6	Дослідження в'язкості і відношення структури кисломолочних напоїв.....	219
3.7.	Мікробіологічні показники та амінокислотний склад кисломолочних продуктів.....	223
3.8	Встановлення сенсорних та фізико-хімічних показників йогурту із наповнювачем виготовленого за використання іммобілізованої закваски.....	228
3.9	Економічна ефективність використання іммобілізованих заквасок.....	231
	РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	233
	ВИСНОВКИ.....	264
	ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	267
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	268
	ДОДАТКИ.....	308
	Додаток А1.....	309
	Додаток А2.....	311
	Додаток А3.....	313

ВСТУП

Актуальність проблеми. Збалансоване харчування посідає важливе місце у збереженні працездатності і здоров'я людей різного віку. Важливе місце в раціонах населення України займають кисломолочні продукти, які забезпечують організм есенціальними чинниками живлення, а також виконують пробіотичну та профілактичну функції [184, 188]. Великий попит серед населення мають йогурт та геролакт, виготовлений на основі закваски стрептосану [21, 159].

Для виробництва кисломолочних продуктів переважно використовують молоко корів. Середні та дрібні молокопереробні підприємства значну кількість сировини закупають у населення, де якість молока не завжди контролюється. У складі такого молока часто виявляють інгібуючі сполуки, зокрема й залишки антибіотиків. Із такого молока важко, а в окремих випадках неможливо, виготовити якісні кисломолочні продукти, оскільки мікроорганізми, які входять до складу заквасок не стійкі до дії різних доз антибіотиків [255, 323].

Крім того, збереження активності пробіотичних бактеріальних клітин в ферментованих харчових продуктах за дії біогенних і абіогенних фізико-хімічних факторів оточуючого середовища є проблемою для харчової промисловості. Одним із ефективних та можливих способів вирішення проблеми підвищення стійкості молочнокислих бактерій до інгібуючих факторів є їх іммобілізація на біосумісних матрицях [104, 283].

Для іммобілізації молочнокислих бактерій необхідно застосовувати носії, які мають бути нетоксичними харчовими добавками. Найбільш часто використовуваними харчовими біополімерами є білки (желатин) та вуглеводи (пектин, крохмаль, альгінат натрію) [17, 104].

З метою підвищення ефективності іммобілізації молочнокислих бактерій на цих харчових добавках слід проводити їх модифікацію. На даний час біотехнологічні аспекти модифікації харчових біополімерів фізико-хімічними методами із застосуванням нетоксичних зшивок висвітлені недостатньо.

Не вивченим залишається питання щодо використання модифікованих харчових добавок (желатин, пектин та крохмаль) як носіїв для іммобілізації клітин мікробіоти заквасок для йогурту та стрептосану.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконана робота є фрагментом теми «Розроблення біотехнологій одержання стабілізованих заквасок та ензимних препаратів для виробництва кисломолочних продуктів» (№ держреєстрації 0120U100372), що виконується в НДІ харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського національного аграрного університету впродовж 2014–2020 років.

Мета і завдання дослідження. Метою наукової роботи є теоретичне та практичне обґрунтування вирішення проблеми підвищення стійкості заквасок для кисломолочних продуктів до умов зберігання та дії інгібуючих чинників у молоці шляхом біотехнології іммобілізації клітин мікроорганізмів закваски йогурту та стрептосану на модифікованих природних органічних носіях.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- дослідити сорбуючі властивості нативного крохмалю, желатину та пектину;
- розробити технології модифікації крохмалю, пектину та желатину;
- вивчити сорбційні властивості модифікованих носіїв;
- дослідити нешкідливість модифікованого пектину, желатину та крохмалю;
- встановити гостру токсичність та подразнюючу дію модифікованих носіїв;
- вивчити стійкість нативних заквасок йогурту та стрептосану до дії антибіотиків у молоці;
- розробити схему іммобілізації закваски йогурту та стрептосану на модифіко-ваних носіях;

- дослідити вплив різних доз іммобілізованих заквасок на сквашування молока;
- встановити час придатності та умови зберігання іммобілізованих заквасок для кисломолочних продуктів;
- вивчити стійкість іммобілізованої закваски йогурту до різних доз антибіотиків у молоці;
- дослідити стійкість іммобілізованої закваски стрептосану до різних доз антибіотиків у молоці;
- встановити реологічні показники кисломолочних напоїв, виготовлених за участі іммобілізованих заквасок;
- вивчити мікробіологічний та амінокислотний склад кисломолочних продуктів, виготовлених із застосуванням іммобілізованих заквасок;
- дослідити економічну ефективність використання іммобілізованих заквасок.

Об'єкт дослідження – біотехнології конструювання іммобілізованих заквасок для йогурту та стрептосану з підвищеною стійкістю до інгібуючих чинників, які потрапляють у молоко та встановлення ефективності використання цих заквасок для виготовлення кисломолочних напоїв.

Предмет дослідження – пектин, желатин, крохмаль, закваска для йогурту, закваска для стрептосану, модифікований желатин, модифікований крохмаль, модифікований пектин, іммобілізована закваска йогурту, іммобілізована закваска стрептосану, білі миші, білі щурі, лабораторні кролі, сироватка крові, печінка, кисломолочний продукт йогурт, кисломолочний продукт стрептосан, сік калини.

Методи дослідження:

- біотехнологічні – дослідження оптимальних технологічних параметрів та носіїв для іммобілізації закваски для йогурту та закваски для стрептосану; встановлення режимів зберігання іммобілізованих заквасок;
- мікробіологічні – підрахунок молочнокислих бактерій у йогуртах та стрептосанах і виявлення патогенної мікрофлори в кисломолочних напоях;

– токсикологічні – дослідження нешкідливості, гострої токсичності та подразню-ючої дії модифікованих носіїв на лабораторних та сільськогосподарських тваринах;

– біохімічні – визначення вмісту піровиноградної кислоти, глюкози, молочної кислоти, сечовини, сечової кислоти, загального білка, загальних, білкових сульфогідрильних груп та HS-груп низькомолекулярних сполук, вивчення активності ензимів у організмах мишей, щурів та лабораторних кролів;

– хімічні – встановлення титрованої кислотності молока та кисломолочних продуктів;

– спектрофотометричні – дослідження вмісту замінних і незамінних аміно-кислот у йогурті та стрептосані;

– математично-статистичні – одержання середніх арифметичних, похибок до середніх арифметичних, надання кількісної оцінки одержаних експериментальних результатів та встановлення економічної ефективності використання іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану для виготовлення кисломолочних продуктів.

Наукова новизна одержаних результатів. Вивчено сорбційні властивості харчових добавок (крохмалю, пектину та желатину) як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів. Уперше відпрацьовано технології модифікації пектину, желатину та крохмалю фізико-хімічними методами.

Вивчено нешкідливість, гостру токсичність та подразнюючі дії носіїв модифікованого пектину, желатину та крохмалю.

Уперше розроблено біотехнологію іммобілізації закваски для йогурту на модифікованих органічних носіях. Розроблено біотехнологічну схему іммобілізації закваски для кисломолочного продукту стрептосану на модифікованому пектині та желатині.

Досліджено час зберігання іммобілізованої закваски для йогурту та іммобілізованої закваски стрептосану. Уперше доведено оптимальну дозу

внесення іммобілізованих заквасок у молоко корів для одержання якісних кисломолочних напоїв.

Доведено стійкість іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану до вмісту інгі-буючих чинників у молоці. Уперше одержано йогурт та стрептосан, сенсорні показники яких відповідали стандартним вимогам за використання іммобілізованих заквасок.

Практичне значення результатів дослідження. За розробленої технології модифікації нативного пектину сорбційні показники останнього були підвищені на 20,8 %. Модифікація желатину дає можливість збільшити його сорбційні властивості на 26,9 %, порівняно з нативною формою.

Унаслідок проведення досліджень гострої токсичності модифікованих носіїв було доведено, що ці харчові добавки відносяться до малотоксичних сполук (4 клас згідно з ГОСТ 12.1.007). DL_{50} на білих мишах та щурах є більшим 5000 мг/кг.

Оптимальним співвідношенням матриця (мг) : розчинник (см³) : закваска (мг) є 1000:0,2:60. За такого співвідношення зберігається найвища активність закваски. Висушування іммобілізованої закваски за такого співвідношення є найшвидшим.

Іммобілізація заквасок йогурту та стрептосану дозволяє пролонгувати час їх зберігання на 12–18 місяців. Доведено, що іммобілізовані закваски йогурту та стрептосану здатні згортати молоко із вмістом пеніциліну до 20–25 Од/см³.

На основі отриманих даних розроблено рекомендації щодо біотехнології виробництва іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану і їх використання за виробництва кисломолочних продуктів.

Матеріали наукової роботи можуть бути використані в курсах лекцій з дисциплін «Біотехнологія», «Біотехнологія в харчовій промисловості», «Технологія галузі» у закладах вищої освіти для підготовки фахівців за спеціальностями «Біотехнологія», «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва» та «Харчові технології».

Особистий внесок здобувача. Дисертантка особисто розробила концепцію модифікації органічних носіїв та створення іммобілізованих заквасок для кисломолочних продуктів, обґрунтувала мету та основні завдання робіт, самостійно виконала, проаналізувала та узагальнила експериментальні дослідження. Підготовку та узагальнення висновків і пропозицій виробництву виконували за консультативної допомоги доктора сільськогосподарських наук, професора Мерзлова С.В. Мікро-біологічні дослідження виконані на кафедрі мікробіології та вірусології Білоцер-ківського НАУ. Вміст амінокислот у кисломолочних напоях (йогурт, стрептосан) визначали в ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок м. Львів.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися й отримали позитивне схвалення на ІХ Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми підвищення якості, безпеки виробництва та переробки продукції» (Вінниця, 2016); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології виробництва та переробки тваринницької продукції» (Вінниця, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та шляхи інтенсифікації виробництва продукції тваринництва» (Дніпро, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології виробництва та переробки тваринницької продукції» (Вінниця, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи технології виробництва у тваринництві та птахівництві» (Вінниця, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології виробництва і переробки продукції тваринництва» (Біла Церква, 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ветеринарно-санітарні аспекти технології виробництва і переробки продукції тваринництва» (Миколаїв, 2019); Державній науково-практичній конференції «Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва» (Біла Церква, 2016) та на засіданнях вченої ради біолого-технологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (Біла Церква, 2014–2019).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 29 наукових праць, у тому числі: 25 статей (13 – одноосібних), із них 23 у фахових виданнях; 1 тези доповідей конференцій та 3 методичні рекомендації.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, огляду літератури, загальної методики та основних методів дослідження, результатів дослідження, узагальнення результатів дослідження, висновків та пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Робота викладена на 314 сторінках, містить 13 рисунків і 106 таблиць. Список використаної літератури включає 402 джерела, у тому числі 209 – латиною.

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

1.1 Імобілізація клітин і ензимів та їх використання

Розроблення та використання іммобілізованих на різних носіях клітин мікроорганізмів є важливою біотехнологією. Створення іммобілізованих культур дає можливість інтенсифікувати виробництво ряду продукції, усувати проблеми пов'язані з екологією, збільшувати ефективність раціонального використання природних ресурсів, одержувати білок, а також профілакувати небезпечні захворювання як у людини, так і у тварин.

Використання стабілізації клітин дає змогу збільшити час перебування мікроорганізмів у метантенках, реакторах, ферментерах, оптимізувати приріст надлишкової біомаси, синтезувати біологічно активні речовини. Отже, цей метод є актуальним і дієвим [12-17, 108, 143, 328].

Під іммобілізацією розуміють – прикріплення (заключення) клітин мікроорганізмів або ензимів до носіїв (або в носії) різної природи. Іммобілізованими мікроорганізмами є ті клітини, які мають обмеження рухливості в просторі. Приєднання клітини до носія може відбуватись за рахунок хімічних реакцій чи фізичних сил [13, 17, 86, 165]. Іммобілізація клітин мікроорганізмів проходить природно, або прискорюється завдяки хімічним чи фізичним процесам [15, 17, 118, 166].

За іммобілізації мікроорганізмів дотримуються вимог. Робочий спосіб іммобілізації клітин не має спричиняти повне блокування ензимної системи мікроорганізмів, без якої технологія неможлива. Під час іммобілізації необхідно виключити або мінімізувати контакт мікроорганізмів із токсичними для них сполуками, не допускати дії високої температури та осмотичного тиску. За іммобілізації клітин технологія має бути простою, із мінімальною кількістю процесів і трудомістких, ресурсооб'ємних маніпуляцій. Механізм іммобілізації має забезпечувати міцне з'єднання носія із клітинами мікроорганізмів. Іммобілізація має забезпечувати вільний доступ мікроорганізмів до поживних речовин і відведення метаболітів, тобто носій має бути із такого матеріалу, щоб не створювати деяких дифузійних

перешкод масообмінним процесам між клітинами і рідкою фазою. Імобілізовані біокатализатори мають бути стабільні для їх пролонгованого зберігання, що здебільшого залежить від механічної, біологічної та хімічної стійкості матриці за умов конкретного технологічного завдання. За підбору методу імобілізації мікроорганізмів потрібно враховувати економічний складник технології [17, 86].

Удосконалення методів імобілізації, де проходить керований процес функціонування мікроорганізмів, зумовило домінування застосування в біологічних реакторах, ферментерах імобілізованих клітин. Під час біологічного фільтрування стічних вод тривалий період застосовували імобілізовані клітини мікроорганізмів, розташовані у вигляді плівки на нерухомій пористій поверхні біофільтра. Прикладом застосування імобілізованих клітин також є традиційний спосіб виробництва харчового продукту оцту, де застосовували клітини культури *Acetobacter*, сорбовані на березовому вугіллі. Існує багато прикладів імобілізації, яка проходить природним методом, без втручання людини. Нині стала доступною імобілізація різних бактерій або тканинних клітин, що дає змогу значно розширити можливості застосування цих стабілізованих клітин [17, 86].

Імобілізація прокаріотичних і еукаріотичних клітин дає змогу створювати біочастки різної величини, форми, об'єму та консистенції. Важливим елементом процесу імобілізації клітин мікроорганізмів є забезпечення оптимально високої концентрації клітин, що є технологічно важливим [47, 145, 86, 328].

Збереження активності бактеріальних клітин у ферментованих харчових продуктах є складною проблемою харчової промисловості, оскільки у середовищі заселення мікроорганізмів на них діє комплекс біогенних та абіогенних фізико-хімічних чинників [316, 377]. Ефективним розв'язанням цієї проблеми є імобілізація клітин мікроорганізмів із використанням доступних, нетоксичних, біосумісних матриць, які можуть виступати як харчові добавки [275, 317, 377].

З метою захисту бактерій від деструктивних зовнішніх чинників застосовують різні підходи. Один із варіантів описаний дослідниками [388] де вперше ензим глюкозооксидазу іммобілізовано на магнітних наночастинках хітозану і використано за технології пробіотичного питного йогурту. Стійкість більшості молочних бактерій залежить від вмісту ензимів і структурних та морфологічних змін клітинної оболонки [279].

За використання іммобілізованих мікроорганізмів останні залишаються у ферментерах (реакторах) за постійного руху рідкої фази, це дає змогу контролювати інтенсивність росту клітин у біоплівці. Іммобілізація мікроорганізмів дає змогу забезпечувати безперервний процес у реакторі, навіть за сталої кількості клітин, що неможливо здійснювати під час застосування вільно рухомих у рідкій фазі клітин [17, 328].

Методи стабілізації клітин універсальні для різних видів іммобілізованих біокаталізаторів, зокрема окремих ензимів, бактерій, комбінованих препаратів та субклітинних структур різної природи препаратів. Іммобілізація мікроорганізмів на нерозчинних носіях різної природи забезпечує стабільне збереження високої концентрації клітин у реакторах, сприяє легкому поділу клітин і рідкої фази. Фільтрування через фільтри із великою пористістю або швидке осадження за дії сили тяжіння дає можливість видалити рідку фазу з реактора, не відкачуючи іммобілізованих мікроорганізмів. Очищену або ферментовану рідину можна видалити, а реактор (ємність) наповнити новим середовищем. Завдяки використанню іммобілізованих мікроорганізмів проходить багаторазове культивування із застосуванням клітин, які залишаються у реакторі. Унаслідок іммобілізації клітин можливо вирішити проблему в'язкості, яка виникає через високу концентрацію завислих у середовищі клітин, що дає змогу суттєво поліпшити масообмін [17, 192].

Одночасно з іммобілізацією ензимів дедалі більше вивчають іммобілізацію мікроорганізмів та субклітинних структур: *E. Coli*, *Micobacterium globiformis*, *Bacillus thermoproteoliticus*, *Arthrobacter*,

Aureobacidium pullulan, *E. Intermedia*, *Erwinia herbicola*. Це зумовлено тим, що за конструювання і застосування іммобілізованих мікроорганізмів зникає необхідність пошуку джерел ензимів, виділення та їх очищення, застосування різних чинників; з'являється можливість створення мультиензимних систем, що забезпечують постійно функціонуючі, багатостадійні біокаталітичні процеси.

Оптимальними матеріали, які застосовують як носії для іммобілізації клітин мікроорганізмів та ензимів є ті, що відповідають наступним вимогам: не розчинні; мають стабільно високу біологічну та хімічну стійкість; мають велику місткість і достатню проникність для коензимів, субстратів, ензимів та продуктів гідролізу; легко переходять у реакційно здатну форму і модифікуються. Нині використовують широкий спектр носіїв для іммобілізації мікроорганізмів. Згідно із загальною класифікацією носіїв можливо розділити на органічні і неорганічні, які своєю чергою діляться на природні і синтетичні полімерні носії. До природних органічних полімерів належать білкові, ліпідні та вуглеводневі (поліцукри) носії, до синтетичних органічних – поліамідні, поліметиленові, а також поліефірні [11, 17, 85, 192].

Природні матриці мають певні переваги, зокрема поліфункціональність, широка доступність і гідрофільність. До недоліків можливо віднести – здатність біодеградувати за дії ензимів і висока вартість деяких видів носіїв [17, 192].

Із групи поліцукрів для іммобілізації клітин мікроорганізмів та ензимів найчастіше застосовують агарозу, целюлозу, крохмаль і декстрин, їх модифіковані форми та похідні. Для збільшення місткості носіїв застосовують різні їх модифікації. За дії хімічної модифікації нативного кукурудзяного крохмалю із застосуванням зшиваючих агентів (очищений глютаровий альдегід, гліюксаль та формальдегід) було синтезовано носій із новими властивостями – губчастий крохмаль, який має вищу стійкість до дії глікозидази.

Доступними і відносно дешевими носіями для іммобілізації є природні аміноцукри, зокрема хітин, який у значних об'ємах накопичується у відходах за технології промислової переробки креветок, крабів і ракоподібних. Доступним джерелом хітину є комахи (бджоли, мухи тощо), Хітин як натуральна матриця є хімічно стійким і має задовільно сформовану пористу структуру [17].

Іммобілізацію клітин мікрорганізмів здійснюють на природних поліцукрах: альгінаті натрію, враховуючи його безпечність, біосумісність і задовільні гелеутворюючі характеристики [318, 315] та на пектині (полімер природного походження, який виробляють із відходів плодів) через його вартість і доступність. Останій за літературними даними [209, 216, 245, 379, 382] забезпечує високий захист мікробних клітин, щодо альгінату натрію. Ця властивість пектину зумовлена його стійкістю до хімічної дії сполук у рідкій фазі [230], а також добрими пребіотичними властивостями цього поліцукру, отриманого з різних фруктових і ягідних плодів, що позитивно впливає на здоров'я тварин і людей [227].

Дослідники [344, 392] стверджують, що низькометоксильований пектин активно утворює гелі із катіонами двовалентних металів, тому в якості зшивки застосовують 0,1 М CaCl_2 .

Широкого розповсюдження набули носії білкової групи (структурні протеїни) зокрема фібрин, колаген, продукт переробки колагену – желатин і кератин [17, 112-114]. Ці носії поширені в навколишньому середовищі, тому доступні в достатніх кількостях і деяка їх кількість є недорогою. Носії білкової природи мають багато функціональних (реакційно здатних) груп для зв'язування із поверхнею клітин мікроорганізмів та ензимами. Желатин є доступним носієм, який постійно відновлюється у природі. Його виготовляють із хрящів, сполучної тканини, кісток, луски риби [61, 62, 198, 204]. Желатин здатний адсорбувати із води мінеральні речовини [254].

Здатність до біодеградації білкових носіїв є важливою характеристикою за використання їх під час конструювання іммобілізованих

клітин та ензимів, які використовують у лікувальних і профілактичних цілях для людини. Серед недоліків білкових носії є їх висока імуногенність та висока вартість деяких білків.

До переліку синтетичних органічних полімерних матриць належать сполуки на основі акрилової кислоти, стиролу, поліамідів, полівінілового спирту та поліуретанові полімери. Значна кількість синтетичних полімерних носіїв має механічну міцність, нерозчинність, а введення до їх складу різних функціональних груп забезпечує нові функціональні можливості. Ряд синтетичних органічних носіїв може бути виготовлено в різних об'ємних формах (кульки, труби, пластини, волокна, спіралі, гранули) [17, 152, 328].

Властивості синтетичних органічних носіїв можливо використовувати під час здійснення фізичного або хімічного сопору іммобілізації ензимів або клітин мікроорганізмів. Нерозчинність носіїв має важливе значення для іммобілізації ензимів [57].

Серед носії неорганічного походження для іммобілізації ензимів та клітин найчастіше застосовують глини, керамічні вироби, оксиди металів, пористе скло, графітову сажу, силікагелі та сілохроми [17, 49, 74, 123, 158], синтетичне активоване вугілля [88], магнітні наночасточки [282, 330]. За даними ряду авторів [50, 84, 120, 123, 140], для іммобілізації можливо використовувати природні мінерали – цеолітовмісні базальтові туфи, сапоніти, цеоліти, бентоніти, нойтроніт та глауконіти.

Неорганічні носії різними методами можна піддавати хімічній модифікації. Для цього, носії обробляють органічними лігандами, покривають плівкою титану, оксидів алюмінію, цирконію чи гафнію. Природні мінерали можуть насичувати полімерами органічного походження. Важливою перевагою неорганічних носіїв є легкість та швидкість регенерації. Із неорганічних носіїв можна виготовляти різні форми і отримувати їх з регламентованим ступенем пористості [192].

Нині сконструйовано і модифіковано велику кількість різноманітних носіїв органічної і неорганічної природи для іммобілізації клітин мікроорганізмів та ензимів [74, 83, 130, 131, 155, 162, 278].

Іммобілізація клітин мікроорганізмів відбувається аналогічно, що і ензимних і мультиензимних препаратів. До основних методів іммобілізації клітин належать фізичні та хімічні. Аналізуючи фізичні процеси іммобілізації, можливо виділити способи обмеження руху клітин: впровадження, прикріплення, агрегацію та включення.

Існують функціонально два різні методи іммобілізації клітин мікроорганізмів та ензимів. За першого методу іммобілізації бактерії стають нерухомими, із постійним природним зростанням біомаси на відповідній поверхні. За другого методу вирощена до певної кількості мікробіологічна популяція піддається певним активним біотехнологічним прийомам для проведення іммобілізації. Активні методи є більш поширеними і застосовуються для клітин у різному фізіологічному стані. Природні методи іммобілізації є дешевшими та доступнішими, тому що не мають додаткових затрат.

Адсорбція (приєднання) – це спосіб іммобілізації, за якого клітини будь-яким способом приєднуються до вільної поверхні носія. Прикріплення клітин мікроорганізмів індукується хімічно або може бути наслідком нативної адгезії на поверхні. Адгезія бактеріальних клітин – природне поширене явище, що є передумовою багатьох досліджень, однак цей механізм досі не вивчено. Сьогодні це найпростіший метод стабілізації клітин, який застосовують у старих технологіях, що базуються на застосуванні іммобілізованих клітин мікроорганізмів: технологія оцту і біологічне очищення стічних (побутових, промислових) [58, 85, 144, 192, 220].

До практичніших методів іммобілізації клітин мікроорганізмів належить адсорбція на поверхні носія. До чинників, які мають вплив на метаболічну активність та розмноження клітин мікроорганізмів

адсорбованих на поверхні носія належать: концентрація йонів та склад субстрату, зміни рН, здатність видалення метаболітів із бактерій, наявність та концентрація інгібіторів у середовищі [385]. Адгезія клітин активно зростає у фазі експоненціального збільшення завдяки підвищеній гідрофобності клітинних стінок бактерій, тому поверхні носіїв є оптимальним місцем для метаболічно активних мікроорганізмів [301]. За іммобілізації шляхом адсорбції на поверхні носіїв спостерігається утворення плівки клітин, за таких умов проходить адаптація мікробного метаболізму в бактеріях. Плівка із клітин являє собою поверхню, яка умовно міцно прикріплена до поверхні чи пов'язана з інтерфейсами мікробних конгломератів, які формуються внаслідок реакції на конкретно регламентовані умови середовища існування: наявність Оксигену, поживних речовин рН рідкої фази [266, 272].

Аналіз (протеомний) проведений [291] показав деякі зміни в профілях мікробних протеїнів між іммобілізованими і суспендованими клітинами бактерій в межах від 3,5 до 51,0 % вивчених протеїнів. Зміни було виявлено у білках, які задіяні на ранніх стадіях формування плівки клітин і їх фіксації; білках, що відповідають за біосинтез амінокислот, чинник, адаптацію та захист мікроорганізмів. Протеомічні зміни виявлено не лише між іммобілізованими бактеріями і їх нативними формами, навіть між різними видами плівок одних і тих самих мікроорганізмів [291, 310].

Іммобілізовані мікроорганізми застосовують для усунення забруднення літосфери та гідросфери. На відміну від суспендованих мікроорганізмів у рідкій фазі, іммобілізація бактерій має багато переваг, стійкість до токсичних хімічних сполук [220, 283].

За очищення стічних вод в існуючих системах домінуючим є використання дрібнодисперсних твердих носіїв, наприклад, піску, який під час функціонування зі псевдозрідженим шаром забезпечує відносно більшу площу вільної поверхні для прикріплення клітин на одиницю об'єму реактора (біофільтра), ніж за традиційних систем. Це досягається наступним чином: підготовлений носій (величина часточок із діаметром менше 1 мм)

завантажуєть у певних кількостях в реактор, який за відповідних умов інокулюють (засівають) традиційним способом.

Мікроорганізми природним чином адсорбуються до поверхні матриці (дрібних часточок), де з часом формують активну плівку. Товщина активної плівки може бути представлена одним шаром прикріплених клітин, як у варіантах із іммобілізацією клітин тканин тварин. Крім того, плівка може бути кілька міліметрів, залежно від пролонгування використання мікроорганізмів під час очищення стічних вод. За неможливості клітин природно прикріплюватись до поверхні нерозчинних носіїв, розроблено хімічні методи, де зшивання мікроорганізмів із матрицею виконують за допомогою спейсера глутарового альдегіду, або застосовують явище хелатоутворення з різноманітними оксидами металів. Крім того, приєднання клітин до кремнієвого носія можливо здійснювати за допомогою сіланізації. В описаних вище випадках іммобілізації міцність прикріплення клітин до матриці аналогічна, що і за природної адгезії [192, 220].

З часом адсорбовані клітини взаємодіють з навколишнім середовищем (стічні води, культуральна рідина тощо), внаслідок чого зазнають дії сил тертя, що виникають під час переміщення рідини та частинок одне одного. За таких умов можливо, що клітини на поверхні плівки (новоутворені мікроорганізми) відокремлюються і надходять у середовище культивування, тому цей спосіб не застосовують у технологіях, де необхідно отримувати рідину без бактеріальних клітин. За використання таких підходів важко контролювати товщину біоплівки і навіть обмежувати ріст, що також відноситься до недоліків. Під час іммобілізації шляхом прикріплення клітин необхідно ефективно підбирати носій, який придатний для технологій промислового використання. Носій має забезпечувати максимально щільне приєднання мікроорганізмів і максимальну здатність їх контактувати із рідкою фазою.

За технології іммобілізації шляхом впровадження клітини їх можна вмонтовувати всередину простих матеріалів чи напівпроникних оболонок як виготовлених заздалегідь, так і *in situ* навколо мікроорганізмів.

За впровадження всередину матриці готових мікробних структур зазвичай може проходити зростання клітин із носієм, причому ефективність цієї іммобілізації, як за адгезії (прикріплення) на поверхні, залежить від природи носія та виду мікроорганізмів.

Пористі матриці, що монтуються *in situ*, можна використовувати для стабілізації різноманітних мікроорганізмів, за неконтрольованих умов утворення ділянок носія може блокувати взаємодію клітини і рідкої фази або згубно діяти на клітини.

Технічні підходи щодо впровадження мікроорганізмів у готові пористі структури (носії) є схожими на підходи за природного прикріплення. За впровадження мікроорганізмів вони дифундують у пористі структури, де обмежуються у просторі через збільшення розмірів. Ці процеси можуть здійснюватись на частинках мікропористих носіїв, наприклад пористого скла, цегли, шлаків, коксу чи кераміки, де пори (мікропори) дають змогу проникати клітинам на макроскопічному рівні, де застосовують носії із великими порами (до 0,1 мм). До переваг цього методу іммобілізації можливо віднести те, що мікроорганізми, які ростуть поза частинок носія, руйнуються тертям частинок одна об одну або потоком рідкої фази навколо носіїв. За такого підходу можливо контролювати постійне зростання кількості клітин [47, 85, 192].

За даними авторів [15, 17] у лабораторній практиці нині інтенсивно використовують метод іммобілізації клітин, де застосовують їх впровадження пористі структури різної природи, які конструюються *in situ* навколо них. Вивчено способи, де клітини у формі густої пасти чи суспензії за відповідних технологічних режимів змішують з матеріалами, які надалі утворюють гелеподібну пористу матрицю. Для такого типу стабілізації клітин часто застосовують синтетичні модифіковані полімери. Домінуючим в

іммобілізації мікроорганізмів є застосування розроблених методів *in situ* за використання нативних або модифікованих полісахаридів. Ці полісахариди утворюють у середовищі гелі. Для формування таких гелів застосовують агар, пектин, каппакарагенат та альгінат. Найбільш практичним є гель, утворений із альгінату кальцію.

Для включення *in situ* мікроорганізмів в альгінат кальцію їх спочатку суспендують у підготовленому розчині альгінату натрію і потім змішують у потоці із розчином солі кальцію. За таких операцій гель формується на поверхні миттєво, однак його необхідно витримати 20–25 хвилин для остаточної (повної) полімеризації поліцукру. У середовище із розчином солі кальцію та альгінатом також включають захисні матеріали, зокрема поживні, і підтримують осмос речовини. Цей метод не вимагає регламентованої термообробки, а стабілізовані мікроорганізми зберігають високу каталітичну активність. Недоліком цієї розробки є те, що гелі альгінату можуть швидко руйнуватися під час контакту з різної природи хелатуючими речовинами, що блокують Кальцій. До недоліків також належать те, що приготування альгінату із подрібненими частками з діаметром менше 5 мм є технологічно важким і потребує спеціальної технології і устаткування [85, 328].

Утворення і застосування гелів для іммобілізації клітин дає змогу отримати ефективний результат, який звичайний у навколишньому середовищі для ряду простих організмів, наприклад слизоутворюючих бактерій. Фізико-механічні властивості гелів не є аналогічними, що у слизу синтезованому бактеріями [192]. Автори [47, 85] стверджують, що іммобілізацію в гелі різної природи можна використовувати майже для будь-яких мікроорганізмів.

Розроблено також іммобілізацію мікроорганізмів та ензимів шляхом включення їх у захисні мембрани (напівпроникні) та оболонки. Технологія методів полягає в стабілізації клітин шляхом їх включення в попередньо підготовлену або синтезовану оболонку. Функції таких оболонок можуть виконувати межі розділу фаз між двома рідинами із різною густиною, які

неможливо змішати між собою. За таких умов клітинна суспензія емульгується переважно в органічних розчинниках з наступним ресуспендуванням у формі крапель у водному середовищі. Прикладом приготовленої оболонки є напівпроникна мембрана, що використовується для мікрофільтрації рідкої фази. Така іммобілізація дає змогу поживним речовинам вільно дифундувати до клітин, які знаходяться за напівпроникною мембраною, і назад із мембран у водну фазу [17, 192].

За використання іммобілізованих клітин та ензимів на мембранах, через які проникають елементи субстрату, продукти гідролізу і Оксиген, реактори можуть конструювати із різними формами. Останні виготовляють у формі рулону із мембран. За таких умов рідка фаза пропускається через порожнини між мембранами, де елементи рідкої фази проникають до мікроорганізмів та ензимів. Продукти гідролізу по порожнинах із потоком рідкої фази виводяться із реактора [15, 17, 182, 328].

Розроблено методи іммобілізації бактерій та ензимів шляхом флокуляції з утворенням різної величини агрегатів, що дає змогу забезпечити безперервно працюючий ферментер або реактор, де присутній нерухомий чи псевдозріджений шар культури. За технології пива можливо спостерігати природну флокуляцію дріжджових клітин після закінчення процесів ферментації. Стабілізовані таким методом клітини використовують у спеціальних баштових ферментерах. Встановлено, що міцелій грибів також формує агрегати (сферичні пеліти). Флокуляція задіяна у технологічному процесі очищення стічних вод за використання активного мулу. Для покращення агрегації клітин можуть використовуватися розроблені штучні флокулянти різної природи [191].

Важливою умовою забезпечення роботи біореактора з іммобілізованими клітинами мікроорганізмів є вибір носія. Матриця для іммобілізації має бути легко проникною для елементів субстрату (рідкої фази) і здатна захищати фіксовані клітини від постійних змін рН, механічних впливів, підвищених температур, аеро- і гідродинамічних дій, концентрації

забруднювачів та осмотичного тиску. Очищення води мікроорганізмами найчастіше застосовують для іммобілізації клітин носії, механічна міцність яких дає змогу створювати розгалужені системи виду склойоршів та віял. Наразі дослідники розробили нові органічні полімерні носії для приєднання клітин. Особливий інтерес становлять носії у вигляді формостійких волокнистих елементів, виготовлення яких передбачає пневморозпилення розплавлених полімерів, що мають термопластичні властивості.

Важливим чинником іммобілізації клітин за вирощування штамів мікроорганізмів є стабільне нарощування гомогенної клітинної суспензії. Однак часто спостерігається утворення конгломератів клітин, може виникати повна або часткова флокація.

Проводять також іммобілізацію мікроорганізмів-деструкторів. Їх біомасу вирощують заздалегідь у культуральній рідині, потім суспензію із значною концентрацією клітин за спеціальних умов змішують з інертним матеріалом (носій) для проведення іммобілізації. За таких технологій для живлення мікроорганізмів використовують органічні речовини ксенобіотики, що піддаються гідролізу. Однак зростання клітин на такому субстраті триває довго, тому для швидкого одержання біомаси застосовують середовища з легкодоступним джерелом Нітрогену та Карбону [82].

Іммобілізовані мікроорганізми широко застосовують за очищення водойм від нафтопродуктів. Для цієї технології використовують мікроорганізми, здатні гідролізувати нафту. Ці бактерії використовують нафту і нафтопродукти як природне джерело енергії та Карбону. Серед способів біоочищення водойм від нафтопродуктів перевагу надають мікробним конгломератам синбіотичної дії або спеціалізованим, адаптованим до регламентованого складу хімічних забруднювачів культурам клітин. Використання іммобілізованих мікроорганізмів дає змогу ефективніше очищати воду від нафти і нафтопродуктів. Комплекси культур мікроорганізмів для іммобілізації компонують із 3–4 типів бактерій. Доведено, що більшість монокультур, виділених із середовищ з нафтою,

гексадеканами та парафінами, меншою мірою використовують ці вуглеводні в порівнянні з асоційованими конгломератами мікроорганізмів [87, 146].

Під час утилізації нафти в забруднених водоймах було встановлено, що штами *Vaccinii K-8*, *R.erythropolis EK-1* та *A. Calcoaceticus K-4*, *N.* мають здатність ефективно рости і розмножуватися в присутності носія керамзиту. За таких умов відмічали збільшення максимальної питомої швидкості росту кількості клітин бактерій та збільшення їх біомаси. Доведено, що внаслідок вирощування мікроорганізмів у присутності керамзиту залишковий вміст нафти в стічних водах був на рівні 20–34 %, а без носія керамзиту – 42–55 % від початкової її концентрації. Водночас рівень біомаси мікроорганізмів практично не змінюється [87, 146].

Застосування мікробіологічних препаратів для очищення стічних вод від залишків нафтопродуктів виявляється ефективним за додавання мінеральних елементів живлення. За внесення у забруднені нафтою водойми Фосфору, Нітрогену і Калію спостерігається прискорення біодеградації нафтопродуктів. Внесення в забруднену нафтопродуктами воду 0,1 % диамонійфосфату знижує вміст нафти після біоочищення. Ефективність такого біоочищення становить 99,0 %.

За підвищення початкової концентрації нафтопродуктів у воді із 100 до 250 мг/дм³ ефективність біодеградації іммобілізованими на керамзиті бактеріями штаму *N.vaccinii K-8* зменшується і становить не більше 89,0 %. Бактерії штаму *R.erythropolis EK-1*, іммобілізовані на керамзиті, майже не зменшують своєї активності, і очищення води залишається на рівні 99,0 %, за високої швидкості циркулювання води – 0,67 дм³/хв та умов незначної аерації – до 0,10 дм³ повітря на 1 дм³ води впродовж однієї хвилини [87, 146].

Автора [220] доведено, що деградація нафтопродуктів у водоймах є інтенсивнішою за використання іммобілізованих бактерій щодо їх вільної форми.

Створення іммобілізованих клітинних та ензимних препаратів як гетерогенних каталізаторів дало можливість створити нові технологічні

процеси у різних промисловостях. Більшість із них застосовують для виробництва біологічно активних, лікарських препаратів і харчових продуктів. У харчовій промисловості іммобілізація ензимів та мікроорганізмів задіяна у великомасштабних виробництвах L-амінокислот із рацемічних сумішей, L-яблучної кислоти з фумарової кислоти, цукрів з молочної сироватки, глюкозофруктозних сиропів, L-аспарагінової кислоти з фумарата амонію та безлактозного молока [17, 126, 161, 192, 371].

Виробництво глюкозофруктозних сиропів за участі іммобілізованих біокаталізаторів має велике значення, оскільки моносахарид фруктоза у 2,5 раза солодша за глюкозу і в 1,7 раза – бурякового цукру. В організмі людини обмін фруктози не контролюється гормоном інсуліном, це явище дає можливість споживати фруктовий цукор хворими на діабет. У поєднанні з глюкозою фруктоза не кристалізується, тому ефективно застосовується під час виробництва різноманітних кондитерських виробів.

Перше технологічне устаткування для перетворення глюкози у фруктозу за участі іммобілізованої глюкоізомерази було введено в експлуатацію у 1973 році у США. Початковою сировиною для технології є глюкоза, яку виробляють за гідролізу кукурудзяного крохмалю. В більшості технологій використовують іммобілізовані мікрорганізми (*S. olivaceus*, *Aspergillus niger*, *Streptomyces phaeochromogenes*, *A. oryzae*, *S. venezuelae*). Препарати стабілізованої глюкоізомерази мають форму волокон, гранул, трубок, кульок або аморфної маси. Ефективними біореакторами для синтезу фруктози є апарати колонного типу висотою до 4,5 м. За таких технічних рішень витрати ензимів є мінімальними. Продуктивність біореактора коливається в межах від 500 до 8000 кг глюкозофруктозного сиропу із розрахунку на 1 кг іммобілізованого ензиму. Час напівактивації стабілізованого каталізатора – 25–45 діб [17].

Для очищення стічних вод та елімінації із них ксенобіотиків, господарсько корисних металів можна використовувати біологічні реакції та процеси. Такі технології можливо впроваджувати у водоймах із слабкою

течією, відстійниках чи технологічних аеротенках, де активно ростуть мікроорганізми та водорості. За таких умов мікроорганізми, які живуть природно або штучно заселені у водне середовище, накопичують у своїй біомасі метали або сполуки металів. Існують мікроорганізми, які у значних концентраціях акумулюють мікроелементи у своїй біомасі. Є мікроорганізми, які мають селективність до певних йонів. Широке впровадження технології використання приєднаних мікроорганізмів для видалення металів із стічних вод застосовують у гірновидобувній промисловості. Для цього здійснюють селекцію штамів мікроорганізмів, здатних акумулювати певні мікроелементи, які у рідкій фазі знаходяться у дуже низьких концентраціях. Елімінувати макро- і мікроелементи із водойм здатні майже всі мікроорганізми, адже значна кількість елементів (Купрум, Магній, Ферум, Цинк, Кобальт, Молібден) є складником ензимів та пігментів, які синтезують клітини [14, 48, 81, 137].

Ряд штамів мікроорганізмів здатні акумулювати метали-біотики у значних концентраціях; у бактеріальній біомасі можуть накопичуватись йони Калію в концентрації до 0,3 М, навіть якщо в поживному середовищі цей елемент присутній у концентраціях до 0,0001 М/дм³ і менше. Мікроорганізми завдяки білкам у своїй біомасі можуть мати специфічне поглинання щодо певних металів-біотиків і здатні до значного їх акумулювання. За метаболічних реакцій, що проходять у бактеріях, можуть відбуватися різні комплексоутворення із металами: мікроорганізми виділяють в середовище існування продукти метаболізму, здатні вступати в реакцію і утворювати сполуки з металами або осаджувати їх у рідкій фазі; ряд елементів можуть переводитися внаслідок взаємодії в летючі форми й елімінуватися з розчину; метали-біотики можуть відновлюватися чи окислюватися [14, 137].

Основними механізмами іммобілізації металів мікроорганізмами або їх метаболітами з водного середовища є:

- ✓ позаклітинне осадження продуктами життєдіяльності бактерій;
- ✓ переформатування металу в летючу форму;

- ✓ зв'язування металів-біотиків клітинною поверхнею;
- ✓ позаклітинне комплексоутворення і подальше накопичення мікроорганізмами;
- ✓ внутрішньоклітинне комплексоутворення і акумулювання мікроелементів.

Встановлено, що між бактеріями існує різниця щодо поверхневого зв'язування (іммобілізації) металів. Досліджуючи елімінацію Кадмію із стічних вод встановлено, що *Bacillus megaterium* за концентрації 1000 мг сухої біомаси на 1 дм³ за температури 20 °С акумулює 44 мг металу на 1000 мг сухої біомаси з розчину. За аналогічних умов *B. pabulosa* елімінує лише 10 мг металу на 1000 мг сухої маси.

Встановлено можливість мікроорганізмів іммобілізувати також радіоактивні елементи, наприклад, Уран, що є важливим для вирішення господарсько-екологічних проблем [14, 137].

Ефективно іммобілізовані ензими та клітини використовують в тваринництві як з лікувальною метою так і в годівлі сільськогосподарських тварин [16, 51, 78, 79, 156] та птиці [18, 121, 122, 162].

Вітчизняними та закордонними дослідниками створені штучні аналітичні системи різних модифікацій (біосенсори, проточні аналізатори, датчики, біоелектроди, ферментні електроди), які мають іммобілізовані клітини та ензими. Основною функцією цих систем є автоматичне детектування продуктів ензимного гідролізу та перетворення. Наприклад, вміст пероксиду водню можливо визначати використовуючи іммобілізовану глюкозооксидазу. Спосіб їх детекції залежить від концентрації досліджуваних сполук.

Інженерно-технологічні конструкції реакторів з іммобілізованими ензимами представлені трубками, колонками, порожнистими волокнами, пластинами тощо. Ці системи використовують у аналітичних методиках визначення різних речовин та сполук: амінокислот, глюкози, сечовини, АТФ, НАДН, пеніциліну, ФМН, жовчних кислот, стероїдів, тригліцеридів, амідів

тощо. Американськими науковцями розроблено мікродатчик на основі стабілізованої в поліакриламідній матриці за використання субмікронних оптичних волокон глюкозооксидази та рутенієвого кольорового індикатора. Імобілізований ензим, без ушкоджень, може бути вмонтований у клітину і навіть в окремі її органоїди для вимірювання концентрації в них глюкози і Оксигену. Розроблено датчики на основі імунодетекції для виконання експрес-аналізів на вміст похідних діоксину та оцінки присутності біогенних амінів (за використання іммобілізованої моноамінооксидази) в харчових продуктах для перевірки процесу їх старіння. Для дослідження сечовини ензимним електродом потрібно лише 20 секунд [17, 74].

Сконструйовані біосенсори на базі іммобілізованих ензимів допомагають здійснювати десятки точних і швидких аналітичних вимірювань під час діагностики захворювань, моніторингу вмісту шкідливих речовин (пестициди, інсектициди, залишки добрив), фітозо-гідролітичного Фосфору в харчових продуктах і в атмосфері. Біосенсори широко використовують для рішення аналітичних задач у мікробіологічній промисловості, хімічній та в наукових дослідженнях [17, 328, 395].

Проводиться іммобілізація ліпази [327], рибофлавінкінази, інулінази, фітази, альдолази, папаїну, енд-1,3-D-глюканази на різних носіях для проведення регламентованих каталітичних процесів [96, 99, 100, 202, 223-225, 278, 397].

У медичній галузі іммобілізовані ензими мають велике значення. У значних масштабах виробляють тромболітичні ензими, які застосовують для боротьби з серцево-судинними захворюваннями. Наразі впроваджено препарат Стрептодеказа, який має стабілізовану стрептокиназу – активатор попередника ензиму протеїнази плазміну, який усуває формування тромбу в кровоносних судинах. Стабілізовані ензими, що руйнують незамінні амінокислоти (аспарагіназа), застосовують під час боротьби зі злоякісними пухлинами. Протеолітичні ензими (субтілізін, трипсин, колагеназа хімотрипсин тощо), іммобілізовані на волокнистих носіях (целюлоза,

декстрин, поліамідні волокна, поліакрилові волокна) ефективно застосовують для лікування опіків, гнійних ран, виразок та абсцесів, а стабілізовані їх білкові інгібітори – для лікування панкреатитів і емфіземи [17, 98, 328].

Із лікувальною метою розроблено способи інкапсулювання клітин та ензимів. Найефективнішою розробкою є інкапсулювання ензимів за аналогією штучної клітини [17, 74]. Для інкапсулювання застосовують оболонки еритроцитів (тіні еритроцитів). Всередині тіней еритроцитів іммобілізують аспарагіназу. Такі клітини направляють із кровотоком до місць скупчення аспарагіну. Це дає можливість їх використовувати для лікування аспарагінзалежних пухлин, безпосредньо такої форми як саркоми. Сконструйовані колонки із мікрокапсульованим ензимом використовують для діалізу в апаратах штучної нирки. Такий винахід дає змогу у 100 разів ефективніше здійснювати діаліз, ніж звичайним апаратом. Для спрямованого транспорту ряду лікувальних речовин сконструйовано інкапсульовані ензими виду штучної клітини [74].

Авторами [104] було проведено дослідження щодо встановлення ефективності іммобілізації бактерій, які мають пробіотичні властивості для наступного їх застосування за технології кондитерських продуктів. Для іммобілізації було відібрано біфідобактерії *Bifidobacterium bifidum*, які входять до складу препарату Біфідумбактерин. Стабілізацію клітин проводили двома методами: інкапсулювання та включення в пори гелю. Заключення в гель здійснювали за температури 31–34 °С, застосовуючи суспендування мікроорганізмів у підготовленому розчині пектину. Мікрокапсулювання біфідобактерій проводили включенням до реакційної суміші розчину хлористого кальцію, внаслідок чого утворювались мікрокапсули. За такої реакції мікроорганізми виявляються оточені ґраткою полімеру, зшитого фізичними і хімічними (ковалентними) зв'язками. Встановлено, що через цю ґратку із клітинами надходять субстрати та виводяться метаболіти. Порівняльну оцінку нативних і одержаних іммобілізованих форм біфідобактерій проводили методом дослідження їх

збереження активності в модельних умовах, максимально наближених до умов шлунково-кишкового каналу. Імобілізовані та нативні форми бактерій інкубували впродовж 30 і 60 хв у розчині шлункового соку та 60 і 120 хв – у розчині з жовчю. Із розчинів з іммобілізованими та нативними мікроорганізмами робили посіви на поживне середовище з наступним культивуванням упродовж 48 годин за 30 ± 1 °С з підрахунком КУО. Експериментально доведено, що стабілізовані в гелі та інкапсульовані форми біфідобактерій характеризуються підвищеною стабільністю щодо до агресивних середовищ шлункового та кишкового соку у порівнянні з нативними мікроорганізмами [104].

Імобілізація мікроорганізмів із пробіотичними властивостями методами мікрокапсульювання та вмонтовування у полімерний гель захищає біфідобактерії у середовищах від інактивуєчих сполук і відкриває значні можливості для виготовлення кондитерських виробів функціонального призначення [104].

За звичайних умов виживання нативних бактерій у складі кондитерських виробів становить 3–6 %. Розроблено технології кондитерських виробів із застосуванням стабілізованих пробіотиків із високим відсотком виживання. Доведено, що іммобілізовані клітини мікроорганізмів можливо використовувати за технології кондитерських виробів (помадні цукерки, зефір функціонального призначення та желейний мармелад) [102, 103].

Невивченим залишається питання розробки біотехнологій іммобілізації молочнокислих бактерій *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus salivarius thermophilus* і *Enterococcus faecium*, які входять до складу заквасок для йогурту і стрептосану на модифікованому пектині та желатині.

1.2. Технології кисломолочних продуктів (йогурт і стрептосан)

1.2.1 Сировина для виробництва кисломолочних продуктів

В Україні та світі основною сировиною для виготовлення йогуртів та стрептосану є молоко корів. Молоко кіз і овець використовують у незначних об'ємах. Хімічний склад молока корів залежить здебільшого від спадковості та живлення тварин. З фізико-хімічного погляду молоко – це полідисперсна система, де дисперсним середовищем є вода. Полідисперсність пояснюється тим, що одні сполуки розчинені у водному середовищі, яке для них є дисперсним, водночас їх розчини є дисперсним середовищем для інших сполук. Дисперсним середовищем для солей макро- і мікроелементів та лактози є вода, де вони розчинені, для протеїнів – розчин солей елементів, який забезпечує їх перебування в колоїдному стані, вся плазма молока є дисперсним середовищем для жиру де останній перебуває у стані суспензії чи емульсії [173, 175, 176, 190, 378].

Вміст жиру є найбільш непостійним показником у молоці, сталішими показниками є відсоток лактози та солей. Складові частки молока мають в середньому об'єм: вода – 88,5 %, жир – 3,3–3,9, молочний цукор – 4,1, казеїн – 2,6, альбумін – 0,42, глобулін – 0,17, солі елементів – 0,82 %. Молоко містить близько 248 хімічних компонентів: 146 карбонових кислот, 20 амінокислот, 32 макро- та мікроелементи, 22 вітаміни, 22 гліцериди, 4 види цукрів, ензими, пігменти, гормони. У молоці корів є значна концентрація макроелементів: Кальцію – 0,18 %, Калію – 0,16, Фосфору – 0,21, Магнію – 0,019, Натрію – 0,04 та Хлору – 0,1 % [52, 169, 177].

Енергетична цінність 1 кг молока становить 2750 кДж. Харчова цінність молока забезпечується оптимальним вмістом та співвідношенням у ньому повноцінних білків, вуглеводів, жирів, вітамінів та мінеральних солей. Засвоєння поживних речовин молока є досить високим [19, 20, 24, 138].

Ліпіди в молоці перебувають у формі жирових кульок, які розміщені у білковій оболонці. У свіжовидоєному молоці жир рідкий і перебуває у стані

емульсії, а в охолодженому – жир у вигляді кульок (твердий) і знаходиться в стані суспензії. Жир молока корів має велику кількість карбонових кислот.

Молоко містить складні та прості вуглеводи. До простих вуглеводів належать моноцукри маноза, глюкоза, фруктоза та галактоза і їх похідні – фосфати цукру, дезоксицукри, уронова кислота. Серед складних цукрів молока найбільше виявлено дицукру лактози, також є незначна концентрація інших олігоцукрів. Лактоза – відновлюючий дицукрид, побудований із D – галактози та D-глюкози, які з'єднані між собою альдегідною групою D – галактози.

У молоці мінеральні речовини представлені солями макро- та мікроелементів. Певна частина перебуває у йонній і хелатній формі. Вміст мінеральних елементів знаходиться в межах від 0,55 до 1,2 %. У молоці в розчинній формі містяться солі неорганічних та органічних кислот [20, 111, 174].

До складу молока корів входять як жиророзчинні (А, Е, F, D₃, К), так і водорозчинні вітаміни (В₁, В₂, С, Н, В_с, В₃, В₆, В₁₂, РР). Жиророзчинні вітаміни переважно локалізуються у вершковій масі і потім переходять у масло. Знежирене молоко багате водорозчинними вітамінами. Вміст вітамінів у молоці значною мірою залежить від складу раціону, який споживають лактуючі корови [178, 179].

Молоко, одержане від фізіологічно здорових корів за відмінних технологій утримання, містить до 90 видів ензимів. Основний різновид біокаталізаторів локалізований на оболонках жирових кульок, частина знаходиться у розчинному (вільному) стані, деякі ензими зв'язані із казеїном молока. Концентрація ензимів у молоці незначна і знаходиться в межах від 250–680 мкг до декількох мг у 100 см³ [24, 132].

Описані вище поживні та біологічно активні речовини у молоці позитивно впливають на процес сквашування сировини молочнокислими бактеріями під час виготовлення йогуртів чи стрептосану. Однак до складу молока можуть потрапляти сполуки, які мають інгібуючу дію на клітини

мікроорганізмів заквасок для кисломолочних напоїв. Токсичні для молочнокислих бактерій речовини можуть спричиняти зниження в'язкості та погіршення сенсорних показників кисломолочних продуктів [129, 380].

Одними із потужних інгібіторів росту, розмноження та функціонування мікроорганізмів, які потрапляють у молоко, є бактерицидні препарати, які широко застосовують у молочному скотарстві [141, 149, 210, 296].

Підставою для введення лактуючим і сухостійним коровам препаратів із вмістом антибіотиків є їх лікування від запальних процесів в організмі, зокрема різноманітних метритів і маститів [23, 211, 217, 248, 250, 261, 355].

За профілактичного внутрішньозалозистого введення коровам наприкінці лактації препаратів, де діючою речовиною є антибіотики, бактерицидні сполуки накопичуються у тілі тварин [170, 214]. Під час проведення лікування запальних процесів молочної залози у корів вводять антимаститні препарати широкого (багатокомпонентні) та вузького спектра дії [217, 339, 401]. Бактерицидні препарати складаються з комплексу антибіотиків, серед яких містяться стрептоміцин і пеніцилін [296, 386]. Безпосереднє введення антимаститних препаратів у молочну залозу сприяє накопиченню антибіотиків у молоці у 55–195 разів більше, ніж за парентерального їх введення тваринам [233, 248, 323].

За даними дослідників [171, 255, 194, 197], бактерицидні препарати, які вводять внутрішньосудинно, внутрішньом'язово чи перорально залежно від методів лікування, можуть акумулюватись у молоці та спричиняти проблеми під час виготовлення багатьох ферментованих (кисломолочних) молочних продуктів.

Наявність у молоці бензилпеніциліну натрієвої солі у концентрації вище 0,0045 IU/ml негативно впливає на якісні показники одержаного йогурту. Залишки бактерицидних сполук у молоці гальмують ріст і функціонування стартерних молочнокислих бактерій і утворення молочної кислоти у сквашеному молоці. Потрапляння молока із вмістом антибіотиків

на молокопереробні заводи зумовлює економічні збитки внаслідок порушення технології кисломолочних напоїв, зокрема і йогурту [255].

Дослідниками [255] доведено, що незначна концентрація пеніциліну в молоці є бактеріостатичною, тимчасом висока концентрація є бактерицидною щодо мікроорганізмів, які входять до складу заквасок для кисломолочних продуктів. За різного вмісту пеніциліну у сировині можуть змінюватися деякі морфологічні, біохімічні та метаболічні властивості молочних бактерій. Крім того, може припиняється розмноження мікроорганізмів і виникати їх загибель.

Споживання молока із вмістом бактерицидних препаратів може негативно впливати на здоров'я людей, а також має економічні збитки. Нерегламентоване надходження антибіотиків із молочними продуктами може сприяти імунізації патогенної мікрофлори, що ускладнює лікування інфекційних захворювань у людей бактерицидними препаратами [255].

Однак в Україні на сільськогосподарських підприємствах різної форми власності трапляються випадки, що молоко із вмістом антибіотиків потрапляє на переробні підприємства.

Аналізуючи огляд літератури виникає проблема щодо поглибленого вивчення впливу різних доз пеніциліну та стрептоміцину в складі молока на збереження активності молочнокислих бактерій у складі заквасок для кисломолочних напоїв.

1.2.2. Характеристика і виробництво кисломолочних продуктів

Сьогодні асортимент йогуртів у світі становить майже 400 видів. Йогурт є одним з найпоширеніших і масово вживаних кисломолочних харчових продуктів [95, 150, 193, 212, 253, 324, 379, 400].

Виготовляють йогурт із пастеризованого молока та відповідної закваски, яка містить не менше двох видів молочнокислих бактерій. Закваска має забезпечувати в 1 г готового кисломолочного продукту не менше 10 млн клітин мікроорганізмів. Цей кисломолочний продукт містить значну

кількість Калію, Кальцію і Фосфору. Білок йогурту легко засвоюється організмом людини і не спричиняє алергічних реакцій [20, 22, 75, 80, 175]. Присутність різноманітних корисних бактерій у йогурті покращують біологічне значення продукту [213].

Натуральний йогурт має біологічні та профілактичні властивості: поліпшує функціонування нервової системи, підтримує нормальний фізіологічний стан кісток і м'язової тканини, стабілізує функціонування шлунково-кишкового каналу, є профілактичним засобом остеопорозу, підвищує імунітет внаслідок захворювань, спричинених зниженням роботи щитоподібної залози та наднирників [60, 124, 201, 232, 246, 249, 253, 269, 271], профілакує кардіометаболічні захворювання [215], має позитивний вплив (через дію пробіотиків) на здоров'я ротової порожнини [311]. Покращує травлення після надмірного споживання антипоживних речовин [399]. Йогурт є корисним для людей похило віку та людей з надмірною вагою [251, 264]. Наповнювачі (фрукти, ягоди, продукти бджільництва, спіруліна, хітозан) в йогуртах підвищують корисність кисломолочного продукту [128, 135, 154, 203, 245, 358]. Наповнювачі також використовують для регламентування густини йогурту [284, 347]. Авторами [389] встановлено, позитивний ефект додавання β -глюкану до йогурту.

Пробіотики ряду йогуртів показали позитивні ефекти, зокрема виробництво антимікробних сполук [167, 352, 353, 370]. Споживання йогурту має вплив на склад мікрофлори кишківника [306]. Біфідобактерії, які входять до складу йогуртів володіють пробіотичним ефектом. Пробіотики мають позитивний ефект у травленні людини [337, 348, 376, 361, 365]. За даними [216], молочнокислі бактерії йогурту інактивують канцерогени і запобігають руйнуванню ДНК у товстій кишці щурів.

Завдяки корисній дії на здоров'я людини закономірність щодо споживання функціональних молочних продуктів із пробіотичною дією зросла [97, 106, 119, 139, 292, 319, 388].

В Україні весь асортимент йогуртів виготовляють згідно з ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови» чи згідно з чинними технічними умовами (ТУ України) [67]. Виготовлення кисломолочного продукту на даний час широко практикується в домашніх умовах [309].

За технології йогурту сировина має бути високоякісною. Молоко відбирають вищого гатунку, з оптимальними сенсорними, мікробіологічними та фізико-хімічними показниками [179, 236, 398].

Свіже молоко до переробки (не більше 4 годин) зберігають в окремих танках в охолодженому вигляді (2–4 °С). Після лабораторних досліджень сировину нормалізують за масовою часткою сухих речовин та молочного жиру. Сухі інгредієнти відповідно до встановленої рецептури (цукор, стабілізатори) розчиняють у молоці (30–45 °С) поступово. Спочатку їх вносять у молоко, і суміш залишають для розчинення чи набрякання на 35–55 хв (залежно від природи стабілізатора), а потім змішують з основною масою суміші. Нормалізовану суміш далі фільтрують, гомогенізують (тиск 16–18 Мпа, температура 70 –85 °С), пастеризують (90–95 °С) з наступною витримкою суміші 12–14 хвилин [111, 127, 173-176].

До складу заквасок для йогурту входять бактерії *Streptococcus salivarius subsp.*; *Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus* та *Thermophilus*. Кисломолочні продукти залежно від використаної закваски поділяють на: біойогурти, йогурти та біфідойогурти. За масової частки жиру йогурти є нежирні – від 0,05 до 1,0 %; жирні – від 1,5 до 6, 0 % та вершкові – понад 6,0 % жиру [8, 21, 110, 164, 189, 212, 222]. Йогурти згідно з чинними нормативними вимогами виготовляють також із різними (фрукти, джеми, злаки) наповнювачами [265, 357, 363].

Наразі за технології йогурту також досліджено і використано інші штами: *Lactobacillus plantarum* *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus bulgaricus* та *Streptococcus cremoris*. Крім того до складу заквасок водять *Lactobacillus acidophilus* та *Lactobacillus helveticus*, ці бактерії також мають корисний пробіотичний вплив на здоров'я людини і є додатковим джерелом β-

галактозидаз. Це надає кисломолочному продукту функціонального значення [5, 89, 133, 219, 273, 280, 383]. За даними авторів [333] надмірна концентрація *Lactobacillus acidophilus* у йогуртах знижує його якість під час зберігання.

Рядом дослідників [1, 2, 4, 6, 7, 77] представлені дані щодо підбору та вивченню штамів термофільних молочнокислих стрептококів для синтезу екзополіцукрів, за допомогою яких підвищують в'язкість йогурту та одержанню заквасок з тривалим терміном зберігання. Доведено [76] вплив мікрофлори закваски на структурно-механічні показники молочних продуктів.

За сквашування молока під час виготовлення йогурту проходить молочнокисле бродіння, яке каталізується ензимами клітин мікроорганізмів. На початкових етапах молочнокислого бродіння за дії ензиму лактази починається гідроліз лактози (молочний цукор). Гексози (галактоза і глюкоза) перетворюються до молочної кислоти. Водночас у молоці відбуваються інші гідролітичні реакції, та синтезуються різні продукти обміну [336]. Гідроліз лактози відбувається також за дії ароматоутворюючих бактерій *Str. diacetilactis*, які крім летких кислот і молочної кислоти, синтезують ароматичні речовини, зокрема діацетил, який найбільше задіяний в ароматизації кисломолочного продукту. Крім того, синтезується ацетоїн – сполука з невираженими ароматичними ознаками. За відповідних умов окислювально-відновної реакції із ацетоїну утворюється діацетил. За накопичення молочної кислоти титрована кислотність йогурту досягає 90–118 °Т [8, 10, 53, 111, 402].

Під час молочнокислого бродіння рН (4,6–4,7) йогурту має значення, яке відповідає ізоелектричній точці казеїну. За таких умов казеїн втрачає розчинність і коагулює утворюючи молочний згусток. У процесі молочнокислого бродіння проходить йонний обмін між Н-йонами молочної кислоти та кальцій-йонами казеїнаткальційфосфатного комплексу. Згусток казеїну збіднюється на Кальцій. Водночас синтезується розчинний лактат

кальцію [9, 147, 300, 338, 346]. За дії мікроорганізмів у йогурті проходить гідроліз пептидів та лактоферицину [340, 341].

Багато чинників впливають на метаболізм та життєздатність мікроорганізмів закваски для йогурту, зокрема мікробна контамінація, рН, температура зберігання, титрована кислотність тощо [369, 388].

Вміст у заквасці та йогурті кишкової палички та інших патогенних бактерій супроводжується скороченням терміну зберігання готового продукту і порушенням його якості. Крім того, це може спричинити шкідливість продукту може бути небезпечним [331].

Згідно з чинним стандартом України термін придатності йогуртів не має бути більшим 14 діб. Температура зберігання кисломолочного продукту становить від +2 до +5 °С.

Авторами [356] експериментально доведено позитивний вплив йонізуючого опромінення (до 3,0 kGy) на пролонгування терміну придатності йогурту і зниження дії його алергенності. За даними [195] були проведені дослідження виготовлення йогурту за умов зниженого рівня Оксигену у середовищі. Дослідниками [3] були проведені дослідження щодо підбору бактеріальних культур для виробництва йогуртів із подовженим терміном придатності для споживання.

Залежно від вмісту добавок йогурти бувають наступних видів:

- без смакових і ароматичних добавок;
- плодово-ягідні (із вмістом плодово-ягідних концентратів, сиропів тощо).
- солодкі (містять 5 % цукру і більше) [67, 387].

Розроблена технологія соєвого йогурту [94].

Технологія йогурту передбачає декілька способів – резервуарний та термостатний. За резервуарного способу нормалізовану суміш молока складають згідно з рецептурою зі знежиреної та незбираної сировини, сухого знежиреного молока, вершків та цукру. Підготовлену нормалізовану суміш піддають очищенню, проводять її гомогенізацію, пастеризують,

використовуючи режим, регламентований загальною схемою виробництва кисломолочного продукту.

Робочу суміш молока охолоджують до температури 41–46 °С і насосами перекачують у резервуар для кисломолочних напоїв. До суміші вносять 3,3–4,5 % підготовленої закваски, яка містить відповідні молочнокислі бактерії. Сквашування проводять за температури 41–46 °С упродовж 4–5 годин до формування в міру густого молочного згустку із титрованою кислотністю в межах 80–85 °Т.

Сформований молочний згусток охолоджують поступово до температури 20–24 °С у ферментері за одночасного ретельного перемішування продукту. Готовий кисломолочний продукт фасують у споживчу тару. За виробництва йогуртів з різними наповнювачами останні додають в охолоджений молочний згусток, ретельно перемішують і фасують у споживчу тару [24, 132].

За термостатного способу підготовлену і заквашену суміш фасують у споживчу (пластикову, поліетиленову, скляну тощо) тару. Сквашування безпосередньо виконують у термостатних камерах за температури 41–46 °С упродовж 4–5 годин. За цей період сквашене молоко набуває кислотності в межах 75–85 °Т. Йогурт поступово охолоджують до температури 4–5 °С. За виробництва кисломолочного продукту із плодово-ягідними наповнювачами останні вносять у робочу молочну суміш під час виконання заквашування (завершення внесення закваски), після чого суміш добре перемішують і транспортують на фасування. Щоб запобігти виникненню в суміші пластівців згустку, період фасування у тару не має перевищувати 35–40 хв.

Одним із кисломолочних напоїв, який вживають на території України, є стрептосан. За допомогою закваски стрептосану можливо виробляти кисломолочний напій стрептосан або застосовувати цю закваску за технології геролакту. До складу закваски для стрептосану входять: *Enterococcus faecium* *Streptococcus i salivarius thermophilus* [159].

Кисломолочні напої стрептосан та геролакт – це натуральні дієтичні харчові продукти для людей різних вікових груп. Споживання стрептосану та геролакту забезпечує профілактику хвороб шлунково-кишкового каналу, нормалізує роботу опорно-рухового апарату, стабілізує рівень холестерину та глюкози у крові, сприяє надходженню в організм вітамінів С і Е, легкозасвоюваного Кальцію, карбонових та амінокислот, нормалізує мікрофлору кишківника, сприяє покращенню обміну поживних речовин [159, 186].

Рецептуру і технологію геролакту було відпрацьовано в 1984 році в Інституті геронтології НАМН України, НДІ молока та м'яса та Інституті мікробіології і вірусології НАН України. Під час експедиції у високогірних районах Абхазії вивчали феномен тривалості життя місцевих жителів. У цей період з'явилася ідея створення кисломолочного продукту, який споживають абхазькі довгожителі. За проведених мікробіологічних досліджень було виділено специфічну культуру молочнокислих бактерій (*Enterococcus faecium*). Пізніше експериментально було доведено її значення для здоров'я людини. Особливістю продукту геролакту є специфічний склад його мікрофлори, яка входить до складу спеціально сконструйованої закваски Стрептосан. Бактерії *Enterococcus faecium* є представниками нормальної мікрофлори кишківника фізіологічно здорової людини [159].

За результатами тривалих клінічних досліджень у закордонних та вітчизняних лабораторіях було встановлено, що постійне вживання кисломолочного продукту позитивно впливає на фізіологічний стан людини і не спричиняє до сторонніх негативних ефектів. Геролакт випускали лише на експериментальному заводі НДІ молока і м'яса. Формулу і рецептуру продукту було продано в Данію. Нині геролакт виготовляє група компаній «Молочний Альянс» згідно із ТУ У 10.8-00419880-119. До складу продукту входять: молоко коров'яче незбиране, молоко сухе знежирене (1,7 %), молоко знежирене, бактеріальна закваска (*Streptococcus thermophilus* і *Enterococcus*

faecium), ячмінно-солодовий екстракт, токоферол та аскорбінова кислота [153].

Молочнокислий напій згідно з нормативними вимогами має містити: *Enterococcus faecium* – 1×10^7 КУО/г та інших бактерій – не менше 5×10^7 КУО/г.

Харчова цінність 100 г кисломолочного напою має становити: білків – 3,5 г; жирів – 3,2, цукрів – 5,6; токоферолу (віт. Е) – 0,8 мг; аскорбінової кислоти (вітамін С) – 5,0 мг [166, 194].

Із аналізу вітчизняної і зарубіжної літератури видно, що невивченим залишається проблема встановлення ефективності застосування іммобілізованих на модифікованих носіях заквасок для йогурту і стрептосану під час сквашування молока без вмісту та із вмістом антибіотиків.

1.3 Характеристика харових добавок (пектин, желатин, крохмаль) як носіїв для іммобілізації клітин

Сьогодні розроблено технології виробництва пектину із різноманітних рослин [200, 242, 259, 343], лущиння какао [226], пшеничних висівок [240], відходів цитрусових [256, 258, 354, 374, 375], бананових шкірок [334], яблук і відходів яблук [260, 312], бурякового жому [157], шкірок *Hylocereus polyrhizus* [335]. З часом об'єми виробництва пектину збільшуються [342].

Молекули пектинів побудовані з груп атомів, які по-різному реагують із водою. Макромолекула поліцукру об'єднує центри взаємодії з молекулами води, що формує дієву гідратну оболонку кожної макромолекули. Гелеутворення пектинів відбувається за рН 4,0–4,4, що кардинально впливає на розвиток пробіотичної мікрофлори. Пектин є пребіотиком, який впливає на збільшення і активування життєздатних біфідобактерій [104, 183, 235].

Пектин належить до поліцукрів аніонної клітинної стінки. Він активно реагує з катіонами двовалентних металів-біотиків та металів-токсикантів. Під час реакції задіяні ланки неметилетерифікованої галактуронової кислоти. Катіонозв'язуючі властивості екстрагованого пектину із плодів та овочів

дають змогу застосовувати його у багатьох процесах: як гелеутворюючий агент у харчовій промисловості або біoadсорбент для елімінації токсичних металів з рідин. На комплексоутворення пектину із полімерними з'єднаннями, металами чи клітинами впливає рН та структура полі цукру [221, 290, 343]. Молекулярна структура поліцукру представлена рамногалактуронанами I і II (RG I і II) та гомогалактуронанами (HG).

Виявлено, що катіонозв'язуючі та функціональні властивості пектину впливають на його головні архітектонічні домени (RG I і II, HG), однак з'ясовано вплив лінійного субдомену HG [384, 390].

Пектини, незалежно від походження, являють собою йонообмінники, де активно проходить заміщення протонів карбоксильних груп на катіони металів [104].

За даними авторів [262, 287] пектини із цитрусових з чіткими закономірностями розподілу неметилетерифікованих залишків GalA не мають суттєвих відмінностей у максимальній концентрації зв'язаних катіонів (Ca^{2+} , Fe^{2+} та Zn^{2+}). Це підтверджує, що максимальна зв'язуюча властивість залежить від ступеня метилетерифікації (DM). Вплив поліцукру DM/DB на катіонозв'язуючу властивість корелює з силою визначеної пектин-катіонної взаємодії [288].

Олігоцукри, одержані з пектину є представниками нового покоління функціональних інгредієнтів з модифікованими технологічними і біологічно активними можливостями в порівнянні з нативним пектином. Так, високометоксильований поліцукор здатний формувати гелі за наявності цукру за низького значення рН, низькометоксильований пектин проявляє гелеутворюючу властивість за наявності у рідкій фазі багатовалентних йонів [325, 373].

Нативні та модифіковані пектини, одержані із різної сировини широко застосовують під час виготовлення харчових продуктів, зокрема функціонального призначення. Пектини застосовують за технологій желе, мармеладів, джемів, кондитерських виробів та фруктових соків. За часткової

деестерифікації і деполімеризації пектину отримують його модифіковану форму, яка має розміри, здатні всмоктуватись у кишківнику і потрапляти у кровоток [234, 287, 321].

Для технології модифікації пектину використовують різні ензимні та хімічні методи. За хімічного методу виготовляють модифікований поліцукор, що має лінійну структуру зі ступенем естерифікації 12–45 % і приблизною молекулярною масою 16–22 КДа. За використання ензимного методу модифікація пектину полягає в деестерифікації та деполімеризації попередньо отриманого нативного поліцукру. Модифіковані форми можна застосовувати в технологіях стабілізації клітин мікроорганізмів, біологічно активних сполук та ензимів.

Пектин утворює систему відкритих пор, де створені умови для газообміну. Гелі із пектинів мають задовільні дифузні якості [104].

Пектин з молекулярною масою $(20-180) \times 10^3$ Да має високі желеутворюючі можливості. Пектинові гелі є відносно стійкими до нагрівання за $\text{pH} = 3-4$.

Гель пектину може бути сформовано двома способами: внаслідок тривимірного остову за присутності йонів Кальцію та через порушення сил електростатичного молекулярного відштовхування в кислому середовищі за дії дегідратуючих чинників.

Цукрово-кислотні пектинові желе формуються завдяки побічній валентності водневого зв'язку, де проходить задіювання гідроксильних груп та недисоційованих карбоксильних груп. Під час формування желе має проходити руйнування гідратних оболонок та зниження сил відштовхування дисоційованих карбоксильних груп. Як дегідратуючий чинник додають цукор, оскільки внесення органічної кислоти послаблює дисоціацію карбоксильних груп [287]. Температура желеутворення зростає зі збільшенням концентрації йонів Кальцію у рідині [290].

Гелеутворення є важливою умовою захищеності пробіотичних мікроорганізмів. Крім того, пектини мають пребіотичні властивості, що стимулює зростання клітин багатьох біфідобактерій [104].

Виходячи із того, що пектин побудований з полігалактуронової кислоти, де частина вторинних спиртових груп є ацитильована, а група карбоксильних залишків метоксильована, це створює передумови для використання цього поліцукру як радіопротекторного та детоксуючого засобу. Пектин у складі харчових продуктів сприяє нормалізації перетравлення і засвоєння поживних речовин, оптимізації перистальтики кишківника. Позитивні ознаки пектину дають змогу його ефективно застосовувати у лікувально-профілактичному та дієтичному харчуванні [64, 65, 326] за виробництва кондитерських виробів [109].

Желатин, одержаний із колагену кісток, хрящів, шкіри і луски риби, має відмінну гелеутворюючу здатність, що дає змогу застосовувати його у різних галузях в тому числі харчовій промисловості [142, 199, 294, 295, 304, 307, 396]. За різних технологій проводять ренатурацію желатину [378]. Желатин має широке впровадження у фармацевтичній галузі. Це обумовлюється його плівкоутворюючими властивостями [163, 241, 293, 391]. Одним із недоліків желатину є те, що він розчиняється у водних середовищах. Для зниження розчинності проводять зшивання желатину. Найпоширенішим є хімічне (ковалентне) зшивання із застосуванням диальдегідних і альдегідних компонентів [228]. Однак ці сполуки мають недоліки застосування у фармацевтичній сфері *in vivo* [268]. Для зшивання желатину також застосовують NHS-складні ефіри [196].

У біології та медицині застосовують біологічні та хімічні процеси для зшивання колагену. Для цього застосовують два не ферментативні процеси. Перший – реакція Майяра, де задіяна глюкоза і колагенові фібрили. Другий – фотоокиснювальне зшивання [320, 362, 365, 368,]. Інші дослідники наводять інформацію щодо використання для зшивання желатину фруктози [237, 391].

Продукти кінцевої реакції Майяра широко застосовують у харчовій галузі, для кон'югації білків із цукрами з метою створення функціональних продуктів із новими ароматичними і смаковими властивостями [206-208, 332, 382]. У фармацевтичній промисловості завдяки реакції Майяра розроблено технологію доставки ліків з наночастинок полісахаридів і білків [281, 303, 349, 351, 381].

Одержання полісахариду крохмалю як біополімерної речовини із різної сировини має свої технологічні особливості. Основним джерелом для одержання крохмалю є зерно пшениці, кукурудзи, сорго, рису та різні бульби (топінамбур, картопля, тапіока) [160, 185, 243, 285]. Розроблено технології виробництва крохмалю із мікроводоростей та амаранту [314, 313]. Як джерело крохмалю також ефективно застосовують банани, маніоку та кедрові горіхи [231, 297]. Синтез гранул крохмалю, їх форма, розмір, структура та склад є специфічними для кожного ботанічного підвиду рослин [205, 313, 345]. Для покращення або зміни властивостей крохмалю його модифікують [267, 393].

Різні форми модифікованого та нативного крохмалю використовують у галузях народного господарства [320, 376]. Властивості поліцукру його хімічна будова, доступність, невисока вартість, відсутність специфічного запаху і забарвлення крохмалю [285], здатність адсорбувати сполуки [302, 393, 394] та відновлюваність дають змогу крохмалю бути носієм для іммобілізації клітин мікроорганізмів і ензимів [17, 209].

Для окиснення ряду полімерних сполук, зокрема крохмалю, встановлено ефективне застосування пероксиду гідрогену [299, 322]. За використання пероксиду гідрогену для окиснення крохмалю не відбувається утворення шкідливих побічних продуктів. Пероксид гідрогену легко розкладається на воду та Оксиген і не має токсичного впливу на зовнішнє середовище [372, 244, 277, 350].

Отже, із літературних джерел видно, що у харчовій промисловості пектин, желатин та крохмаль в основному використовуються як харчові

добавки. Не зустрічається даних щодо іммобілізації молочнокислих бактерій на модифікованому пектині та желатині. Відсутня інформація щодо модифікації крохмалю, пектину та желатину як матриць для іммобілізації методом адсорбції.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали і місце проведення досліджень

Роботу виконували впродовж 2014–2019 років. Біотехнології конструювання, проведення модельних досліджень і виробництво іммобілізованих заквасок для йогурту та стрептосану проводили в Науково-дослідному інституті харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ). Дослідження проводили за загальної схеми (рис. 2.1).

Перевірку нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв (пектин, крохмаль, желатин) здійснювали на білих мишах *albino* 2–3-місячного віку, масою 19,0–22,0 г, білих щурах, масою 140,0–150,0 г, кролях масою 2,5–3,0 кг в умовах віварію та лабораторії фармакології і токсикології Державного науково-дослідного контрольного інституту (ДНДКІ) ветеринарних препаратів та кормових добавок м. Львів і в умовах віварію та лабораторії НДІ харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва БНАУ.

Дослідження виробництва йогурту та стрептосану із коров'ячого молока та встановлення їх сенсорних, фізико-хімічних і біохімічних показників проводили в лабораторії НДІ харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва БНАУ. Амінокислотний склад йогурту та стрептосану, одержаних за використання іммобілізованих заквасок, визначали в ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок.

2.2 Схеми постановки, умови проведення експериментів та методи визначення показників

У процесі виконання дисертаційної роботи вирішено проблему підвищення стабільності та пролонгування зберігання заквасок для виробництва йогурту та стрептосану. Фізико-хімічними методами модифіковано пектин, желатин та крохмаль як носії для іммобілізації клітин мікроорганізмів.

Під час виконання роботи було вивчено сорбційні властивості нативного та іммобілізованого пектину, желатину та крохмалю. Розроблено технології модифікації харчових добавок (I етап роботи).



Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Другий етап дослідів полягав у вивченні нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв (пектин, желатин і крохмаль) на лабораторних та сільськогосподарських тваринах і конструюванні іммобілізованих заквасок для йогурту та стрептосану.

Третій етап дослідів полягав у дослідженні ефективності застосування одержаних іммобілізованих заквасок під час виготовлення йогурту та стрептосану із коров'ячого молока.

2.2.1 Встановлення сорбційних властивостей нативних і модифікованих носіїв

Як матриці застосовували харчові добавки: желатин нативний, швидкорозчинний харчовий (П-11), вироблений згідно з ГОСТ 11293-89, крохмаль картопляний $(C_6H_{10}O_5)_n$, пектин яблучний з високим ступенем метоксилування (більше 50 %, ВМП) та одержані їх модифіковані форми.

Зразки пектину розчиняли в деіонізованій воді, осаджували в етанолі і зберігали за охолодження протягом 24 годин. Зразки нативного пектину отримували наступним чином: осад центрифугували, промивали в етанолі та сушили в вакуумній сушильній шафі за $25 \pm 1^\circ C$.

Процедуру окиснення нативного крохмалю проводили за модифікованою методикою [244, 350].

Вивчаючи сорбційні властивості желатину порівняно з крохмалем за контрольного варіанта, у конічні колби місткістю 50 см^3 відважували по 2,5 г желатину і за допомогою мірного циліндра відміряли по 25 см^3 дистильованої води. У I дослідному варіанті у конічні колби місткістю 50 см^3 відважували по 1,0 г желатину і вносили по 25 см^3 0,005 % розчину вітаміну B_2 . За II дослідного варіанта масу желатину збільшували до 1,5 г, а кількість розчину вітаміну B_2 залишали як у I дослідному варіанті. У III та IV дослідних варіантах до 2,0 та 2,5 г желатину додавали по 25 см^3 0,005 % розчину вітаміну B_2 (табл. 2.1).

Колби з різними дозами желатину (контрольний і дослідні варіанти) змішували і ставили на лабораторну гойдалку на 30 хвилин. Після змішування розчини фільтрували через фільтрувальний папір. Обліковували об'єм фільтрату, після чого в ньому визначали оптичну густина (D).

Водночас 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2 фільтрували через фільтрувальний папір і теж обліковували об'єм фільтрату і визначали оптичну густина (D).

Таблиця 2.1 – Схеми модельного дослідження із використанням желатину та крохмалю, $n=5$

Варіант	Досліджувані чинники
Контрольний	$2,5 \text{ г}$ носія (желатин або крохмаль) змішували із 25 см^3 дистильованої води
I дослідний	$1,0 \text{ г}$ носія змішували із 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2
II дослідний	$1,5 \text{ г}$ носія змішували із 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2
III дослідний	$2,0 \text{ г}$ носія змішували із 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2
IV дослідний	$2,5 \text{ г}$ носія змішували із 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2

Визначення сорбційних властивостей крохмалю проводили аналогічно, як і желатину. Маса крохмалю у контрольному і дослідних варіантах була ідентичною масі желатину.

Встановлюючи сорбційні властивості нативного пектину порівняно з крохмалем за контрольного варіанта, у конічні колби об'ємом 50 см^3 вносили по $2,0 \text{ г}$ пектину і за допомогою мірного циліндра відміряли 25 см^3 дистильованої води. У I дослідному варіанті у конічних колбах місткістю 50 см^3 змішували $0,5 \text{ г}$ пектину і 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2 . За II дослідного варіанта використовували пектин масою $1,0 \text{ г}$, об'єм розчину вітаміну B_2 залишався як у I дослідному варіанті. У конічні колби також відважували $1,5$ та $2,0 \text{ г}$ пектину і змішували ці проби із 25 см^3 $0,005 \%$ розчину вітаміну B_2 (III та IV дослідні варіанти) (табл. 2.2).

Колби з різною масою проб пектину (контрольний і дослідні варіанти) змішували і ставили на лабораторну гойдалку на 30 хвилин. Після змішування суспензії фільтрували через фільтрувальний папір. Обліковували об'єм фільтрату, після чого в ньому визначали оптичну густина (D).

Водночас 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂ фільтрували, теж обліковували об'єм фільтрату і визначали оптичну густина (D).

Таблиця 2.2 – Схема модельного досліду із використанням пектину та крохмалю

Варіант	Досліджувані чинники
Контрольний	2,0 г носія (пектин або крохмаль) змішували із 25 см ³ дистильованої води впродовж 30 хв
I дослідний	0,5 г носія (пектин або крохмаль) змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
II дослідний	1,0 г носія (пектин або крохмаль) змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
III дослідний	1,5 г носія (пектин або крохмаль) змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
IV дослідний	2,0 г носія (пектин або крохмаль) змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв

Встановлення сорбційних показників водорозчинного крохмалю щодо вітаміну В₂ проводили аналогічно, як і нативного пектину. Маса крохмалю у контрольному і дослідних зразках була ідентичною масі пектину.

Перевіряючи адсорбційні показники різних форм желатину в контролі, у конічні колби місткістю 50 см³ відважували по 2,5 г нативного та модифікованого желатину і за допомогою мірного циліндра відміряли 25 см³ дистильованої води.

За I дослідного варіанта використовували по 1,0 г нативного і модифікованого желатину. Відважені проби вносили у конічні колби місткістю 50 см³ і додавали по 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂. У II дослідному варіанті маса різних форм желатину становила по 1,5 г. Інші умови експерименту були аналогічні, як у I дослідному варіанті. За III дослідного варіанта до 2,0 г нативного і модифікованого желатину додавали по 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂. IV дослідний варіант передбачав

змішування 2,5 г різних форм желатину із 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂ у конічних колбах місткістю 50 см³ (табл. 2.3).

Проби різних доз і форм желатину (контрольний і дослідні варіанти) змішували із 0,005 % розчином вітаміну В₂ і поміщали на лабораторну гойдалку. Час перемішування становив 30 хвилин. По завершенні досліджу суміші фільтрували через фільтрувальний папір. Обліковували об'єм фільтрату, після чого в ньому визначали оптичну густина (D).

Таблиця 2.3 – Схема модельного досліджу із використанням різних форм желатину

Варіант	Досліджувані чинники
Контрольний	2,5 г желатину швидкорозчинного харчового (П-11) та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ дистильованої води
I дослідний	1,0 г желатину швидкорозчинного харчового (П-11) та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂
II дослідний	1,5 г желатину швидкорозчинного харчового (П-11) та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂
III дослідний	2,0 г желатину швидкорозчинного харчового (П-11) та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂
IV дослідний	2,5 г желатину швидкорозчинного харчового (П-11) та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂

Для визначення адсорбційних показників різних форм пектину в контролі, у конічні колби місткістю 50 см³ відважували по 2,0 г нативного і модифікованого пектину, у кожену колбу вносили по 25 см³ дистильованої води.

У I дослідному варіанті застосовували по 0,5 г нативного і модифікованого пектину. Відважені зразки переносили в конічні колби місткістю 50 см³ і додавали по 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂. У II дослідному варіанті вага нативного і модифікованого пектину становила по 1,0 г. За III дослідного варіанта до 1,5 г різних форм пектину додавали по 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂. У IV дослідному варіанті застосовували змішування 2,0 г різних форм пектину із 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂ у конічних колбах місткістю 50 см³ (табл. 2.4).

Зразки різних доз і форм пектину (контрольний і дослідні варіанти) змішували із 0,005 % розчином вітаміну В₂ і переміщали на лабораторну гойдалку. Час перемішування становив 30 хвилин. По завершенні дослідження суміші фільтрували через фільтрувальний папір. Обліковували об'єм фільтрату, після чого в ньому визначали оптичну густина (D).

Таблиця 2.4 – Схема модельного дослідження із використанням різних форм пектину

Варіант	Досліджувані чинники
Контрольний	2,0 г нативного пектину яблучного та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ дистильованої води впродовж 30 хв
I дослідний	0,5 г нативного пектину яблучного та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
II дослідний	1,0 г нативного пектину яблучного та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
III дослідний	1,5 г нативного пектину яблучного та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂ впродовж 30 хв
IV дослідний	2,0 г нативного пектину яблучного та модифікованої його форми змішували із 25 см ³ 0,005 % розчину вітаміну В ₂

впродовж 30 хв

2.2.2 Біотехнологія виробництва, проведення модельних досліджень та вивчення технологічних параметрів стабілізованих заквасок

Для біотехнології конструювання іммобілізованих препаратів використовували закваску для йогурту, яка мала наступний склад: *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Bifidobacterium lactis*, та закваску для стрептосану, яка містила: *Streptococcus salivarius thermophilus* та *Enterococcus faecium*. Як носії використовували нативні та модифіковані форми пектину, крохмалю і желатину.

Іммобілізацію виконували, застосовуючи явище адсорбції та часткове заключення в гель шляхом безперервного перемішування модифікованої матриці зі зволженими заквасками для виробництва йогурту та стрептосану.

Експериментально в умовах *in vitro* встановлювали оптимальні умови стабілізації клітин заквасок. Вивчали оптимальне співвідношення носій: закваска: об'єм розчинника закваски, шляхом експериментального підбору різних концентрацій компонентів, за яких стабілізовані закваски мали найбільшу активність.

Для встановлення оптимального співвідношення носій : закваска : розчинник кількість матриці в усіх варіантах не змінювали – маса становила 1000,0 мг. У 0,2; 0,3 та 0,4 см³ дистильованої води розчиняли від 5 до 100 мг висушеної закваски для йогурту та стрептосану (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Співвідношення складників для іммобілізації клітин мікроорганізмів за використання 0,2; 0,3 та 0,4 см³ розчинника, n=4

Маса носія, мг	Маса закваски, мг
1000	5
1000	10

1000	20
1000	30
1000	40
1000	50
1000	60
1000	70
1000	80
1000	90
1000	100

Висушування одержаних іммобілізованих заквасок проводили за активного вентилявання і перемішування.

Дослідження впливу часу та умов зберігання на активність різних форм закваски (нативна та іммобілізована) йогурту та стрептосану проводили впродовж трьох років. Партію іммобілізованої та нативної закваски було поділено на дві рівні частини. Одну частину зберігали у герметичній тарі за температури 3–4 °С, іншу – за 18–22 °С (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Перевірка активності заквасок, які зберігали за температури 3–4 °С та 18–22 °С

Закваска	
Нативна	Іммобілізована на модифікованому пектині
Відбір проб після 6 місяців зберігання	Відбір проб після 6 місяців зберігання
Відбір проб після 12 місяців зберігання	Відбір проб після 12 місяців зберігання
Відбір проб після 18 місяців зберігання	Відбір проб після 18 місяців зберігання
Відбір проб після 24 місяців зберігання	Відбір проб після 24 місяців зберігання

зберігання	зберігання
Відбір проб після 30 місяців зберігання	Відбір проб після 30 місяців зберігання
Відбір проб після 36 місяців зберігання	Відбір проб після 36 місяців зберігання
Відбір проб після 42 місяців зберігання	Відбір проб після 42 місяців зберігання

Через кожні 6 місяців відбирали проби заквасок і виготовляли за їх участі кисломолочні напої.

2.2.3 Встановлення впливу різних доз інгібуючих чинників на активність заквасок

Досліджували вплив антибіотиків на стабільність закваски для йогурту та стрептосану. Використовували молоко із масовою часткою жиру 3,2–3,5 % та титрованою кислотністю 16,5–18,4 °Т. Сировину перед початком дослідження пастеризували.

Під час встановлення впливу пеніциліну на активність закваски для йогурту використовували стерильну бензилпеніцилінову натрієву сіль (Benzylpenicillin 1000000 ОД О.Л.КАР.). Для проведення експериментів було сформовано 12 дослідних та один контрольний, варіанти по чотири проби у кожному. Кожна проба молока становила по 170,0 см³. Сухий порошок бензилпеніцилінової натрієвої солі розчиняли у 100 см³ бідистильованої води (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Дослідження впливу різних доз пеніциліну на активність нативної закваски йогурту

Варіант	Об'єм досліджуваного молока, см ³	Об'єм розчину антибіотика, см ³	Вміст антибіотика в молоці, ОД/см ³
---------	--	--	--

Контрольний	170,0	-	-
I дослідний	170,0	0,1	5,9
II дослідний	170,0	0,2	11,8
III дослідний	170,0	0,3	17,6
IV дослідний	170,0	0,4	23,5
V дослідний	170,0	0,5	29,4
VI дослідний	170,0	0,6	35,3
VII дослідний	170,0	0,7	41,2
VIII дослідний	170,0	0,8	47,1
IX дослідний	170,0	0,9	52,9
X дослідний	170,0	1,0	58,8
XI дослідний	170,0	1,1	64,7
XII дослідний	170,0	1,2	70,6

У I дослідному варіанті, окрім закваски, до молока додавали 0,1 мл розчину пеніциліну, що становило 5,9 ОД бензилпеніцилінової натрієвої солі на см³. У II, III та IV дослідних варіантах молоко містило, відповідно, по 11,8; 17,6 та 23,5 ОД антибіотика на см³. До проб молока із V, VI, VII і VIII дослідних варіантів додавали, відповідно, по 0,5; 0,6; 0,7 та 0,8 см³ розчину бензилпеніцилінової натрієвої солі. У IX, X, XI та XII дослідних варіантах за рахунок внесення 0,9; 1,0; 1,1 та 1,2 см³ розчину антибіотика у молоці містилось, відповідно, 52,9; 58,8; 64,7 та 70,6 ОД бензилпеніцилінової натрієвої солі на см³.

Досліджували вплив стрептоміцину (сіль стрептоміцину сульфату 720 ОД в 1 мг) на активність закваски йогурту. Для експерименту було підготовлено 12 варіантів: 1 контрольний і 11 дослідних. Проба молока становила по 150,0 см³. Стрептоміцин (1,0 г) розчиняли у 100 см³ дистильованої води (табл. 2.8).

У контрольному варіанті молоко не містило стрептоміцину. За I дослідного варіанта молоко містило 0,1 см³ розчину стрептоміцину. Вміст діючої речовини антибіотика становив 4,8 ОД/см³ молока.

Проби молока із II, III та IV дослідних варіантів містили, відповідно, по 9,6; 14,4 та 19,2 ОД діючої речовини антибіотика в одному см³. До молока із V, VI, VII і VIII варіантів вносили, відповідно, по 24,0; 28,8; 33,6 та 38,4 ОД стрептоміцину на см³. У пробах із IX, X та XI дослідних варіантів містилось по 43,2; 48,0 та 52,8 ОД діючої речовини стрептоміцину.

Таблиця 2.8 – Дослідження впливу різних доз стрептоміцину на активність нативної закваски йогурту

Варіант	Об'єм молока, см ³	Об'єм розчину стрептоміцину сульфату, см ³	Вміст діючої речовини стрептоміцину в молоці, ОД/см ³
Контрольний	150,0	-	-
I дослідний	150,0	0,1	4,8
II дослідний	150,0	0,2	9,6
III дослідний	150,0	0,3	14,4
IV дослідний	150,0	0,4	19,2
V дослідний	150,0	0,5	24,0
VI дослідний	150,0	0,6	28,8
VII дослідний	150,0	0,7	33,6
VIII дослідний	150,0	0,8	38,4
IX дослідний	150,0	0,9	43,2
X дослідний	150,0	1,0	48,0
XI дослідний	150,0	1,1	52,8

Сквашування виконували термостатним способом. Температуру в термостаті підтримували на рівні 36,0 °С. Час сквашування становив 12 годин.

За дослідження впливу різних доз пеніциліну на закваску стрептосану антибіотик розчиняли у 200 см³ дистильованої води. У контрольних зразках молоко не містило антибіотика. Проби із I дослідного зразка містили по 0,1 см³ розчину бензилпеніцилінової натрієвої солі (5,0 ОД діючої речовини антибіотика на см³) (табл. 2.9).

У пробах із II, III, IV та V дослідних зразків до молока додавали антибіотик із розрахунку останнього, відповідно, по 10,0; 15,0; 20,0 та 25,0 ОД діючої речовини на см³. Молоко із VI – VIII дослідних зразків містило від 0,6 до 0,8 см³ розчину антибіотика, що становило від 30,0 до 40,0 ОД діючої речовини на см³. У IX, X, XI, XII та XIII дослідних зразках додаванням розчинів бензилпеніцилінової натрієвої солі у молоці було досягнуто вмісту 45,0; 50,0; 55,0; 60,0 та 65,0 ОД діючої речовини антибіотика на см³.

Таблиця 2.9 – Схема досліду встановлення стійкості нативної закваски стрептосану до різних доз пеніциліну в молоці

Зразок	Об'єм сировини для стрептосану, см ³	Об'єм розчину пеніциліну, см ³	Уміст антибіотика в молоці, ОД/см ³
Контрольний	100,0	немає	немає
I дослідний	100,0	0,1	5,0
II дослідний	100,0	0,2	10,0
III дослідний	100,0	0,3	15,0
IV дослідний	100,0	0,4	20,0
V дослідний	100,0	0,5	25,0
VI дослідний	100,0	0,6	30,0
VII дослідний	100,0	0,7	35,0
VIII дослідний	100,0	0,8	40,0

IX дослідний	100,0	0,9	45,0
X дослідний	100,0	1,0	50,0
XI дослідний	100,0	1,1	55,0
XII дослідний	100,0	1,2	60,0
XIII дослідний	100,0	1,3	65,0

Вивчаючи вплив стрептоміцину на активність закваски стрептосану, 1,0 г антибіотика розчиняли у 1440 мл дистильованої води.

Проби молока із контрольної групи не містили антибіотика. До молока із проб I дослідної групи додавали 0,1 см³ розчину стрептоміцину, що становило 0,5 ОД/см³ (табл. 2.10).

У пробах із II, III та IV дослідних груп молоко містило, відповідно, по 1,0; 1,5 та 2,0 ОД діючої речовини стрептоміцину сульфату в одному см³. Проби молока із V, VI, VII і VIII дослідних груп містили, відповідно, по 2,5; 3,0; 3,5 та 4,0 ОД антибіотика в см³. До молока із IX, X та XI дослідних груп вносили по 0,9; 1,0 та 1,1 см³ розчину стрептоміцину.

Таблиця 2.10 – Схема дослідження встановлення стійкості нативної закваски стрептосану до різних доз стрептоміцину в молоці

Група проб	Розчин стрептоміцину, см ³	Об'єм однієї проби, см ³	Діюча речовина стрептоміцину в 1 см ³ молока, ОД
Контрольна	-	100,0	-
I дослідна	0,1	100,0	0,5
II дослідна	0,2	100,0	1,0
III дослідна	0,3	100,0	1,5
IV дослідна	0,4	100,0	2,0
V дослідна	0,5	100,0	2,5
VI дослідна	0,6	100,0	3,0
VII дослідна	0,7	100,0	3,5

VIII дослідна	0,8	100,0	4,0
IX дослідна	0,9	100,0	4,5
X дослідна	1,0	100,0	5,0
XI дослідна	1,1	100,0	5,5
XII дослідна	1,2	100,0	6,0
XIII дослідна	1,3	100,0	6,5
XIV дослідна	1,4	100,0	7,0
XV дослідна	1,5	100,0	7,5
XVI дослідна	1,6	100,0	8,0

У XII–XVI дослідних групах проби містили від 6,0 до 8,0 ОД діючої речовини стрептоміцину сульфату в одному см³.

Сквашування проб молока із вмістом різних доз пеніциліну та стрептоміцину проводили у термостаті. Температуру сквашування підтримували на рівні 36,0±0,5 °С. Сквашування тривало 8 годин.

Досліджуючи стійкість нативної та іммобілізованої закваски йогурту до різних доз пеніциліну в молоці, у контролі до зразків молока вносили лише нативну та іммобілізовану закваску для йогурту. До зразків молока із I дослідної групи, крім заквасок йогурту, додавали 0,1 см³ розчину пеніциліну, що становило 5 ОД діючої речовини на см³. У II, III та IV дослідних групах зразки молока містили, відповідно, по 10,0; 15,0 та 20,0 ОД пеніциліну на см³. До молока із V, VI, VII і VIII дослідних груп додавали розчин антибіотика в кількості від 0,5 до 0,8 см³. У молоці з IX, X, XI, XII та XIII дослідних груп містилось, відповідно, 45,0; 50,0; 55,0; 60,0 та 65,0 ОД діючої речовини пеніциліну на см³ (табл. 2.11).

Для експерименту застосовували нормалізоване молоко з масовою часткою жиру 3,2 % та титрованою кислотністю 17 °Т. Кожний зразок молока становив 200,0 см³.

Таблиця 2.11 – Схема експерименту порівняння стійкості нативної та іммобілізованої закваски йогурту до різних доз пеніциліну в молоці

Група зразків	Об'єм досліджуваної проби молока, см ³	Розчин антибіотика, см ³	Розрахунковий вміст пеніциліну в молоці, ОД/см ³
Контрольна	200,0	-	-
I дослідна	200,0	0,1	5,0
II дослідна	200,0	0,2	10,0
III дослідна	200,0	0,3	15,0
IV дослідна	200,0	0,4	20,0
V дослідна	200,0	0,5	25,0
VI дослідна	200,0	0,6	30,0
VII дослідна	200,0	0,7	35,0
VIII дослідна	200,0	0,8	40,0
IX дослідна	200,0	0,9	45,0
X дослідна	200,0	1,0	50,0
XI дослідна	200,0	1,1	55,0
XII дослідна	200,0	1,2	60,0
XIII дослідна	200,0	1,4	65,0

Для виявлення спроможності іммобілізованої і нативної закваски йогурту зберігати свою активність за наявності у молоці різних доз стрептоміцину сформували чотирнадцять груп-зразків. До контрольних зразків молока додавали іммобілізовану і нативну закваски йогурту. Розчин стрептоміцину не додавали (табл. 2.12).

У молоко I дослідної групи вносили по 0,1 см³ розчину стрептоміцину. Вміст діючої речовини антибіотика становив 5 ОД/см³. До зразків із II, III та IV дослідних груп додавали 0,2; 0,3 та 0,4 см³ розчину антибіотика. Молоко V, VI, VII і VIII дослідних груп містило 25,0; 30,0, 35,0 та 40,0 ОД діючої речовини стрептоміцину на см³. У IX, X, XI, XII та XIII дослідних групах до

200 см³ молока додавали, відповідно, по 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 та 1,3 см³ розчину антибіотика. Молоко перед початком досліду нормалізували до масової частки жиру 3,2 %. Титрована кислотність становила 17,5 °Т.

Один грам стрептоміцину розчиняли у 72 см³ дистильованої води.

Таблиця 2.12 – Схема експерименту порівняння стійкості нативної та іммобілізованої закваски йогурту до різних доз стрептоміцину в молоці

Група зразків	Розчин стрептоміцину, см ³	Об'єм одного зразка молока, см ³	Діюча речовина антибіотика в молоці, ОД/см ³
Контрольна	-	200,0	-
I дослідна	0,1	200,0	5,0
II дослідна	0,2	200,0	10,0
III дослідна	0,3	200,0	15,0
IV дослідна	0,4	200,0	20,0
V дослідна	0,5	200,0	25,0
VI дослідна	0,6	200,0	30,0
VII дослідна	0,7	200,0	35,0
VIII дослідна	0,8	200,0	40,0
IX дослідна	0,9	200,0	45,0
X дослідна	1,0	200,0	50,0
XI дослідна	1,1	200,0	55,0
XII дослідна	1,2	200,0	60,0
XIII дослідна	1,4	200,0	65,0

З метою встановлення дії різних доз пеніциліну на інактивацію мікроорганізмів закваски стрептосану використовували пастеризоване, нормалізоване молоко із масовою часткою жиру 3,2 % та титрованою кислотністю 17,2 °Т. Кожна проба молока становила по 200 см³. Один грам пеніциліну (10000000 ОД) розчиняли у 200 см³ дистильованої води. У

контрольних пробах молока пеніциліну не містилось. До зразків молока із I дослідної групи вносили по 0,1 см³ розчину антибіотика, що становило по 2,5 ОД діючої речовини пеніциліну в одному сантиметрі кубічному (табл. 2.13).

У молоці II, III, IV та V дослідних груп вміст пеніциліну в дозах становив, відповідно, 5,0; 7,5; 10,0 та 12,5 ОД/см³. До молока VI, VII та VIII дослідних групах вносили по 0,5; 0,6 та 0,7 см³ розчину пеніциліну, що забезпечувало вміст антибіотика у зразках, відповідно, на рівні 15,0; 17,5 та 20,0 ОД діючої речовини в одному см³.

У IX, X та XI дослідних групах за рахунок внесення розчинів бензилпеніцилінової натрієвої солі у зразках молока було досягнуто вмісту 22,5; 25,0 та 27,5 ОД діючої речовини антибіотика на см³.

Таблиця 2.13 – Схема дослідження стійкості нативної та іммобілізованої закваски стрептосану до дії пеніциліну в молоці

Група зразків	Об'єм однієї проби молока, см ³	Об'єм розчину антибіотика, см ³	Розрахунковий вміст антибіотика у молоці, ОД/см ³
Контрольна	200,0	-	-
I дослідна	200,0	0,1	2,5
II дослідна	200,0	0,2	5,0
III дослідна	200,0	0,3	7,5
IV дослідна	200,0	0,4	10,0
V дослідна	200,0	0,5	12,5
VI дослідна	200,0	0,6	15,0
VII дослідна	200,0	0,7	17,5
VIII дослідна	200,0	0,8	20,0
IX дослідна	200,0	0,9	22,5
X дослідна	200,0	1,0	25,0
XI дослідна	200,0	1,1	27,5

Після ретельного перемішування зразки молока із заквасками та антибіотиком із усіх груп поміщали у термостат на 12 годин. Температуру термостатування витримували на рівні 36,0 °С.

Досліджуючи вплив різних доз стрептоміцину в молоці на інактивацію нативної та іммобілізованої закваски стрептосану, було сформовано двадцять груп-зразків: 1 контрольну і 19 дослідних. До молока із контрольної групи розчину стрептоміцину сульфату не додавали. У молоці I дослідної групи містилось по 0,05 см³ розчину антибіотика, що становило 0,5 ОД діючої речовини на см³. До зразків із II–X дослідних груп вносили розчин стрептоміцину, щоб забезпечити вміст антибіотика в молоці на рівні від 1,0 до 9,0 ОД/см³ молока (табл. 2.14).

Молоко XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII та XIX дослідних груп містило, відповідно, по 10,0 ОД/см³; 11,0; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 17,0 та 18,0 ОД/см³ стрептоміцину.

Молоко перед дослідженням пастеризували, нормалізували за масовою часткою жиру, яка становила 3,2 %. Кожен зразок молока мав об'єм 200 см³. Титрована кислотність молока перед внесенням заквасок і розчинів стрептоміцину була на рівні 17,7 °Т.

Таблиця 2.14 – Схема дослідження стійкості нативної та іммобілізованої закваски стрептосану до дії різних доз стрептоміцину в молоці

Група зразків	Об'єм розчину стрептоміцину, що вноситься в один зразок, см ³	Об'єм одного зразка молока, см ³	Діюча речовина стрептоміцину у см ³ молока, ОД
Контрольна	-	200,0	-
I дослідна	0,05	200,0	0,5
II дослідна	0,10	200,0	1,0

III дослідна	0,20	200,0	2,0
IV дослідна	0,30	200,0	3,0
V дослідна	0,40	200,0	4,0
VI дослідна	0,50	200,0	5,0
VII дослідна	0,60	200,0	6,0
VIII дослідна	0,70	200,0	7,0
IX дослідна	0,80	200,0	8,0
X дослідна	0,90	200,0	9,0
XI дослідна	1,00	200,0	10,0
XII дослідна	1,10	200,0	11,0
XIII дослідна	1,20	200,0	12,0
XIV дослідна	1,30	200,0	13,0
XV дослідна	1,40	200,0	14,0
XVI дослідна	1,50	200,0	15,0
XVII дослідна	1,60	200,0	16,0
XVIII дослідна	1,70	200,0	17,0
XIX дослідна	1,80	200,0	18,0

Робочий розчин антибіотика виготовляли наступним чином. Перед самим дослідом точно відважений 1,0 г (720000 ОД) стрептоміцину сульфату розчиняли у 360 см³ дистильованої води.

2.2.4 Методика визначення нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв на лабораторних і сільськогосподарських тваринах

Вивчення нешкідливості модифікованих носіїв проводили на білих мишах. Тваринам досліджувани суспензії та розчини вводили через стравохід у шлунок за допомогою шприца з металевим зондом, з наплавленою

свинцевою голівкою діаметром 1 мм, натщесерце. Для експерименту брали тварин двомісячного віку із масою тіла 18–22 г.

Для порівняльного дослідження нешкідливості модифікованого желатину та пектину було сформовано три групи лабораторних лінійних мишей, по п'ять голів у кожній. Харчові добавки у модифікованій формі лабораторним тваринам вводили одноразово.

Під час дослідження модифікованого желатину контрольній групі вводили 0,25 мл фізіологічного розчину. Мишам I дослідної групи вводили 0,25 мл 5,0 % суспензії модифікованого желатину, тваринам II дослідної групи – 0,25 мл 10,0 % суспензії модифікованого желатину (табл. 2.15).

Таблиця 2.15 – Схема дослідження нешкідливості модифікованого желатину

Група	Кількість мишей у групі, гол.	Чинник, що досліджується
Контрольна	5	Фізіологічний розчин (об'єм ведення 0,25 мл)
I дослідна	5	5,0 % розчин модифікованого желатину (об'єм ведення 0,25 мл)
II дослідна	5	10,0 % розчин модифікованого желатину (об'єм ведення 0,25 мл)

За вивчення нешкідливості модифікованого пектину мишам контрольної групи внутрішньошлунково вводили по 0,3 мл фізіологічного розчину. Тваринам I дослідної групи вводили по 0,3 мл 5,0 % суспензії модифікованого пектину, мишам II дослідної групи – по 0,3 мл 10,0 % суспензії модифікованого пектину (табл. 2.16).

Таблиця 2.16 – Схеми дослідження нешкідливості модифікованого пектину

Група	Кількість мишей у групі, гол.	Вид та доза досліджуваної суспензії і розчину
Контрольна	5	Фізіологічний розчин (об'єм ведення 0,3 мл)
I дослідна	5	5,0 % суспензія модифікованого пектину (об'єм ведення 0,3 мл)
II дослідна	5	10,0 % суспензія модифікованого пектину (об'єм ведення 0,3 мл)

Під час вивчення нешкідливості модифікованого крохмалю контрольні тварини одержували одноразово по 0,3 см³ фізіологічного розчину. Мишам I дослідної групи було введено по 0,3 см³ розчину модифікованого крохмалю. Для тварин II дослідної групи одноразова доза залишалася сталою (0,3 см³), проте розчин містив 10,0 % модифікованого крохмалю (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Схеми дослідження нешкідливості модифікованого крохмалю

Група	Кількість тварин у групі, гол.	Вид та доза досліджуваного розчину
Контрольна	6	Фізіологічний розчин (об'єм 0,3 см ³)
I дослідна	6	5,0 % розчин модифікованого крохмалю (об'єм 0,3 см ³)
II дослідна	6	10,0 % розчин модифікованого крохмалю (об'єм 0,3 см ³)

Спостереження за дослідними тваринами проводили протягом 10 діб.

Наприкінці дослідження мишей забивали за умов легкого ефірного наркозу, проводили розтин для патолого-анатомічних досліджень. Крім того, від забитих мишей відбирали тканини й органи для біохімічних досліджень.

Токсикологічні дослідження включали виконання оцінки гострої токсичності модифікованих харчових добавок на білих мишах та щурах, подразнюючої дії на кролях, які здійснювали відповідно до інструкції, викладеної у «Доклінічних дослідженнях ветеринарних лікарських засобів» [63], і даних, наведених у [136, 180, 181, 229, 238, 239].

Перед початком досліду миші проходили карантин. Групи формували за правилами випадкового підбору. За півдоби до введення досліджуваного чинника лабораторних тварин не годували. Перед самим введенням суспензій тварин важили.

Під час вивчення гострої токсичності модифікованих харчових добавок на білих мишах проводили орієнтовний та розгорнутий досліди. Для орієнтовного досліду формували групи по три голови у кожній. Мишам вводили суспензії добавок, забезпечуючи їх введення за сполукою від 5 до 1000 мг на кілограм маси тіла.

Для виконання розгорнутого досліду на білих мишах формували групи по п'ять – шість голів у кожній. Тваринам вводили суспензії модифікованих харчових добавок по 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 і 6000 мг/кг живої маси.

Досліджувані суспензії задавали одноразово лабораторним мишам. Тваринам харчові добавки вводили через рот за допомогою металевого зонда. Спостереження за мишами здійснювали впродовж 14 діб. Досліджуючи гостру токсичність на щурах застосовували дози модифікованих харчових добавок від 250 до 5000 мг/кг маси тіла.

Ступінь токсичності модифікованих харчових добавок визначали згідно з стандартом [54]. Розрахунок DL_{50} здійснювали за методом Г. Кербера, використовуючи формулу:

$$DL_{50}(DE_{50}) = DL_{100}(DE_{100}) - (\Sigma(zd)/m),$$

де $DL_{100}(DE_{100})$ – доза досліджуваних сполук і речовин, яка викликає загибель дослідних тварин;

d – інтервали між двома суміжними дозами;

z – середньоарифметичне з числа дослідних тварин, які померли, або у яких виявлено враховану реакцію за дії кожних двох суміжних доз речовини;

m – кількість дослідних тварин у групі.

Та методом Г. Першина згідно з формулою:

$$DL_{50} = \sum [(a + b) \times (m - n)] / 200,$$

де a і b – величини суміжних досліджуваних доз;

m і n – відповідні дозам встановлені частоти смертельних випадків у відсотковому вираженні.

Встановлення подразнюючої дії модифікованих харчових добавок на слизову оболонку ока виконували на лабораторних кролях. Тваринам суспензії вносили у дозі 2 краплі в кон'юнктивальний мішок лівих очей. За внесення суспензії харчової добавки відтягували внутрішній кут кон'юнктивального мішка, після нанесення добавки протягом 1–1,5 хв зажимали слізно-носовий канал. Праве око кожного кроля виконувало роль контролю. Після нанесення суспензії через 1, 24, 48, 78, 102 години та до 14 діб здійснювали ретельне обстеження очей. Аналіз подразнюючої дії модифікованих харчових добавок на слизову оболонку очей здійснювали за бальною системою (табл. 2.18).

Таблиця 2.18 – Критерії оцінювання шкідливої дії модифікованих харчових добавок на слизову оболонку очей у дослідних тварин

Клінічні ознаки	Присудження балів
А. Гіперемія кон'юнктиви та рогівки ока	
Гіперемійовані судини	1

Ряд судин погано помітно	2
Глибоке дифузне почервоніння	3
Б. набряк повік	
Ледве помітний набряк	1
Виражений набряк повіки з його частковим виверненням	2
За рахунок набряку око закрите наполовину	3
За рахунок набряку око закрите більше половини	4
В. Характеристика виділення	
Кількість мінімальна, локалізована в кутику ока	1
Виділень така кількість, що зволожує повіки	2
Виділень така кількість, що зволожує повіки та шкіру навколо	3

2.2.5 Методика вивчення ефективності застосування стабілізованих заквасок для виготовлення йогурту та стрептосану

Виготовлення йогуртів та стрептосану проводили термостатним способом. Для експерименту було використано сировину – молоко від корів. Перед проведенням досліджень сировину постійно перевіряли, контролюючи масову частку жиру та кислотність.

Перед проведенням модельних експериментів молоко нормалізували за масовою часткою жиру до 3,2 % та проводили термічну його обробку шляхом пастеризації.

Перевірку дії іммобілізованих заквасок для йогурту виконували, використовуючи молоко корів із титрованою кислотністю 18,7 °Т. Для кожної дози закваски відміряли проби молока по 200,0 см³ у чотирьох повторностях (табл. 2.19).

Іммобілізовану на модифікованому пектині закваску для йогурту вносили у підготовлене молоко у кількості від 10 до 160 мг на 200,0 см³.

Закваску, іммобілізовану на модифікованому желатині, використовували в аналогічних дозах.

Таблиця 2.19 – Схема досліді зі стабілізованими заквасками для йогурту

Група проб	Об'єм молока, см ³	Маса закваски, мг	
		Іммобілізована на пектині	Іммобілізована на желатині
I	200,0	10	10
II	200,0	20	20
III	200,0	30	30
IV	200,0	40	40
V	200,0	50	50
VI	200,0	60	60
VII	200,0	70	70
VIII	200,0	80	80
IX	200,0	90	90
X	200,0	100	100
XI	200,0	110	110
XII	200,0	120	120
XIII	200,0	130	130
XIV	200,0	140	140
XV	200,0	150	150
XVI	200,0	160	160

Встановлення впливу різних доз іммобілізованої закваски стрептосану на здатність утворення кисломолочного продукту проводили, використовуючи молоко із титрованою кислотністю 18,1 °Т. Об'єм молока у пробах становив по 250 см³ (табл. 2.19).

Підготовлені іммобілізовані на модифікованому пектині та желатині закваски стрептосану вносили у молоко точно відваженими дозами від 40 до 130 мг на 250,0 см³.

Таблиця 2.19 – Схема встановлення дози іммобілізованої закваски стрептосану, здатної сквашувати молоко

Група проб молока	Об'єм проби, см ³	Вага закваски у пробі, мг	
		Іммобілізована на желатині	Іммобілізована на пектині
I група	250,0	40	40
II група	250,0	45	45
III група	250,0	50	50
IV група	250,0	55	55
V група	250,0	60	60
VI група	250,0	65	65
VII група	250,0	70	70
VIII група	250,0	75	75
IX група	250,0	80	80
X група	250,0	85	85
XI група	250,0	90	90
XII група	250,0	95	95
XIII група	250,0	100	100
XIV група	250,0	105	105
XV група	250,0	110	110
XVI група	250,0	115	115
XVII група	250,0	120	120
XVIII група	250,0	125	125
XIX група	250,0	130	130

Після додавання у підігріте до 37 °С молоко усіх доз іммобілізованих заквасок проби ретельно перемішували і поміщали у термостат на 8 годин (I етап). Після перевірки виявлені проби, де не утворився згусток, повторно поміщали на 8 годин у термостат (II етап сквашування). Температуру в термостаті витримували на рівні 35,0–36,5 °С. Контроль ефективності сквашування молока проводили через кожні 10 хв, встановлювали час утворення першого згустку.

2.2.6 Методи визначення показників

Повноту етерифікації полігалактуранових кислот кількісно характеризували ступенем етерифікації або метилування. Вміст вільних карбоксильних груп визначали титруванням розчину пектиновмісного препарату, а після омилення - етерифікованих карбоксильних груп [64, 148].

Ступінь етерифікації пектину (СЕ) розраховували за формулами І.М Бодякина:

$$C_k = N_{\text{л}} \times V_1 / m$$

$$C_{\text{ет}} = N_{\text{л}}(V_2 + \Delta V) / m$$

$$E_{\text{мет}} = V_2 + \Delta V / V_1 + V_2 + \Delta V \text{ де,}$$

C_k – вміст вільних карбоксильних груп, моль/г;

$C_{\text{ет}}$ - вміст етерифікованих карбоксильних груп, моль/г;

$E_{\text{мет}}$ – ступінь етерифікації пектину;

V_1 та V_2 - об'єми розчинів титрування;

m – маса пектину.

Контроль рівня метаболічних процесів в організмі лабораторних тварин за дії харчових добавок виконували, проводячи аналіз дослідження в печінці та крові.

Кров лабораторних тварин стабілізували гепарином [168]. У крові тварин визначали вміст гемоглобіну згідно з [91, 168].

У печінці та сироватці крові тварин визначали: активність лужної фосфатази – методом S. King [298], аспартатамінотрансферази (АсАт) і аланінамінотрансферази (АлАт) – за методикою S. Reitman, S. Frrancel [360], вміст загального білка – за методикою О.Н. Lowry [305], білкових, загальних сульфогідрильних груп і HS-груп низькомолекулярних сполук – за методикою G.L. Ellman [252].

Уміст сечової кислоти визначали у печінці та сироватці крові тварин згідно з інструкцією [93]. У крові визначали вміст глюкози, застосовуючи орто-толуїдиновий реактив відповідно до інструкції [90]. Вміст сечовини досліджували у сироватці крові згідно з інструкцією [92]. У печінці тварин вміст глікогену визначали за методикою описаною у [115]. Вміст молочної і піровиноградної кислоти у сироватці крові тварин визначали за методиками викладеними у науковій праці [151].

Сенсорні показники готових кисломолочних продуктів визначали згідно з нормативного документу [67]. У соку калини визначали вміст цукру згідно з [69], вміст вітаміну С згідно з [71], вміст титрованих кислот згідно з [70], вміст пектинів згідно з [72], вміст каротину згідно з [66].

Титровану кислотність визначали згідно з ГОСТ 3624 [55] та [289]. Масову частку жиру визначали згідно з ГОСТ 5867 [56]. Мікробіологічні дослідження кисломолочних напоїв проводили згідно з [68, 73], амінокислотний склад кисломолочних продуктів визначали використовуючи метод капілярного електрофорезу згідно методики описаної у рекомендаціях за загальною редакцією І.Я. Коцюмбаса [105], реологічні показники кисломолочних продуктів визначали згідно методик описаних в [107, 117, 367].

Аналітичний вид та апроксимуючі функції щодо залежності часу утворення згустку молока від маси іммобілізованої закваски встановлювали розрахунковими методами описаними у працях [116, 218, 274, 329, 359].

Експерименти на лабораторних і сільськогосподарських тваринах виконувались згідно вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших цілей.

Одержані цифрові дані статистично обробляли за Монцевічюте-Ерингене. Вірогідність різниці між середньоарифметичними даними оцінювали за критеріями Стьюдента [125].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Модельні дослідження щодо модифікації носіїв та вивчення їх сорбційних властивостей

3.1.1. Відпрацювання схеми та технологій модифікації носіїв

Модифікацію природних органічних носіїв (пектин, крохмаль, желатин) проводили за схемою (рис. 3.1).

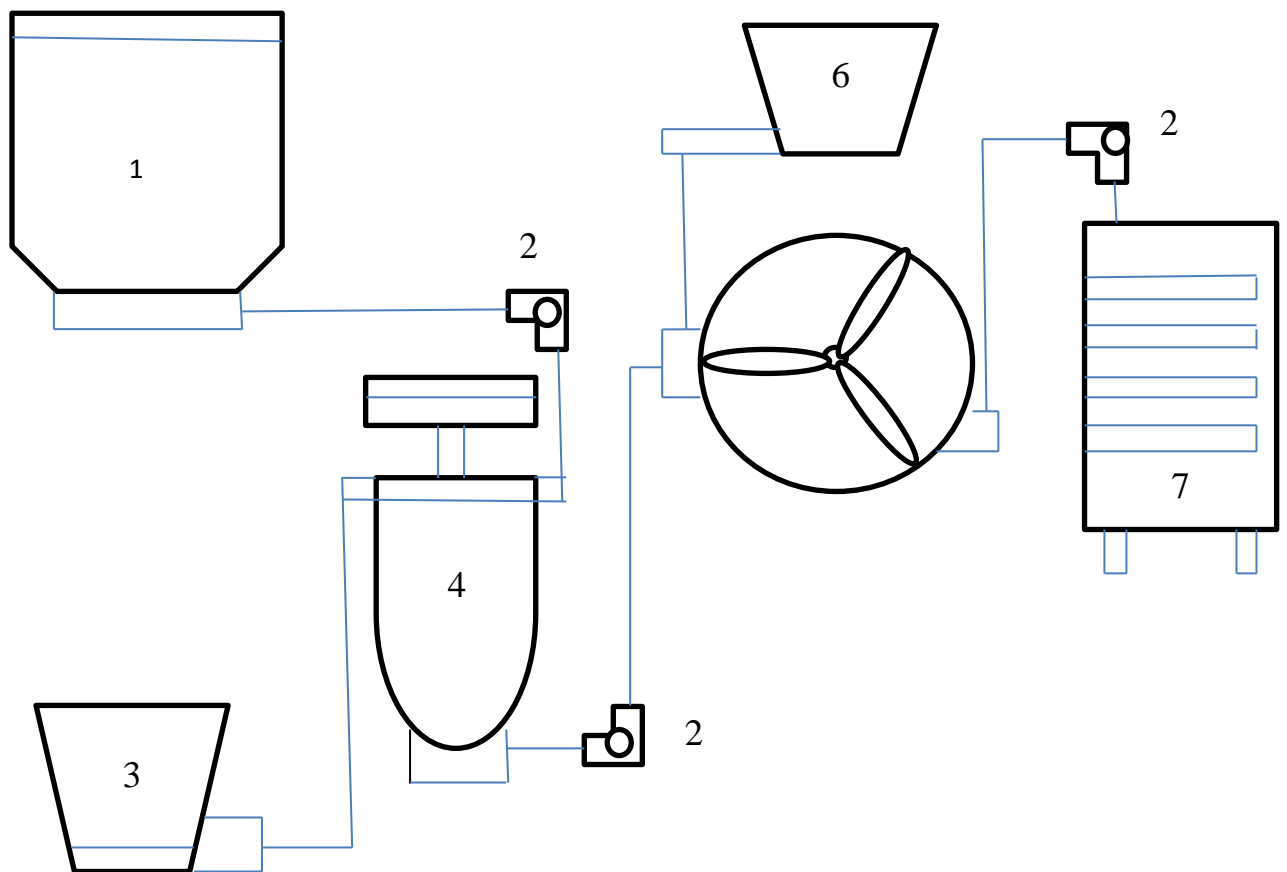


Рис. 3.1 – Загальна схема технологій модифікації носіїв:

1 – ємність для реактивів; 2 – помпи; 3 – ваговий дозатор для носіїв; 4 – реактор для хімічної обробки носіїв; 5 – реактор для вирівнювання рН розчинів носіїв та нанесення зшивок; 6 – ваговий дозатор зшивок; 7 – система для фільтрування та висушування модифікованих носіїв.

Нативні носії за допомогою дозатора точно відважують у реактор для хімічної обробки. У реакторі носії піддаються дії реагентів. Із реактора для

хімічної обробки після оптимізування температури суміш перекачують у реактор для регулювання рН суміші носіїв. За рахунок внесення кислот або лугів у реактор проводиться корегування рН. За необхідності до модифікованих носіїв додають зшивки. Після контролю комплексоутворення носії із зшивками використовують для іммобілізації клітин мікроорганізмів або висушують до вмісту вологи 7-9 %.

Під час модифікації пектину спочатку виготовляли його 1,5 % водяний розчин. рН розчину у реакторі доводили до 10,0 за допомогою NaOH (3Н), після чого інкубували впродовж 1 години за температури 50–60 °С. Далі охолоджували до кімнатної температури, рН доводили до 3,0 за допомогою HCl (3Н). Після експозиції впродовж 12 годин зразки осаджували 95 % спиртом етанолом під час інкубування за температури 20 °С впродовж 2 годин. Одержаний осад фільтрували і сушили у вакуум-сушильці за температури 25 °С. Таким чином отримували низькоетерифікований пектин (рис. 3.2).

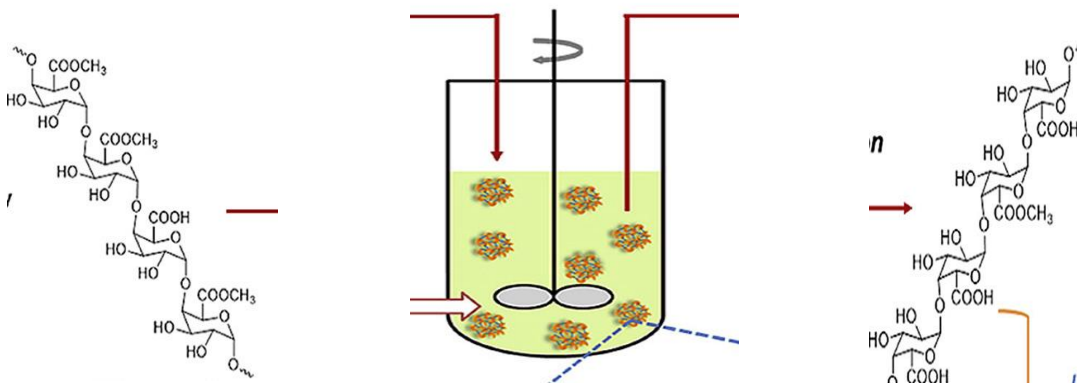


Рис. 3.2. Одержання низькоетерифікованого пектину з нативної сировини.

Згідно з одержаними експериментальними даними було проведено розрахунки ступеня етерифікації пектину (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Об'єми титрантів і вміст карбоксильних груп за визначення ступеня етерифікації пектину потенціометричним методом

	V_1 , мл	V_2 , мл	ΔV	C_K , ммоль/г	$C_{ет}$, ммоль/г	$E_{мет}$, %
Нативний пектин	$3,22 \pm 0,05$	$5,91 \pm 0,03$	$0,2 \pm 0,01$	$1,61 \pm 0,0$ 3	$3,06 \pm 0,0$ 3	$65,5 \pm 3,4$
Модифікований пектин	$6,22 \pm 0,04$	$3,42 \pm 0,03$	$0,2 \pm 0,01$	$3,11 \pm 0,0$ 2	$1,82 \pm 0,0$ 4	$36,8 \pm 2,0$ 5

Доведено, що вміст карбоксильних груп у модифікованому пектині був вищим у 1,93 раза порівнюючи з його нативною формою.

Елементом модифікації пектину також було приєднання зшивок за участі 0,1 М хлористого кальцію. Двовалентний кальцій створює зшивки між молекулами підготовленого пектину через карбоксильні групи (утворення ковалентних зв'язків). Під час цього забезпечується тривимірна структура носія (рис. 3.3).

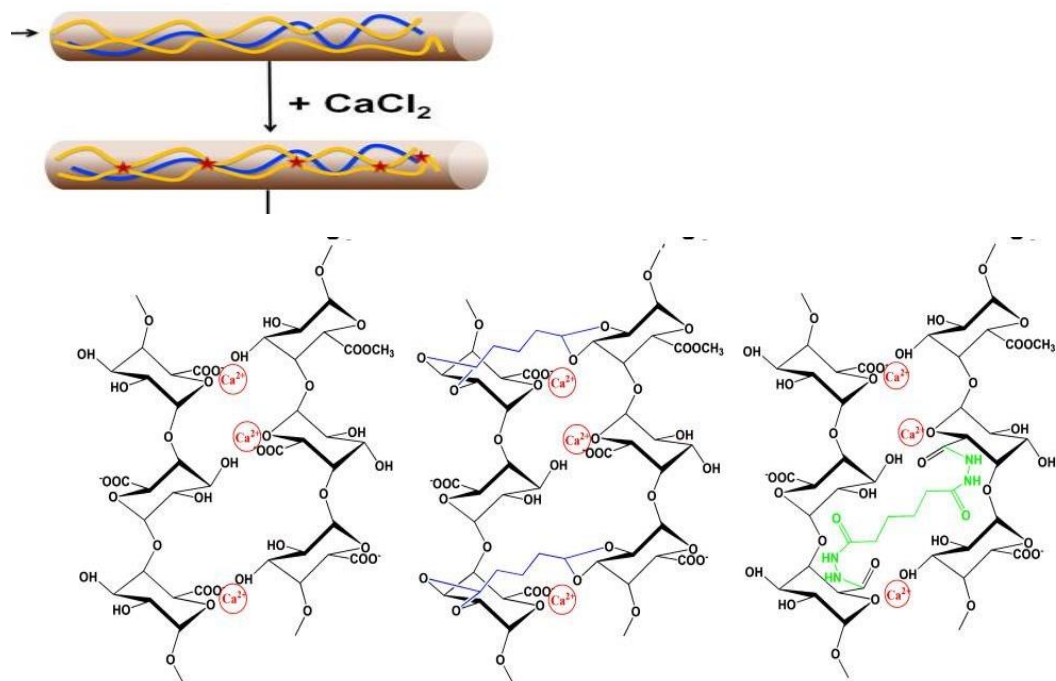


Рис. 3.3. Схематична модель модифікованого пектину із зшивками для іммобілізації молочнокислих бактерій.

Одержання модифікованого желатина проводили методом зшивки за допомогою реакції Майяра (реакції між карбонільною групою відновлюваних цукрів і вільною аміногрупою білка). Реакцію проводили наступним чином: до 15 % мас./Об. розчину желатину (70 °С), додавали альдозний цукор (глюкоза, фруктоза) у співвідношенні 0,5: 1 и 1: 1 кожний. Через 1 годину за постійного струшування модифікований желатин промивали дистильованою водою та зберігали при 4 °С до використання або висушували. Схема модифікації желатину представлена на рис. 3.4

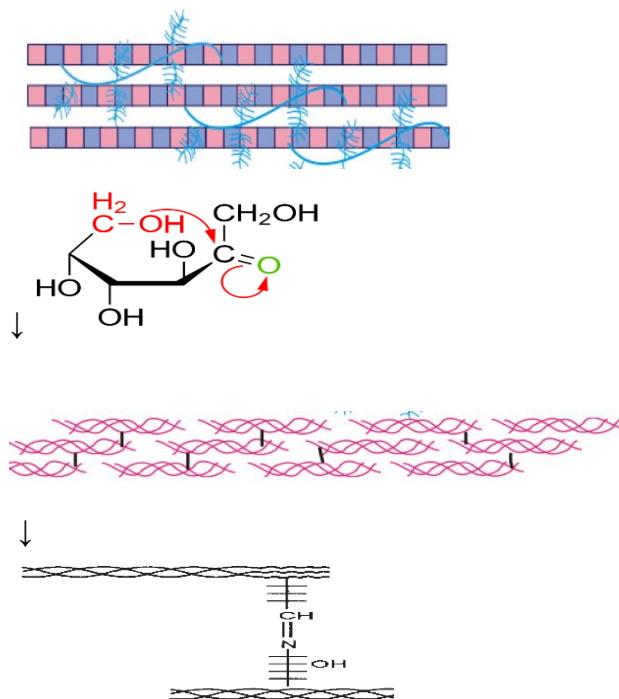


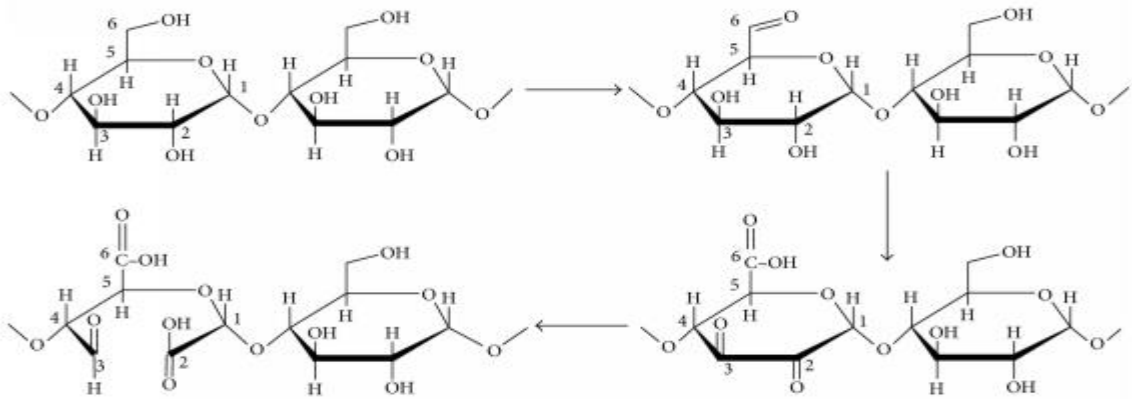
Рис. 3.4 Схема зшивки колагенових фібрил глюкозою та фруктозою

За модифікації крохмалю останій із масовою часткою вологи 17– 20 % вносили у реактор для проведення хімічних реакцій. У реактор насосом закачували дистильовану воду для створення масової частки суспензії 35–40 % і вносили луг для забезпечення рН на рівні 8,4. Суспензію у реакторі нагрівали до 65 °С. У нагріту суспензію вводили розчин сірчаноокисного купруму ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) в розрахунку на суху речовину крохмалю в кількості 0,07–0,09 % масової частки. Ретельно перемішували розчин сірчаноокисного купруму і суспензію крохмалю (3–7 хв). Потім до суміші додавали розчин пероксиду гідрогену, в кількості 0,15 % до маси сухої речовини носія.

Окиснення крохмалю проводили впродовж 10-180 хвилин за постійного ретельного перемішування і різних температур (25, 55 та 65 °С). Суспензію після завершення реакції (рН 4,4–5,4) нейтралізували розчином вуглекислого натрію до рН 6,8 і фільтрували. Модифікований крохмаль (рис 3.5) далі переміщали у сушильну камеру.



Окиснення C₆ – OH



Розрив зв'язку C₂ – C₃ Окиснення C₂ і C₃ – OH

Рис. 3.5. Схематичне зображення стадій окиснення крохмалю в порядку реакційної здатності гідроксильних груп за (Soto and all., 2014).

Наявність карбонільних та карбоксильних груп модифікованого крохмалю надає йому надгідрофільність і кислотність, здатність до комплексоутворення.

Для визначення ступеня окиснення крохмалю використовували метод описаний [416] з деякими модифікаціями. Встановлено вплив температурних режимів на ступінь окиснення крохмалю (табл. 3.2). За підвищення температури реакції з 25 °С до 55 °С, ступінь окиснення зростає з 11,4 до 32,7 % (без каталізатора) та з 22,8 % до 48,5 % (за наявності каталізатора). Проте коли температуру збільшити до 65 °С ступінь окиснення знижується на 6,4 % (без каталізатора) і на 6,9 % (із каталізатором) у порівнянні із температурою 55 °С.

Таблиця 3.2 – Вплив температури реакції на ступінь окиснення крохмалю

	Температура, °С		
	25	55	65
% окиснення, + H ₂ O ₂	11,4	32,7	26,3
% окиснення, + H ₂ O ₂ + Cu ²⁺	22,8	48,5	41,6
Нативний крохмаль	0,8	3,3	4,7

Досліджувати також вплив часу на ступінь окиснення. Проведеними дослідженнями встановлено, що ступінь окиснення збільшується зі збільшенням часу реакції. Значне підвищення ступеня окиснення виявляється в реакції коли час варіюється від 10 до 60 хв, а від 60 до 180 хв ступінь окиснення збільшується лише з 48,5 % до 50,2 % (за присутності каталізатора). Данна тенденція пояснюється тим, що на початку реакції концентрація окиснювача вища і окиснення відбувається легше. По мірі проведення реакції окиснювач витрачається, що призводить до зниження ефективності реакції. Доведено, що оптимальний час реакції – 60 хв.

3.1.2. Вивчення сорбційних властивостей різних форм желатину

Під час визначення оптичної густини розчину в контрольному варіанті порівняння вели із дистильованою водою. Значення D для контролю становило 0,059 (табл. 3.3).

Виявлено загальну закономірність, що з підвищенням маси желатину в суміші оптична густина фільтрату знижується. За використання 1,0 г порошку желатину на 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂ (I дослідний варіант) значення D, у порівнянні із контролем було, вищим у 2,0 рази. У порівнянні з оптичною густиною 0,005 % розчину вітаміну В₂, показник із I дослідного варіанта був нижчим в 1,96 рази (p < 0,01).

Таблиця 3.3 – Показники сорбційних властивостей желатину, M±m, n=5

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, см ³
0,005 % розчин віт. В ₂	0,234±0,0108	24,3±0,23
Контрольний	0,059±0,0023	1,0±0,07
I дослідний	0,119±0,0086** ¹	11,5±0,11*** ²
II дослідний	0,104±0,0054*** ¹	7,7±0,20*** ²
III дослідний	0,096±0,0043*** ¹	4,7±0,08*** ²
IV дослідний	0,075±0,0032*** ¹	1,6±0,10* ²

Примітка. **¹ і ***¹ – вірогідність відмінностей у значеннях показників екстинції 0,005 % розчину віт. В₂ із дослідними варіантами – (p < 0,01) і (p < 0,001);

*² та ***² – (p < 0,05) та (p < 0,001) у порівнянні з контролем.

Підвищення вмісту желатину в розчині до 1,5 г дало змогу отримати показник оптичної густини фільтрату вищий на 76,2 % у порівнянні з контролем і нижчий у 2,2 рази відносно показника D 0,005 % розчину вітаміну В₂ (p < 0,001).

За використання 2,0 г желатину оптична густина фільтрату із III дослідного варіанта зменшується у 2,4 рази, порівнюючи з показником 0,005 % розчину вітаміну В₂ (p < 0,001).

Найменшу оптичну густина фільтрату було виявлено у IV дослідному варіанті. Показник був меншим, у порівнянні з D 0,005 % розчину вітаміну В₂, у 3,1 рази.

Виявлено також, що з підвищенням маси желатину в розчині об'єм фільтрату знижується. Застосування за контрольного варіанта 2,5 г желатину

дало змогу отримати лише 1,0 см³ фільтрату. За використання 1,0; 1,5 та 2,0 г носія об'єм фільтрату підвищується в 11,5; 7,7 та 4,7 рази ($p < 0,001$).

За контрольного варіанта показник оптичної густини був на рівні 0,032. Різниця із показниками дистильованої води обумовлюється наявністю розчинного крохмалю (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Показники сорбційних властивостей крохмалю водорозчинного, $M \pm m$, $n=5$

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, см ³
0,005 % розчин віт. В ₂	0,235±0,0097	24,4±0,11
Контрольний	0,032±0,0012	20,6±0,12
I дослідний	0,220±0,0065	23,8±0,09*** ²
II дослідний	0,208±0,0043	23,4±0,21*** ²
III дослідний	0,196±0,0027* ¹	22,5±0,20** ²
IV дослідний	0,183±0,0037** ¹	20,3±0,23

Примітка. *¹ і **¹ – вірогідність відмінностей у значеннях оптичної густини 0,005 % розчину віт. В₂ із дослідними варіантами – ($p < 0,05$) і ($p < 0,01$);

² та *² – ($p < 0,01$) та ($p < 0,001$) у порівнянні з контролем.

Використання 1,0 та 1,5 г водорозчинного крохмалю (I і II дослідні варіанти) не вплинуло на зниження оптичної густини, у порівнянні з показником D 0,005 % розчину вітаміну В₂. У III дослідному варіанті виявлено зниження оптичної густини на 16,6 % ($p < 0,05$). Статистично знизилась оптична густина розчину за використання 2,5 г крохмалю. Різниця із показником D 0,005 % розчину вітаміну В₂ становила 22,1 %.

Об'єм фільтрату із I, II та III дослідних варіантів був більшим ($p < 0,01$) та ($p < 0,001$) у порівнянні з контролем, де до дистильованої води додавали 2,5 г розчинного крохмалю.

Порівнюючи показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,5; 2,0 та 2,5 г желатину та показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,5; 2,0 та 2,5 г

розчинного крохмалю виявлено, що значення D за використання желатину було, відповідно, меншим у 2,0; 2,04 та 2,44 раза.

Отже, виявлено, що желатин володіє більшими сорбційними властивостями, у порівнянні з розчинним крохмалем.

Було також проведено порівняльне дослідження сорбційних властивостей нативного та модифікованого желатину.

Вивчаючи оптичну густину розчинів із контрольних варіантів, вимірювання проводили проти дистильованої води. Оптична густина була на рівні 0,052 (табл. 3.5).

Експериментально встановлено, що за збільшення маси нативного желатину в суміші оптична густина фільтрату знижується. Застосовуючи 1,0 г нативного желатину в I дослідному варіанті, оптична густина фільтрату була меншою в 1,98 раза ($p < 0,01$), порівнюючи із значенням D 0,005 % розчину вітаміну B_2 . У порівнянні з контролем, показник екстинції був вищим у 2,3 раза.

Таблиця 3.5 – Інтенсивність забарвлення та об'єм фільтрату за використання нативної форми желатину, $M \pm m$, $n=5$

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, cm^3
0,005 % розчин віт. B_2	$0,238 \pm 0,0146$	$24,0 \pm 0,45$
Контрольний	$0,052 \pm 0,0054$	$1,2 \pm 0,09$
I дослідний	$0,120 \pm 0,0103^{**1}$	$11,7 \pm 0,23^{***2}$
II дослідний	$0,106 \pm 0,0099^{***1}$	$7,9 \pm 0,35^{***2}$
III дослідний	$0,099 \pm 0,0057^{***1}$	$4,8 \pm 0,33^{***2}$
IV дослідний	$0,077 \pm 0,0097^{***1}$	$2,0 \pm 0,40$

Примітка. $**^1$ і $***^1$ – вірогідність відмінностей у значеннях показників екстинції 0,005 % розчину віт. B_2 із дослідними варіантами – ($p < 0,01$) і ($p < 0,001$);

$***^2$ – ($p < 0,001$) у порівнянні з контролем.

За наявності у суміші 1,5 г нативного желатину оптична густина фільтрату знизилась у 2,24 раза, у порівнянні з величиною D 0,005 % розчину вітаміну B_2 ($p < 0,001$).

Використання 2,0 г нативного желатину спричиняє зменшення оптичної густини фільтрату із III дослідного варіанта у 2,4 раза, порівнюючи з даними, отриманими із 0,005 % розчином вітаміну B₂ (p<0,001).

Доведено, що за використання 2,5 г нативного желатину оптична густина фільтрату була найменшою. Показник був нижчим, ніж у 0,005 % розчину вітаміну B₂ у 3,09 раза.

Виявлено, що із збільшенням маси нативного желатину в суміші об'єм фільтрату знижується. За контрольного варіанта об'єм фільтрату становив 1,2 см³. За використання 1,0; 1,5 та 2,0 г желатину об'єм фільтрату збільшується у 9,75; 6,58 та 4,0 рази.

Використання різних доз модифікованого желатину по-різному впливає на показники оптичної густини фільтрату. У контролі показник був на рівні 0,054 (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Інтенсивність забарвлення та об'єм фільтрату за використання модифікованого желатину, M±m, n=5

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, см ³
0,005 % розчин віт. B ₂	0,237±0,0205	24,1±0,77
Контрольний	0,054±0,0042	4,1±0,05
I дослідний	0,114±0,0198** ¹	15,3±0,96*** ²
II дослідний	0,095±0,0075** ¹	10,3±0,84** ²
III дослідний	0,081±0,0093** ¹	7,9±0,79** ²
IV дослідний	0,061±0,0077** ¹	5,1±0,96

Примітка. **¹ – вірогідність відмінностей у значеннях оптичної густини 0,005 % розчину віт. B₂ із дослідними варіантами – (p<0,01);

² та *² – (p<0,01) та (p<0,001) у порівнянні з контролем.

За I і II дослідних варіантів оптична густина фільтратів була нижчою, ніж у 0,005 % розчину вітаміну B₂, у 2,07 та 2,49 раза відповідно. Використання 2,0 г модифікованого желатину (III дослідний варіант) супроводжувалося зниженням показника D у 2,92 раза, порівнюючи з оптичною густиною 0,005 % розчину вітаміну B₂.

Статистично зменшилась оптична густина фільтрату, де застосовували 2,5 г модифікованого желатину. Різниця із показником D 0,005 % розчину вітаміну B_2 була у 3,88 раза.

Встановлено, що об'єм фільтрату залежав від маси модифікованого желатину та вмісту в ньому вітаміну B_2 . Об'єм фільтрату розчину самого вітаміну B_2 був на рівні 24,1 см³.

Об'єм фільтрату із I, II та III дослідних варіантів був більшим ($p < 0,01$) та ($p < 0,001$), у порівнянні з контролем, де до дистильованої води додавали 2,5 г модифікованого желатину, відповідно, у 3,7; 2,5 та 1,9 раза.

Виявлено, що оптична густина розчинів де застосовували 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 г нативного желатину була більшою, ніж у розчинах вітаміну B_2 , які змішували із 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 г модифікованого желатину, відповідно, на 5,2; 11,5; 22,2 та 26,2 %.

Крім того, виявлено, що модифікований желатин має нижчу гелеутворюючу здатність, що підтверджується більшими об'ємами фільтрату.

Отже, встановлено, що модифікований желатин має вищі сорбційні властивості, у порівнянні з його нативною формою.

3.1.3. Вивчення сорбційних властивостей різних форм пектину

Порівнюючи оптичну густина розчинів із контрольного варіанта з дистильованою водою було встановлено, що значення D становило 0,059 (табл. 3.7).

Із додаванням більшої кількості пектину оптична густина фільтрату знижується. За використання 0,5 г нативного пектину оптична густина фільтрату, відносно контролю, була вищою у 2,05 раза. Порівнюючи із значенням D 0,005 % розчину вітаміну B_2 , оптична густина фільтратів із I дослідного варіанта була нижчою у 2,0 рази.

Таблиця 3.7 – Показники сорбційних властивостей пектину, $M \pm m$, $n=5$

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, см ³
0,005 % розчин віт. В ₂	0,243±0,0157	24,1±0,09
Контрольний	0,059±0,0035	8,1±0,267
I дослідний	0,121±0,0095**	21,7±0,87*** ²
II дослідний	0,103±0,0043***	13,7±0,39*** ²
III дослідний	0,094±0,0032***	10,5±0,24*** ²
IV дослідний	0,077±0,0031***	8,6±0,345

Примітка. **¹ і ***¹ – вірогідність відмінностей у значеннях показників екстинції 0,005 % розчину віт. В₂ із дослідними варіантами – (p<0,01) і (p<0,001);

² та *² – (p<0,01) та (p<0,001) у порівнянні з контролем.

Застосування 1,0 г пектину (II дослідний варіант) супроводжувалося зниженням оптичної густини фільтрату, у порівнянні із значенням D 0,005 % розчину вітаміну В₂, у 2,36 раза. Виявлено також зменшення оптичної густини фільтрату із III дослідного варіанта у 2,58 раза (p<0,001), порівняно із показником 0,005 % розчину вітаміну В₂.

Підвищення вмісту пектину в розчині до 2,0 г (IV дослідний варіант) дало змогу отримати показник оптичної густини фільтрату вищий на 30,5 % у порівнянні з контролем і нижчий у 3,15 раза відносно показника D 0,005 % розчину вітаміну В₂ (p<0,001).

Експериментально доведено, що із збільшенням маси пектину в суміші об'єм фільтрату знижується. Застосування за контролю 2,0 г пектину дає змогу отримати 8,1 см³ фільтрату. За дії 0,5; 1,0 та 1,5 г пектину об'єм фільтрату підвищується у 2,6; 1,7 раза (p<0,001) та на 29,6 % (p<0,01).

За змішування крохмалю із дистильованою водою (контрольний варіант) показник оптичної густини (D) був на рівні 0,036. Підвищення оптичної густини фільтрату відносно дистильованої води можливо пояснити вмістом розчинного крохмалю (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Показники сорбційних властивостей крохмалю водорозчинного, $M \pm m$, n=5

Варіант	Оптична густина, (D)	Об'єм фільтрату, см ³
0,005 % розчин віт. В ₂	0,239±0,0073	24,2±0,17
Контрольний	0,036±0,0009	21,1±0,23
I дослідний	0,226±0,0034	23,2±0,12**
II дослідний	0,216±0,0043*	22,9±0,31*
III дослідний	0,201±0,0012**	22,0±0,23*
IV дослідний	0,191±0,0023**	21,0±0,16

Примітка. *¹ і **¹ – вірогідність відмінностей у значеннях оптичної густини 0,005 % розчину віт. В₂ із дослідними варіантами – (p<0,05) і (p<0,01);

*² та **² – (p<0,05) та (p<0,01) у порівнянні з контролем.

Застосування 0,5 г крохмалю (I дослідний варіант) не вплинуло на статистичне зниження оптичної густини фільтрату. Різниця із показником D 0,005 % розчину вітаміну В₂ становила 5,4 %. За додавання 1,0 г крохмалю оптична густина фільтрату знизилась на статистичну величину, у порівнянні з аналогічним показником розчину вітаміну. Різниця становила 9,6 %.

У III дослідному варіанті встановлено зниження оптичної густини фільтрату відносно D 0,005 % розчину вітаміну В₂ на 15,9 % (p<0,01). Використання 2,0 г крохмалю супроводжувалося статистичним зниженням оптичної густини фільтрату. Показник був нижчим, ніж у 0,005 % розчину вітаміну В₂, на 20,1 %.

Найбільший об'єм фільтрату був у варіанті, де застосовували лише 0,5 г крохмалю. Різниця із контролем була на рівні 9,9 % (p<0,01). Застосування 1,0 та 1,5 г крохмалю теж супроводжувалося підвищенням об'єму фільтрату у II та III дослідних варіантах. Об'єм фільтрату у IV дослідному варіанті майже не різнився від контролю.

Порівнюючи дані оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,0; 1,5 та 2,0 г пектину та показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,0; 1,5 та 2,0 г розчинного крохмалю виявлено, що показники D за використання пектину були, відповідно, меншими у 2,09; 2,13 та 2,48 раз.

Отже, експериментально доведено, що нативний пектин володіє вищими сорбційними властивостями, у порівнянні із розчинним крохмалем.

Порівнювали сорбційні показники нативного та модифікованого пектину. Експериментально встановлено, що оптична густина розчинів із контрольних варіантів проти дистильованої води була на рівні 0,063 (табл. 3.9).

Виявлено, що за збільшення ваги нативного пектину в робочій суспензії оптична густина фільтрату знижується. Використання 0,5 г нативного пектину спричиняло зменшення оптичної густини фільтрату в 1,88 раза ($p < 0,01$), порівнюючи із значенням D 0,005 % розчину вітаміну B₂. Порівнюючи з контролем, показник екстинції був вищим у 2,0 рази.

Таблиця 3.9 – Інтенсивність забарвлення фільтрату за використання нативної форми пектину, $M \pm m$, $n=5$

Варіант	Оптична густина, (D)
0,005 % розчин віт. B ₂	0,240±0,0133
Контрольний	0,063±0,0043
I дослідний	0,127±0,097**
II дослідний	0,112±0,0087***
III дослідний	0,105±0,0043***
IV дослідний	0,089±0,0065***

Примітка. ** і *** – вірогідність відмінностей у значеннях показників екстинції 0,005 % розчину віт. B₂ із дослідними варіантами – ($p < 0,01$) і ($p < 0,001$).

Досліджуючи 1,0 г нативного пектину, оптична густина фільтрату була меншою, ніж у I дослідному варіанті, на 11,8 %. Відносно оптичної густини 0,005 % розчину вітаміну B₂ показник був меншим у 2,1 раза ($p < 0,001$).

Використання 1,5 г нативного пектину зумовлювало те, що оптична густина фільтрату із III дослідного варіанта зменшується у 2,28 раза, порівнюючи з даними, отриманими із 0,005 % розчином вітаміну B₂ ($p < 0,001$).

За дози нативного пектину 2,0 г оптична густина була нижчою, ніж у I, II та III дослідних варіантах. Порівнюючи із 0,005 % розчином вітаміну B₂, показник D був меншим у 2,7 раза.

Підвищення доз модифікованого пектину в середовищі вітаміну B₂ зумовлювало зниження оптичної густини фільтратів. У контролі показник був на рівні 0,057 (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – **Інтенсивність забарвлення фільтрату за використання модифікованого пектину, $M \pm m$, n=5**

Варіант	Оптична густина, (D)
0,005 % розчин віт. B ₂	0,241±0,0177
Контрольний	0,057±0,0027
I дослідний	0,117±0,093**
II дослідний	0,100±0,0065***
III дослідний	0,087±0,0035***
IV дослідний	0,065±0,0059***

Примітка. ** – вірогідність відмінностей у значеннях оптичної густини 0,005 % розчину віт. B₂ із дослідними варіантами – (p<0,01).

За I і II дослідних варіантів оптична густина фільтратів була нижчою, ніж за аналогічних доз нативного пектину. Порівнюючи оптичну густина розчинів із I і II дослідних варіантів із показником 0,005 % розчину вітаміну B₂ встановлено, що D було нижчим, відповідно, у 2,05 та 2,41 раза.

Статистично зменшилась оптична густина фільтрату, де застосовували 1,5 та 2,0 г модифікованого пектину. Різниця із показником D 0,005 % розчину вітаміну B₂ була, відповідно, у 2,77 та 3,70 раза.

Виявлено, що оптична густина розчинів, де використовували 0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 г нативного пектину була більшою, ніж у розчинах вітаміну B₂, які змішували із 0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 г модифікованого пектину, відповідно, на 8,5; 12,0; 20,7 та 36,9 %.

Отже, доведено, що модифікований пектин має вищі сорбційні властивості, у порівнянні з його нативною формою.

Основні результати досліджень, опубліковані у цьому розділі, викладені у працях [42, 43, 44, 45].

3.2. Вивчення нешкідливості та токсичності модифікованих носіїв

3.2.1. Дослідження нешкідливості модифікованого желатину

Дослідження нешкідливості проводили на лінійних мишах, відібраних у групи, згідно зі встановленими вимогами. Суспензію модифікованого желатину вводили тваринам внутрішньошлунково.

За 10- добового спостереження як у контрольній, так і дослідних групах загибелі мишей не було встановлено. Протягом перших 2–4 годин тварини із I і II дослідних груп, яким вводили 5,0 та 10,0 % розчин модифікованого желатину, проявляли пригніченість. Однак з часом миші відновили свою рухливість, реагували на зовнішні подразники (шум, світло, дотик), постійно споживали корм і пили воду. Розладів травлення у шлунково-кишковому каналі мишей із дослідних груп не спостерігалось.

Під час розтину тушок і здійснення патолого-анатомічних досліджень встановлено, що стан внутрішніх органів дослідних мишей нічим не різнився від стану внутрішніх органів тварин контрольної групи.

За змінами кількості HS-груп білків і ензимів у організмі дослідних тварин можна зробити висновок про токсичність та нешкідливість харчових продуктів. Тіольні групи в організмі тварин задіяні у багатьох біохімічних реакціях і фізіологічних процесах [8].

Для глибокого аналізу нешкідливої дії досліджуваної харчової добавки визначали не лише вміст загальних сульфогідрильних груп, а й вміст білкових та низькомолекулярних HS-груп (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Концентрація HS-груп у печінці мишей, $M \pm m$, $n=5$

Група	Вміст сульфогідрильних груп, мкг/г тканини		
	загальні	білкові	вільні
Контрольна	870,1±34,65	796,5±53,22	73,6±9,17

I дослідна	887,9±26,45	802,3±21,74	85,6±6,45
II дослідна	881,7±32,17	789,2±25,43	92,5±8,95

Вміст загальних тіольних груп у печінці мишей контрольної групи був на рівні 870,1 мкг/г. Введення тваринам I дослідної групи 0,25 мл 5,0 % розчину модифікованого желатину не вплинуло на зменшення вмісту HS-груп. Вміст цих сполук був на 2,0 % більшим, ніж у печінці мишей контрольної групи. Застосування більш концентрованого розчину харчової добавки (II дослідна група) теж не вплинуло на зміну вмісту загальних сульфогідрильних груп. Різниця була в межах похибки. Дані переважали показники контролю на 1,3 %.

Не виявлено суттєвих відхилень вмісту білкових HS-груп у печінці мишей контрольної та дослідних груп. Різниця у сульфогідрильних групах була в межах похибки.

За використання 5,0 і 10,0 % розчину модифікованого желатину (I і II дослідні групи) вміст низькомолекулярних HS-груп у печінці мишей був вищим, ніж у контролі, відповідно, на 11,6 та 12,5 %, однак різниця була не статистичною. Підвищення вільних сульфогідрильних груп може бути зумовлене тим, що желатин модифікований є білковим продуктом, у якому знаходиться певна кількість метіоніну, цистину та цистеїну, якими збагатилась печінка дослідних тварин, що впливає на цей показник.

Отже, експериментально встановили, що надмірне внутрішньошлункове введення модифікованого желатину не спричиняє блокування сульфогідрильних груп білків та ензимів у печінці дослідних тварин.

Як видно з таблиці 3.12, активність лужної фосфатази в печінці мишей контрольної групи становила 2,83 нмоль/г/с.

Таблиця 3.12 – Активність лужної фосфатази в печінці мишей за різних доз модифікованого желатину, $M \pm m$, $n=5$

Група	Активність нмоль/г/с
Контрольна	2,83±0,124
I дослідна	2,91±0,087
II дослідна	3,01±0,206

Експериментально доведено, що застосування розчинів модифікованого желатину не зумовлює змін в активності лужної фосфатази в печінці мишей I і II дослідних груп. Різниця у показниках між групами була в межах похибки.

Вивчаючи деякі показники білкового обміну в печінці мишей було встановлено, що вміст загального білка у тварин дослідних груп статистично не різнився від показника контролю. Підвищення вмісту білка у мишей II дослідної групи було в межах похибки (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Деякі показники білкового обміну в печінці мишей за дії модифікованого желатину, $M \pm m$, $n=5$

Група	Активність АсАТ, мкмоль/год/г	Активність АлАТ, мкмоль/год/г	Масова частка загального білка, г/кг
Контрольна	11,3±0,56	15,1±0,73	39,3±1,38
I дослідна	12,4±0,56	15,9±0,59	40,4±3,03
II дослідна	12,9±0,63	16,4±1,03	42,3±1,97

Активність амінотрансфераз у печінці дослідних і контрольних тварин була в межах фізіологічної норми і статистичних відхилень між показниками не було встановлено. Отже, доведено, що підвищені дози модифікованого желатину не мають негативного впливу на показники білкового обміну в організмі мишей.

3.2.2. Вивчення нешкідливості модифікованого пектину

Нешкідливість модифікованого пектину визначали на лінійних мишах 58-добового віку, масою тіла 18–19 г. Досліджувані розчини пектину та фізрозчин мишам вводили внутрішньошлунково за допомогою металевого зонда. Спостереження за дослідними тваринами проводили протягом 10 діб. По завершенні досліду мишей після наркозу забивали, виконували розтин і проводили патолого-анатомічні дослідження.

Спостереження протягом декади за дослідними мишами показало, що загибелі тварин в усіх групах не відмічалось. Виявлено, що у мишей II дослідної групи протягом перших 4–7 годин після введення суспензії модифікованого пектину проявлялось загальне пригнічення. У 80,0 % мишей цієї дослідної групи спостерігався розлад функції шлунково-кишкового каналу протягом 24 годин. З часом миші відновили активну рухливість, добре реагували на зовнішні чинники (звуки, світло, дотики), регулярно споживали корм і пили воду вволю.

У мишей I дослідної групи було виявлено лише відсутність апетиту протягом 5–8 годин. За патолого-анатомічних досліджень внутрішніх органів тварин виявлено, що язик, стравохід, шлунок та кишківник мишей із дослідних груп не різнились від органів травлення мишей контрольної групи. Аналогічно не було виявлено ніяких морфологічних змін на серці, печінці, нирках, селезінці та легенях тварин I та II дослідних груп.

Маркерними біохімічними показниками білкового обміну в організмі тварин є активність трансаміназ і вміст загального білка в тканинах і біологічних рідинах. Виявлено, що активність аспартатамінотрансферази у печінці білих мишей контрольної групи була на рівні 12,2 мкмоль/год/г.

Активність аспартатамінотрансферази у тварин I дослідної групи не мала статистичної різниці, у порівнянні показниками контролю. Підвищення активності ензиму в печінці мишей II дослідної групи на 2,4 % не мало статистичного значення (табл 3.14).

Таблиця 3.14 – Показники білкового обміну в печінці мишей за дії модифікованого пектину, $M \pm m$, $n=5$

Група	Активність АсАТ, мкмоль/год/г	Активність АлАТ, мкмоль/год/г	Масова частка загального білка, г/кг
Контрольна	12,2±0,46	16,4±0,87	42,5±2,45
I дослідна	11,9±0,87	16,0±0,95	41,8±3,76
II дослідна	12,5±0,69	17,0±1,12	43,0±2,77

Активність аланінамінотрансферази (АлАт) у печінці лабораторних тварин контрольної групи становила 16,4 мкмоль/год/г. Активність АлАт у печінці мишей I і II дослідних груп істотно не різнилась від показників контролю. Різниця між показниками була в межах похибки.

Вміст білка в печінці дослідних тварин був на рівні 41,8–43,0 %. Показники тварин дослідних груп не мали статистичної різниці із вмістом білка у печінці мишей контрольної групи. Отже, встановлено, що введення тваринам внутрішньошлунково по 0,3 мл 5,0 та 10,0 % суспензії модифікованого пектину не впливає на порушення білкового обміну в печінці лабораторних мишей.

Уміст глюкози у сироватці крові мишей контрольної групи був на рівні 3,19 ммоль/л, що відповідало фізіологічним нормам для ссавців. За введення тваринам 0,3 см³ 5,0 % суспензії модифікованого пектину (I дослідна група) вміст глюкози у сироватці крові був вищим на 8,1 %, однак різниця не була статистично значущою. Підвищення вмісту глюкози у крові мишей, яким вводили 0,3 см³ 10,0 % суспензії модифікованого пектину, не було статистичним (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Показники вуглеводневого обміну в сироватці крові мишей за впливу модифікованого пектину, $M \pm m$, $n=5$

Група	Вміст глюкози,	Вміст	Вміст молочної
-------	----------------	-------	----------------

	ммоль/л	піровиноградної кислоти, ммоль/л	кислоти, ммоль/л
Контрольна	3,19±0,37	0,081±0,0043	1,02±0,164
I дослідна	3,45±0,43	0,079±0,0027	0,97±0,172
II дослідна	4,01±0,29	0,085±0,0018	1,13±0,097

У мишей контрольної групи вміст піровиноградної кислоти у сироватці крові був на рівні 0,081 ммоль/л. На одинадцять добу після застосування 5,0 % суспензії модифікованого пектину не виявлено зміни вмісту піровиноградної кислоти в організмі мишей. Показник був меншим, ніж у контролі, лише на 2,4 %. Різниця була в межах похибки. Введення 10,0 % суспензії модифікованого пектину також не вплинуло на статистичне підвищення піровиноградної кислоти у сироватці крові лабораторних тварин.

За дії фізіологічного розчину (контрольна група мишей) вміст молочної кислоти у сироватці крові тварин був у межах фізіологічної норми і становив 1,02 ммоль/л. Використання як 5,0 так і 10,0 % суспензії досліджуваного чинника на кінець експерименту не мало статистичного впливу на збільшення або зменшення молочної кислоти у сироватці крові дослідних мишей. Різниця з контролем була в межах похибки.

Отже, одноразове введення мишам підвищених доз модифікованого пектину не має негативного впливу на вміст глюкози, піровиноградної кислоти та молочної кислоти у сироватці крові тварин.

Глікоген відноситься до поліцукрів, який в організмі тварин і людини є запасним джерелом енергії. У печінці мишей контрольної групи вміст глікогену становив 3,16 % від маси. За використання 5,0 % суспензії модифікованого пектину вміст глікогену був вищим у печінці тварин із I дослідної групи на 1,5 %. Різниця не була статистично значущою (табл. 3.16).

Таблиця 3.16 – Показники вмісту глікогену в печінці мишей, $M \pm m$, $n=5$

Група	Вміст глікогену, г/кг
Контрольна	31,6±0,98
I дослідна	32,1±1,08
II дослідна	33,1±1,68

Введення 10,0 % суспензії модифікованого пектину не спричиняло статистичного зростання вмісту глікогену в печінці мишей на одинадцять добу. Отже, одноразове введення 5,0 та 10,0 % суспензій модифікованого пектину не спричиняє порушень вуглеводного обміну в організмі мишей.

3.2.3. Встановлення нешкідливості модифікованого крохмалю

Нешкідливість модифікованого крохмалю визначали на білих мишах за його одноразового введення у шлунок.

За безперервного спостереження протягом перших 24 годин після введення їм модифікованого крохмалю лабораторні тварини контрольної групи мали сталу поведінку. Періодично поїдали комбікорм та пили воду. Миші I дослідної групи мали аналогічну поведінку, що й у контролі. Тварини на дотик, світло, шум та вібрації реагували адекватно.

Встановлено, що миші II дослідної групи протягом перших 3–4 годин після внутрішньошлункового введення модифікованого крохмалю не підходили до корму і води. У цей період на зовнішні подразники реагували. У 33,3 % тварин було виявлено розлад шлунково-кишкового тракту. На п'яту годину спостереження миші відновили споживання корму та води.

Із другої до десятої доби у тварин контрольної, I та II дослідних груп порушень апетиту, відмови від води та неприродних рухів не спостерігалось. Збереженість мишей на кінець дослідження по групах становила 100,0 %. За патолого-анатомічних досліджень системи травлення мишей виявлено, що за розмірами, станом та кольором слизових оболонок стравохід, шлунок, тонкий та товстий відділи кишківника тварин дослідних груп нічим не різнилися з показниками контролю. Паренхіматозні органи мишей I та II

дослідних груп за морфологічними ознаками були аналогічними, що у тварин контрольної групи.

Отже, одноразові підвищені дози модифікованого крохмалю є нешкідливими для лабораторних тварин, що підтверджується відсутністю захворювання, загибелі мишей та відсутністю морфологічних змін їх внутрішніх органів.

Враховуючи, що токсичні речовини, потрапляючи в організм, порушують метаболічний процес у клітинах і тканинах тварин, було проведено дослідження впливу внутрішньошлункового введення модифікованого крохмалю на білковий обмін у організмі мишей.

Уміст загального білка у печінці мишей контрольної групи був на рівні 67,2 г/кг. У мишей, яким одноразово вводили 0,3 см³ 10,0 % розчину модифікованого крохмалю вміст білка у печінці був вищим, у порівнянні з контролем, на 5,9 %, однак різниця була не статистичною. За вмістом загального білка не виявлено статистичної різниці з контролем у тварин I дослідної групи (табл. 3.17).

Активність аспаратамінотрансферази (АсАт) у печінці лабораторних тварин контрольної групи була в межах 10,3 мкмоль/год/г. Введення 0,3 см³ 5,0 % розчину модифікованого крохмалю не впливало на статистичне зниження активності АсАт у мишей відносно контролю. Різниця була в межах похибки. Активність ензиму в печінці тварин II дослідної групи теж статистично не різнилася від цього показника у мишей контрольної групи.

Таблиця 3.17 – Деякі показники білкового обміну в печінці лабораторних тварин, $M \pm m$, n=6

Група	Вміст загального білка, г/кг	Активність ензиму АсАТ, мкмоль/год/г	Активність ензиму АЛАТ, мкмоль/год/г
Контрольна	67,2±4,67	10,3±0,72	14,2±0,53
I дослідна	70,3±3,34	9,8±0,53	13,7±0,42

II дослідна	71,2±4,12	11,1±0,47	13,2±0,49
-------------	-----------	-----------	-----------

У печінці мишей контрольної групи активність ензиму аланінамінотрансферази (АлАт) становила 14,2 мкмоль/год/г. На одинадцять добу після введення досліджуваних чинників не встановлено впливу модифікованого крохмалю на статистичну зміну активності АлАт у печінці тварин дослідних груп.

Ще одним показником білкового обміну у тваринному організмі є вміст сечовини. Сечовина є кінцевим продуктом розпаду білка. Вміст сечовини визначали у крові дослідних тварин. У мишей контрольної групи вміст сечовини у крові був на рівні 4,3 ммоль/л. Зростання вмісту сечовини у крові мишей I дослідної групи було в межах похибки відносно контролю. Введення лабораторним тваринам 0,3 см³ 10,0 % розчину модифікованого крохмалю не супроводжувалось статистичним зниженням катаболізму білка і накопичення сечовини у крові (табл. 3.18).

Таблиця 3.18 – Біохімічні показники крові мишей, M±m, n=6

Група	Уміст гемоглобіну, г/л	Уміст сечовини у крові, ммоль/л
Контрольна	121,1±3,46	4,3±0,45
I дослідна	124,2±5,17	4,7±0,36
II дослідна	119,3±4,27	4,0±0,83

Вміст гемоглобіну у крові мишей контрольної та дослідних груп був у межах фізіологічної норми. Статистичних відхилень цього показника між групами не виявлено.

Отже, експериментально доведено, що введення мишам внутрішньошлунково по 0,3 см³ 5,0 та 10,0 % розчину модифікованого крохмалю не має негативної дії на метаболічні (анаболізм, катаболізм) процеси, пов'язані з білком та вмістом гемоглобіну в організмі тварин.

Встановлено, що у крові мишей, яким не вводили модифікований крохмаль (контроль), вміст глюкози був на рівні 4,1 ммоль/л. Введення мишам 0,3 см³ 5,0 % розчину модифікованого крохмалю (І дослідна група) не спричиняло статистичного підвищення вмісту глюкози у сироватці крові тварин. Різниця з контролем становила 2,4 %. Зниження вмісту глюкози у сироватці крові лабораторних мишей, яким вводили по 0,3 см³ 10,0 % розчину модифікованого крохмалю, на 4,8 % було в межах похибки. Уміст глюкози у тварин контрольної та дослідної групи був у межах фізіологічної норми (табл. 3.19).

Таблиця 3.19 – Показники вуглеводневого обміну у сироватці крові мишей за дії модифікованого крохмалю $M \pm m$, $n=6$

Група	Вміст речовини		
	глюкоза, ммоль/л	молочна кислота, ммоль/л	піровиноградна кислота, ммоль/л
Контрольна	4,1±0,28	1,41±0,134	0,076±0,0086
І дослідна	4,2±0,33	1,29±0,231	0,083±0,0054
II дослідна	3,9±0,18	1,52±0,143	0,090±0,0079

У сироватці крові лабораторних тварин контрольної групи вміст молочної кислоти становив 1,41 ммоль/л. Введення мишам 5,0 % розчину модифікованого крохмалю не супроводжувалось статистичним зниженням молочної кислоти у сироватці крові. Вміст молочної кислоти у сироватці крові мишей, яким вводили по 0,3 см³ 10,0 % розчину модифікованого пектину, був у межах фізіологічної норми і суттєво не різнився від показників контролю.

Дослідження вмісту піровиноградної кислоти у сироватці крові довело, що у мишей контрольної групи цей показник був на рівні 0,076 ммоль/л. Введення лабораторним тваринам I дослідної групи розчину модифікованого крохмалю спричинило зростання вмісту піровиноградної кислоти у сироватці крові. Різниця була в межах похибки. Зростання вмісту піровиноградної

кислоти у мишей, яким вводили 10,0 % розчин модифікованого крохмалю, не було статистичним.

Отже, введення лабораторним тваринам підвищених доз модифікованого крохмалю негативно не впливало на показники вуглеводного обміну в сироватці крові.

За вмістом глікогену в печінці можна робити висновок про анаболічні і катаболічні процеси вуглеводного обміну в організмі тварини. У лабораторних мишей, яким вводили лише фізіологічний розчин, вміст глікогену в печінці відповідав фізіологічним нормам і становив 42,3 г/кг. У печінці тварин I дослідної групи вміст глікогену був меншим, ніж у контролі, на 6,1 %, однак різниця не була статистичною (табл. 3.20).

Таблиця 3.20 – Вміст глікогену в печінці мишей, $M \pm m$, $n=6$

Група	г/кг
Контрольна	42,3±3,76
I дослідна	39,7±2,78
II дослідна	40,1±3,56

За використання 0,3 см³ 10,0 % розчину модифікованого крохмалю не відмічали статистичного зменшення вмісту глікогену в печінці лабораторних тварин на кінець експерименту. Збільшення у розчині масової частки модифікованого крохмалю до 10,0 % не спричиняло суттєвого зниження вмісту глікогену в печінці мишей II дослідної групи. Різниця із даними контрольної групи була на рівні 5,2 %. Отже, за разового введення лабораторним мишам розчинів модифікованого крохмалю у їх організмі не відбувається порушення вуглеводного обміну.

3.2.4. Встановлення гострої токсичності модифікованого желатину

Визначення гострої токсичності модифікованого желатину проводили на білих мишах. Суспензію модифікованого желатину вводили тваринам внутрішньошлунково.

Під час 14-добового спостереження за лабораторними мишами було встановлено, що введення їм суспензії модифікованого желатину в дозах від 5 до 200 мг/кг маси тіла (перший дослід) не спричиняло загибелі тварин (DL₀). За дії досліджуваних доз тварини не змінювали своїх етологічних характеристик: миші вільно рухались, реагували на подразники, споживали корм і пили воду. Розладу функцій шлунково-кишкового каналу у тварин не спостерігали (табл. 3.21).

Таблиця 3.21 – Показники впливу малих доз модифікованого желатину на мишей

Кількість тварин у групі	Доза харчової добавки, мг/кг	Кількість загиблих тварин		
		всього	у %	середній час загибелі
3	5	0	0	0
3	50	0	0	0
3	100	0	0	0
3	200	0	0	0

За введення мишам суспензії модифікованого желатину в дозах від 1000 до 5000 мг/кг маси тіла не відмічали летальних випадків упродовж усього терміну спостереження. Внутрішньошлункове введення досліджуваної харчової добавки у дозах 1000–4000 мг/кг не мало негативної дії на поведінку мишей. У цих тварин не виявлено порушень апетиту, координацій руху. Клінічні ознаки залишались незмінними впродовж усього терміну експерименту. Проявлялась адекватна реакція на шум, світло та дотик. Не виявлено порушень системи травлення (табл. 3.22).

За дози модифікованого желатину 5000 мг/кг миші на деякий час відмовлялись від корму. Однак через 9–10 годин дослідні миші починали поїдати комбікорм.

Під час застосування найбільшої дози кормової добавки не було виявлено суттєвих порушень в поведінці та фізіологічних функціях білих

мишей. За умов перорального введення модифікованого желатину в дозі 5000 мг/кг маси тіла встановлено лише тимчасове пригнічення стану лабораторних тварин, що ймовірно пов'язано з потраплянням у шлунково-кишковий канал мишей великої маси харчової добавки. У цих тварин протягом першої доби експерименту виявлено незначні розлади шлунково-кишкового каналу.

Таблиця 3.22 – Показники токсичності високих доз модифікованого желатину

Кількість тварин у групі	Доза харчової добавки, мг/кг	Кількість загиблих тварин		
		всього	у %	середній час загибелі
6	1000	0	0	0
6	2000	0	0	0
6	3000	0	0	0
6	4000	0	0	0
6	5000	0	0	0

Отже, модифікований желатин належить до малотоксичних речовин – 4 клас за ГОСТ 12.1.007-76. Його DL_{50} за внутрішньошлункового введення лабораторним тваринам (білі миші) є більшою 5000 мг/кг.

Показники білкового обміну визначали у сироватці крові та печінці мишей, яким вводили високі дози модифікованого желатину. За введення модифікованого желатину в кількості 1000 мг/кг маси тіла вміст сечовини у крові мишей I дослідної групи був на рівні 3,3 ммоль/л. Застосування 2000 та 3000 мг модифікованого желатину на кілограм маси тіла спричиняло підвищення вмісту сечовини, порівняно з тваринами I дослідної групи, але різниця не була статистичною (табл. 3.23).

Таблиця 3.23 – Білковий обмін в організмі мишей за дії суспензії модифікованого желатину, $M \pm m$, $n=6$

Група	Уміст	Уміст	Вміст білка
-------	-------	-------	-------------

	сечовини у крові, ммоль/л	сечової кислоти у печінці, мкмоль/г	в печінці, г/кг	в сироватці крові, г/л
I дослідна	3,3±0,28	1,32±0,320	85,4±2,33	61,9±5,43
II дослідна	4,0±0,47	1,41±0,265	86,5±1,97	65,3±2,89
III дослідна	4,2±0,64	1,32±0,183	83,5±0,67	63,2±2,73
IV дослідна	3,8±0,28	1,19±0,209	87,0±3,25	59,7±5,34
V дослідна	3,7±0,17	1,57±0,176	85,9±4,11	58,3±3,85

Застосування високих доз харчової добавки у IV та V дослідних групах супроводжувалось тенденцією щодо підвищення вмісту сечовини у крові лабораторних мишей, у порівнянні з тваринами I дослідної групи.

Виявлено, що після введення мишам модифікованого желатину в кількості 1000 мг/кг маси тіла вміст сечової кислоти у печінці тварин був на рівні 1,32 мкмоль/г. Використання доз харчової добавки у кількості 2000 мг/кг супроводжувалось зростанням вмісту сечової кислоти у печінці мишей на 6,8 %. Найвищий вміст сечової кислоти було виявлено у печінці тварин V дослідної групи, однак різниця не була статистичною.

На п'ятнадцяту добу експерименту вміст загального білка у печінці мишей I дослідної групи був на рівні 85,4 г/кг. Не встановлено статистичного зменшення або збільшення вмісту загального білка у печінці тварин за використання модифікованого желатину у II–V дослідних групах. Масова частка білка у сироватці крові мишей, які одержували 1000 мг/кг маси тіла модифікованого желатину, становила 61,9 г/л. Збільшення дози досліджуваного чинника сприяло незначному зростанню вмісту білка у II та III і зниженню у IV та V дослідних групах, однак відхилення не було статистичним.

Про порушення білкового обміну в печінці тварин можна зробити висновок за активністю амінотрансфераз. Активність

аспартатамінотрансферази (АсАт) у печінці мишей (I дослідна група) становила 16,2 мкмоль/год/г. Цей показник не різнився від середньостатистичних даних щодо активності ензиму у фізіологічно здорових тварин (табл. 3.24).

Таблиця 3.24 – Показники активності амінотрансфераз у печінці мишей, $M \pm m$, $n=6$

Група	Активність АсАТ, мкмоль/год/г	Активність АлАТ, мкмоль/год/г
I дослідна	16,2±1,26	20,8±1,07
II дослідна	16,9±0,38	19,9±0,74
III дослідна	15,9±1,09	20,2±0,73
IV дослідна	16,6±0,57	20,7±1,24
V дослідна	15,8±0,68	21,0±1,05

Не виявлено суттєвих змін в активності АсАт у печінці мишей II дослідної групи, яким вводили 2000 мг/кг маси тіла модифікованого желатину. Різниця із даними у I дослідній групі була лише 4,3 %. Не виявлено статистичної різниці щодо активності АсАт і у печінці тварин III–V дослідних груп. Аналогічно не виявлено змін щодо активності аланінамінотрансферази у печінці білих мишей за дії модифікованого желатину.

Отже, на п'ятнадцяту добу після введення білим мишам високих доз модифікованого желатину не виявлено статистичних порушень білкового обміну в їх організмі.

3.2.5 Дослідження гострої токсичності модифікованого пектину

Для встановлення гострої токсичності проводили введення широкого діапазону доз модифікованого пектину внутрішньошлунково лабораторним білим мишам.

За введення низьких доз модифікованого пектину 50–500 мг/кг маси тіла впродовж 14 діб не було виявлено суттєвих етологічних змін та загибелі лабораторних тварин. У перші дві доби експерименту модифікований пектин не спричиняв пригнічення мишей. Останні після появи корму відразу його споживали. Рухи тварин були природними. Спостерігалась адекватна реакція на шум, світло та дотик. Не виявлено проявів діареї (табл. 3.25).

Застосування модифікованого пектину в дозах від 1000 до 3000 мг/кг маси тіла не спричиняло фізіологічних змін у лабораторних тварин. Миші поводити себе адекватно, пили воду, споживали комбікорм аналогічно тваринам I–III груп (доза пектину – 50–500 мг/кг маси тіла). Клінічні показники у тварин IV–VI груп за 14 діб спостережень не змінювались. Летальних випадків не було виявлено.

Зафіксовано, що у мишей VII та VIII груп (доза введення модифікованого пектину – 4000–5000 мг/кг маси тіла) протягом першої доби експерименту проявлявся розлад шлунково-кишкового каналу. Незважаючи на це, за 12–14 годин від введення харчової добавки тварини активно починали поїдати комбікорм і постійно пили воду. Тварини до активного поїдання корму мали загальмовані рухи, однак реагування на зовнішні подразники відмічалось у кожної особини. Протягом 14 діб миші за максимальних доз модифікованого пектину не гинули і мали стабільні фізіологічні показники.

Таблиця 3.25 – Вплив різних доз модифікованого пектину на лабораторних тварин, n=5

Група	Доза модифікованого пектину, мг/кг маси тіла	Кількість мишей, що загинули		
		всього	у %	середній час загибелі
I	50	0	0	0
II	100	0	0	0

III	500	0	0	0
IV	1000	0	0	0
V	2000	0	0	0
VI	3000	0	0	0
VII	4000	0	0	0
VIII	5000	0	0	0

Отже, під час досліджень гострої токсичності модифікованого пектину було доведено, що ця харчова добавка відноситься до малотоксичних сполук (4 клас згідно з ГОСТ 12.1.007). DL_{50} для модифікованого пектину на білих мишах є більшим 5000 мг/кг.

Також було проведено біохімічні дослідження за впливу внутрішньошлункового введення різних доз модифікованого пектину, зокрема визначали вміст глюкози у крові лабораторних мишей (табл. 3.26).

У тварин, яким вводили пектин у кількості 50 мг/кг маси тіла, вміст глюкози був на рівні 580,2 мг/л. Не встановлено статистичного зниження або підвищення вмісту глюкози у крові мишей, яким вводили низькі дози модифікованого пектину (100 та 500 мг/кг).

Таблиця 3.26 – Вміст глюкози у крові мишей, $M \pm m$, $n=5$

Група	Вміст глюкози, мг/л
I	580,2±24,64
II	576,2±33,54
III	584,4±41,23
IV	573,5±28,68
V	563,2±31,87
VI	559,8±45,02
VII	580,3±29,74
VIII	562,8±44,23

Вміст глюкози у крові мишей VII та VIII груп статистично не різнився від показників мишей, яким вводили малі і середні дози модифікованого пектину. Отже, встановлено, що на п'ятнадцяту добу після початку експерименту введення різних доз модифікованого пектину не впливає на вміст глюкози у крові мишей.

Не виявлено статистичного впливу модифікованого пектину на зміну вмісту загальних, білкових і вільних сульфогідрильних груп у печінці мишей (табл. 3.27).

Таблиця 3.27 – Концентрація HS-груп у печінці лабораторних тварин, $M \pm m$, $n=5$

Група	Сульфогідрильні групи, мкг/г		
	загальні	вільні	білкові
I	782,7±57,75	105,7±10,14	677,5±43,98
II	765,5±54,37	88,1±7,54	677,4±39,76
III	791,3±23,11	109,7±12,43	681,6±25,42
IV	759,4±65,34	98,5±6,57	660,9±23,45
V	775,8±55,93	100,3±9,43	675,5±33,87
VI	768,5±60,32	95,4±7,57	673,1±28,55
VII	783,7±47,22	89,7±6,77	694,0±18,71
VIII	755,9±32,97	87,3±8,79	668,6±21,31

Вміст загальних HS-груп у печінці мишей був у межах 755,9–791,3 мкг/г. Відхилення від середнього значення було фізіологічним у межах похибки. Отже, модифікований пектин навіть за високих доз не містить токсичних сполук, які б блокували тіолові групи печінки мишей.

Досліджуючи вміст молочної кислоти у сироватці крові мишей виявлено, що цей показник був у межах фізіологічної норми. Статистичної різниці між групами не було виявлено (табл. 3.28)

Таблиця 3.28 – Показники вуглеводного обміну в сироватці крові мишей за дії модифікованого пектину $M \pm m$, $n=6$

Група	Молочна кислота, ммоль/л	Піровиноградна кислота, ммоль/л
I	1,46±0,109	0,078±0,0066
II	1,33±0,127	0,083±0,0049
III	1,42±0,109	0,088±0,0062
IV	1,37±0,205	0,086±0,0076
V	1,47±0,076	0,079±0,0053
VI	1,50±0,113	0,087±0,0039
VII	1,44±0,087	0,077±0,0064
VIII	1,39±0,105	0,088±0,0072

Введення різних доз модифікованого пектину не спричиняло змін вмісту піровиноградної кислоти у сироватці крові мишей. Не встановлено статистичної різниці між тваринами, яким вводили високі та низькі дози модифікованого пектину.

3.2.6. Вивчення гострої токсичності модифікованого крохмалю

За орієнтовного дослідження внутрішньошлункове введення модифікованого крохмалю в дозах 100–1000 мг на кілограм маси тіла мишей протягом перших 24 годин не вплинуло на загальну поведінку дослідних тварин. Миші через 4–5 годин після введення розчинів активно споживали корм, періодично пили воду і адекватно реагували на зовнішні подразники. Розладів шлунково-кишкового каналу у тварин не відмічали. Як у першу добу, так і впродовж двох тижнів загибелі мишей не було (табл. 3.29).

Таблиця 3.29 – Результати орієнтовного дослідження

Кількість мишей у групі, гол	Кількість модифікованого крохмалю на кг маси тіла	Кількість тварин, які загинули		
		всього	у %	середній час загибелі

3	100	0	0	0
3	500	0	0	0
3	1000	0	0	0

Введення мишам від 2000 до 4000 мг модифікованого крохмалю на кілограм маси тіла не вплинуло на етологічні показники тварин протягом першої доби експерименту. Порухень травлення мишей не фіксували. Споживання води і корму було регулярним. Протягом 14 діб у тварин цих груп клінічні показники були стабільними, загибелі мишей не було зафіксовано (табл. 3.30).

Введення лабораторним тваринам модифікованого крохмалю у дозі 6000 мг на кг маси тіла зумовило у перші 24 години спостережень порушення функціонування травного каналу. На другу добу тварини відновили споживання корму. Функціонування шлунково-кишкового каналу набуло фізіологічної норми. Миші активно реагували на шум, світло, дотик та вібрації. Упродовж двох тижнів експерименту максимальна доза модифікованого крохмалю не спричиняла летальних наслідків. Миші мали фізіологічно нормальні клінічні показники.

Таблиця 3.30 – Результати розгорнутого дослідження

Кількість мишей у групі, гол	Кількість модифікованого крохмалю на кг маси тіла	Кількість тварин, які загинули		
		всього	у %	середній час загибелі
6	2000	0	0	0
6	3000	0	0	0
6	4000	0	0	0
6	5000	0	0	0
6	6000	0	0	0

За патолого-анатомічного дослідження мишей, задіяних у розгорнутому досліді, було виявлено, що внутрішні органи травлення, легені, серце, нирки, печінка тварин не мали морфологічних відхилень від норми.

Експериментально доведено, що модифікований крохмаль за токсичністю можна віднести до добавок, які є малотоксичними сполуками. Згідно з нормативним документом (ГОСТ 12.1.007) це сполуки 4 класу. Показник DL_{50} для модифікованого крохмалю на лабораторних тваринах (білі миші) становить більше 5000 мг/кг маси тіла.

Науковий інтерес представляє вивчення деяких показників білкового та вуглеводного обміну в організмі мишей за встановлення токсичного впливу різних доз модифікованого крохмалю (табл. 3.31).

У крові мишей, яким вводили модифікований крохмаль у кількості 2000 мг/кг маси тіла, вміст глюкози становив 510,3 мг/л. Не мало статистичного впливу введення модифікованого крохмалю у дозі 3000 мг/кг на зниження глюкози в організмі тварин.

Таблиця 3.31 – Вміст глюкози у крові тварин, $M \pm m$, $n=5$

Група	Показник, мг/л
I	510,3±19,55
II	496,2±19,76
III	531,5±26,31
IV	489,7±20,16
V	500,5±15,83

За введення лабораторним тваринам по 4000 мг/кг крохмалю вміст глюкози у крові був меншим на 4,0 %, у порівнянні з даними, отриманими у тварин, яким вводили 2000 мг крохмалю на кг маси тіла. Різниця не мала статистичного характеру. Використання найбільшої дози модифікованого крохмалю статистично не зменшувало вміст глюкози у крові мишей, порівняно з аналогічними даними, отриманими у тварин, яким вводили менші дози полісахариду.

Виявлено, що у тварин, яким вводили 2000 мг модифікованого крохмалю на кг маси тіла, активність аспартатамінотрансферази у печінці була на рівні 8,8 мкмоль/год/г. Застосування підвищених доз крохмалю від 3000 до 6000 мг/кг не супроводжувалось статистичним зростанням або зменшенням активності АсАт відносно даних, отриманих у I групі (табл. 3.32).

Таблиця 3.32 – Деякі показники білкового обміну в печінці тварин за дії крохмалю, $M \pm m$, $n=5$

Група	Активність ензиму АсАТ, мкмоль/год/г	Активність ензиму АлАТ, мкмоль/год/г	Масова частка загального білка, г/кг
I	8,8±0,87	11,7±0,56	55,2±3,42
II	9,8±0,77	12,3±0,64	53,6±4,16
III	9,2±0,76	11,6±0,28	49,7±3,78
IV	9,0±0,83	12,0±0,98	54,7±1,19
V	8,9±0,54	11,9±0,74	50,3±3,55

Не виявлено статистичної різниці щодо активності аланінамінотрансферази у печінці лабораторних мишей між групами. Активність ензиму була в межах фізіологічної норми.

Внутрішньошлункове введення високих доз модифіковано крохмалю (5000 та 6000 мг/кг маси тіла) статистично не знижувало вміст загального білка у печінці тварин, у порівнянні з мишами, яким вводили по 2000 мг крохмалю на кг маси тіла.

Отже, експериментально доведено, що модифікований крохмаль відноситься до 4 класу небезпечності (малотоксичні сполуки). Через 14 діб після введення високих доз модифікованого крохмалю вміст глюкози у крові, вміст загального білка та активність амінотрансфераз у печінці мишей відповідали фізіологічним нормам.

3.2.7 Дослідження гострої токсичності модифікованих крохмалю, пектину та желатину на білих щурах

Повторне визначення гострої токсичності модифікованого пектину було проведено на білих щурах. За внутрішньошлункового введення модифікованого пектину дослідним тваринам у дозах від 250 до 4000 мг/кг маси тіла розладу функціонування шлунково-кишкового каналу не було виявлено як у перші години експерименту, так і до кінця досліду. За цих доз не відмічали загибелі тварин (табл. 3.33).

Таблиця 3.33 – Вплив модифікованого пектину на білих щурів, n=5

Група	Доза модифікованого пектину, мг/кг маси тіла	Кількість тварин, що загинули		
		всього	у %	середній час загибелі
I	250	0	0	0
II	500	0	0	0
III	1000	0	0	0
IV	2000	0	0	0
IV	3000	0	0	0
V	4000	0	0	0
VI	5000	0	0	0

Використання 5000 мг модифікованого пектину на кг маси тіла щурів супроводжувалось розладом шлунково-кишкового каналу у тварин протягом першої доби. Однак щурі через 5–6 годин після введення суспензії починали активно споживати корм і пити воду. Летальних наслідків за найвищої дози модифікованого пектину не було виявлено.

Введення білим щурам модифікованого желатину від 250 до 5000 мг/кг маси тіла не мало негативного впливу на етологію тварин. Щурі через 1–4 години після внутрішньошлункового введення досліджуваної суспензії споживали корм, адекватно реагували на зовнішні подразники (світло, шум,

дотики). Застосування різних доз модифікованого желатину не спричиняло загибелі білих щурів (табл. 3.34).

Таблиця 3.34 – Вплив модифікованого желатину на білих щурів, n=5

Група	Доза модифікованого желатину, мг/кг маси тіла	Кількість тварин, що загинули		
		всього	у %	середній час загибелі
I	250	0	0	0
II	500	0	0	0
III	1000	0	0	0
IV	2000	0	0	0
IV	3000	0	0	0
V	4000	0	0	0
VI	5000	0	0	0

Під час дослідження гострої токсичності модифікованого крохмалю використовували аналогічні дози, що і модифікованого пектину та желатину (табл. 3.35).

Таблиця 3.35 – Вплив модифікованого крохмалю на білих щурів, n=5

Група	Доза модифікованого крохмалю, мг/кг маси тіла	Кількість тварин, що загинули		
		всього	у %	середній час загибелі
I	250	0	0	0
II	500	0	0	0
III	1000	0	0	0
IV	2000	0	0	0
IV	3000	0	0	0

V	4000	0	0	0
VI	5000	0	0	0

Виявлено, що низькі дози (250–3000 мг/кг маси тіла) не спричиняють порушень функцій шлунково-кишкового каналу щурів. За використання доз 4000–5000 мг/кг маси тіла протягом 36–48 годин спостерігали порушення травлення у тварин. Однак апетит у цих тварин повністю відновився на другу добу експерименту.

Отже, за повторного дослідження на білих щурах доведено, що модифікований пектин, желатин та крохмаль є малотоксичними сполуками. Згідно з чинним стандартом (ГОСТ 12.1.007) це сполуки 4 класу. Показник DL_{50} для модифікованих харчових добавок на білих щурах становить більше 5000 мг/кг маси тіла.

3.2.8. Встановлення подразнюючої дії модифікованого пектину

Досліди з визначення подразнюючої дії модифікованого пектину проводили методом внесення суспензії в кількості двох крапель у кон'юнктивальний мішок ока (ліве) кроля.

Після внесення суспензії через годину було оглянуто очі кролів. Праві очі не мали гіперемії та будь-яких виділень. Відмічено, що у всіх чотирьох тварин у кутику лівого ока спостерігались незначні сльозові виділення. Крім того, у третього кроля відмічався незначний набряк повіки (табл. 3.36).

Таблиця 3.36 – Аналіз шкідливої дії модифікованого пектину на слизову оболонку ока тварин, (n=4)

Шкідлива дія	Час перевірки					
	Через 1 годину	Через 24 години	Через 36 годин	Через 48 годин	Через 72 годин	Через 14 діб

Показники подразнюючої дії на слизовій ока I кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока II кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока III кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	1	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока IV кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0

Перевірка лівих очей на другу добу показала, що у кролів не відмічалось гіперемії кон'юктиви та рогівки. За цією ознакою ліві очі були ідентичними правим. Не виявлено сльозових виділень в очах лабораторних тварин, а також ознак набрякових показників. За ретельного огляду очей III кроля встановили, що незначний набряк, який було виявлено через годину після введення суспензії модифікованого пектину, через 24 години зник.

Під час досліджень через 36, 72 години та до 14 доби у всіх кролів не відмічали утворення виділень, набрякових ознак та гіперемії. Отже, досліджувана харчова добавка – модифікований пектин – не спричиняє шкідливої (подразнюючої) дії за умов нанесення її на слизову оболонку очей кролів. Незначне сльозовиділення протягом перших годин обумовлене

наявністю чужорідної речовини, яка фізіологічно зумовлює додаткове виділення сліз.

По завершенні експерименту було перевірено вплив модифікованого пектину через слизову оболонку кролів на біохімічні показники у їх сироватці крові (табл. 3.37).

Одним із найпоширеніших біохімічних досліджень є встановлення активності амінотрансфераз у сироватці крові тварин. Активність аспартатамінотрансферази у сироватці крові кролів на 14 добу після внесення модифікованого пектину в око тварин була на рівні 0,46 мкмоль/год/мл. Цей показник не різнився від фізіологічної норми активності цього ензиму.

Таблиця 3.37 – Показники білкового обміну в сироватці крові кролів, $M \pm m$, $n=3$

Показник	Значення показника
Активність АсАТ, мкмоль/год/мл	0,46±0,032
Активність АлАТ, мкмоль/год/мл	0,32±0,012
Уміст сечовини, ммоль/л	3,3±0,43
Уміст білка, г/л	71,8±3,34

Не виявлено патологічного підвищення або зниження активності аланінамінотрансферази у сироватці крові кролів. Рівень сечовини у дослідних тварин теж був у нормі.

За вмісту білка у сироватці крові клінічно здорових кролів від 65,0 до 75,0 г/л у дослідних тварин на кінець досліді було виявлено 71,8 г/л. Експериментально було доведено, що за вивчення подразнюючої дії модифікованого пектину білковий обмін у їх організмі не порушується.

Отже, модифікований пектин за умов його нанесення на слизові оболонки очей кролів не спричиняє подразнюючої дії. Використання модифікованого пектину за встановлення його подразнюючої дії не супроводжується змінами показників білкового обміну у сироватці крові кролів.

3.2.9 Вивчення подразнюючої дії модифікованого желатину

Через годину після внесення суспензії модифікованого желатину в кількості двох крапель у кон'юнктивальний мішок ока кролів виявлено, що у трьох із чотирьох тварин були сльозові виділення. Гіперемії та набряків не відмічали (табл. 3.38).

Таблиця 3.38 – Результати дії модифікованого желатину на слизову оболонку ока тварин, (n=4)

Шкідлива дія	Час перевірки					
	Через 1 годину	Через 24 години	Через 36 годин	Через 48 годин	Через 72 годин	Через 14 дів
Показники подразнюючої дії на слизовій ока I кроля						
Виділення	0	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока II кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока III кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Показники подразнюючої дії на слизовій ока IV кроля						
Виділення	1	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Гіперемія	0	0	0	0	0	0

Досліджуючи стан очей кролів на другу добу було виявлено, що зовнішній вигляд лівих очей був аналогічний правим. Не спостерігали у всіх тварин гіперемії рогівки та кон'юктиви. Не відмічали набряків кон'юктиви.

За періодичної перевірки через 3–14 діб у дослідних тварин не спостерігали виділень, набряків та гіперемії очей. Сльозовиділення протягом перших годин може бути фізіологічною реакцією на потрапляння сторонніх сполук на рогівку очей.

Проводили також дослідження білкового обміну у сироватці крові кролів. Активність аспартатамінотрансферази на кінець експерименту була на рівні 0,51 мкмоль/год/мл, що відповідало фізіологічним нормам активності цього ензиму (табл. 3.39)

Таблиця 3.39 – Деякі показники білкового обміну у сироватці крові кролів, $M \pm m$, $n=3$

Показник	Значення показника
Активність АсАТ, мкмоль/год/мл	0,51±0,026
Активність АлАТ, мкмоль/год/мл	0,39±0,021
Уміст сечовини, ммоль/л	3,8±0,16
Уміст білка, г/л	67,5±3,55

Активність аланінамінотрансферази у сироватці крові дослідних кролів не мала суттєвих відхилень від показників здорових тварин. Середній вміст сечовини у сироватці крові кролів був на рівні 3,8 ммоль/л. Ця величина не перевищувала і не була занадто низькою відносно фізіологічної норми. У межах фізіологічних величин було встановлено вміст загального білка у сироватці крові кролів. Отже, внесення суспензії модифікованого желатину у очі кролів не має подразнюючої дії, а також не спричиняє порушення білкового обміну в організмі тварин.

3.2.10. Дослідження подразнюючої дії модифікованого крохмалю

За результатами першого обстеження очей кролів (через годину після введення розчину модифікованого желатину) встановлено, що у I, II та III кролів у лівому оці періодично з'являються виділення у вигляді невеликих краплин сльози. У IV кроля сльозових виділень через годину після введення розчину не відмічали. У правих очах тварин було встановлено відсутність будь-яких виділень (табл. 3.40).

Таблиця 3.40 – Кількість балів за результатами шкідливої дії харчової добавки на слизову оболонку ока, (n=4)

Результат шкідливої дії	Доба експерименту					
	1	2	3	4	5	14
Результати шкідливої дії на слизовій ока I кроля						
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Виділення	1	0	0	0	0	0
Результати шкідливої дії на слизовій ока II кроля						
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Набряк	1	0	0	0	0	0
Виділення	1	0	0	0	0	0
Результати шкідливої дії на слизовій ока III кроля						
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Виділення	1	0	0	0	0	0
Результати шкідливої дії на слизовій ока IV кроля						
Гіперемія	0	0	0	0	0	0
Набряк	0	0	0	0	0	0
Виділення	0	0	0	0	0	0

Протягом першої доби у лівому оці кролів не спостерігали ознак набряків та гіперемії.

За контролю лівих очей протягом другої доби експерименту виявлено, що у тварин не було ідентифіковано гіперемії рогівки та кон'юктиви. За цим показником ліві очі кролів не різнились від правих. Не встановлено гнійних, серозних або слизових виділень із очей усіх дослідних кролів. Щодо ознак набряків, то ліві очі були ідентичні правим. Виявлений незначний набряк через годину після введення розчину модифікованого крохмалю у II кроля на другу добу не було встановлено.

Протягом перших двох діб після введення розчинів етологічні ознаки тварин не змінились. Кролі постійно споживали корм і пили воду. Пригнічення стану тварин не відмічали. Вони адекватно реагували на шум, світло, дотик та вібрації.

За ретельного огляду лівих очей кролів на третю, четверту, п'яту і включно чотирнадцяту добу не було встановлено набрякових ознак, гіперемії рогівки та кон'юктиви і накопичення виділень. Упродовж дослідження загибелі тварин не відмічали. Отже, модифікований крохмаль внаслідок нанесення його розчину на слизову оболонку тварин не створює подразнюючої (шкідливої) дії. Тимчасове виділення (перші години) сліз із лівих очей кролів зумовлене нормальною фізіологічною реакцією на потрапляння чужорідних предметів та розчинів.

На чотирнадцяту добу експерименту проводили відбір крові у лабораторних тварин для проведення деяких біохімічних досліджень. У сироватці крові вивчали показники вуглеводного обміну (табл. 3.41).

Важливим показником вуглеводного обміну в організмі тварин є вміст глюкози у крові. Вміст глюкози у сироватці крові тварин на кінець дослідження був у межах 3,36 ммоль/л. Одержана величина відповідала фізіологічній нормі щодо концентрації цієї сполуки для здорової тварини.

Таблиця 3.41 – Деякі показники вуглеводневого обміну в сироватці крові кролів за введення в око модифікованого крохмалю, $M \pm m$, $n=4$

Показник	Значення показника
Уміст піровиноградної кислоти, ммоль/л	0,084±0,0037
Уміст молочної кислоти, ммоль/л	1,13±0,095
Уміст глюкози, ммоль/л	3,36±0,328

Не встановлено статистичного зниження або підвищення вмісту піровиноградної кислоти у сироватці крові тварин. Цей показник знаходився в межах фізіологічної норми для кролів.

Середній вміст молочної кислоти у сироватці крові дослідних кролів становив 1,13 ммоль/л, що дає підстави стверджувати про відсутність впливу введення модифікованого крохмалю на обмін цієї сполуки. Отже, введення в око кролів досліджуваного чинника не порушує вуглеводневий обмін в організмі тварин.

Отже, введення модифікованого крохмалю на слизову оболонку очей лабораторних кролів не спричиняє місцевої подразнюючої (шкідливої) дії. В організмі кролів, яким в очі вводили розчин модифікованого крохмалю, не виявлено порушення показників вуглеводневого обміну.

Експериментальні дані досліджень, опубліковані у цьому розділі, оприлюднені у працях [26, 29, 30, 31, 32, 36, 38, 39, 40, 134].

3.3 Дослідження стійкості нативних заквасок для кисломолочних продуктів до антибіотиків

3.3.1. Вплив різних концентрацій бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці на сквашування йогурту

Як інгібітор росту і життєдіяльності мікроорганізмів закваски йогурту використовували стерильну бензилпеніциліну натрієву сіль (Benzylpenicillin

1000000 ОД O.L.KAR.). За різних доз антибіотика в молоці досліджували збереження активності закваски йогурту і її здатність сквашувати пастеризоване, нормалізоване молоко.

Виявлено, що у контрольному варіанті, де до молока не додавали антибіотик, утворився однорідний згусток, який був у міру в'язким. Смак йогурту в контрольному варіанті був притаманним цьому продукту. Сторонніх присмаків не відмічали (табл. 3.42).

Введення у молоко бензилпеніциліну натрієву сіль у дозі 5,9 ОД/см³ суттєво не вплинуло на органолептичні показники йогурту. Продукт мав згусток із кисломолочним смаком. Підвищення вмісту антибіотика до 11,8 ОД/см³ спричинило те, що утворений молочний згусток був не досить в'язким. Смак мало різнився від аналогічного показника у I дослідному варіанті (кисломолочний).

Наявність 17,6 ОД/см³ антибіотика в молоці (III дослідний варіант) зумовлює інактивацію клітин закваски, що підтверджується рідким (молочні тяжі) згустком молока. Присутність молочних тяжів свідчить про те, що за цієї дози бензилпеніциліну натрієвої солі мікроорганізми інактивувались не миттєво. Кінцевий продукт після сквашування мав смак кислого молока.

Таблиця 3.42 – Органолептичні показники сквашеного молока

Варіант	Зовнішній вид і консистенція	Смак
Контрольний	Однорідний згусток, в міру в'язкий	Чистий кисломолочний (йогуртовий) без сторонніх присмаків
I дослідний	Однорідний згусток, в міру в'язкий	Чистий кисломолочний без сторонніх присмаків
II дослідний	Однорідний згусток, не досить в'язкий	Чистий кисломолочний без сторонніх присмаків
III дослідний	Дуже рідкий, несформо-	Смак кислого молока

	ваний згусток	
IV дослідний	Біла непрозора, однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока
V дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока
VI дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока
VII дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока
VIII дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока із присмаком антибіотика
IX дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак несвіжого молока із присмаком антибіотика
X дослідний	Біла непрозора однорідна рідина, злегка тягуча	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика
XI дослідний	Біла непрозора однорідна рідина	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика
XII дослідний	Біла непрозора однорідна рідина	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика

У IV дослідному варіанті встановлено, що за дії антибіотика молочний згусток не утворився. По завершенні експерименту було виявлено білу непрозору однорідну рідину із смаком несвіжого молока. Введення від 29,4 до 58,8 ОД/см³ антибіотика також зумовлює інактивацію мікробних клітин закваски, що підтверджується одержанням не йогурту, а білої, непрозорої, злегка тягучої рідини. Рідина мала несвіжий смак.

За найбільших доз бензилпеніциліну натрієвої солі (64,7–70,6 ОД/см³) зовнішній вигляд і консистенція молока не змінилися. Рідина мала смак свіжого молока із присмаком антибіотика.

Найвищу титровану кислотність було виявлено у контрольному варіанті. Показник йогурту становив 87,9 °Т. У I дослідному варіанті (вміст пеніциліну в молоці – 5,9 ОД/см³) кислотність була меншою на 3,8 %. За внесення у молоко перед сквашуванням 11,8 ОД/см³ бензилпеніциліну натрієвої солі титрована кислотність кінцевого продукту становила лише 61,4 °Т, що на 30,1 % менше, ніж у контролі (табл. 3.43).

Таблиця 3.43 – **Кислотність сквашеного молока за різних доз антибіотика**

Варіант	Кислотність молока до внесення закваски, °Т	Кислотність продукту, °Т	Молочнокислі мікроорганізми, КУО/см ³
Контрольний	16,5	87,9±3,56	1,6 10 ⁸
I дослідний	16,5	84,5±4,87	1,1 10 ⁷
II дослідний	16,5	61,4±3,78	1,3 10 ³
III дослідний	16,5	27,6±2,89	-
IV дослідний	16,5	23,8±2,75	-
V дослідний	16,5	23,5±3,70	-
VI дослідний	16,5	22,8±1,98	-
VII дослідний	16,5	22,6±3,26	-
VIII дослідний	16,5	22,6±1,67	-
IX дослідний	16,5	22,3±3,65	-
X дослідний	16,5	20,1±1,21	-
XI дослідний	16,5	18,3±3,41	-
XII дослідний	16,5	18,0±2,77	-

Застосування антибіотика у дозі 17,6 ОД/см³ суттєво впливає на зниження титрованої кислотності. Показник був нижчим, ніж у контролі, у 3,2 раза.

У IV–IX дослідних варіантах, де використовували антибіотик від 23,5 до 52,9 ОД/см³, кислотність кінцевого продукту підвищилась лише на 35,1 та 44,2 % відносно кислотності молока до внесення закваски. Порівнюючи із контролем, цей показник у дослідних варіантах був нижчим у 3,7 та 3,9 рази. Виявлено, що із збільшенням вмісту антибіотика в молоці титрована кислотність молока після термостатування знижується. Так, за вмісту антибіотика 64,7 та 70,6 ОД/см³ титрована кислотність у кінцевому продукті підвищилась лише на 1,5–1,8 °Т, порівнюючи із кислотністю молока до внесення закваски.

Встановлено, що кількість молочнокислих мікроорганізмів у йогурті контрольного варіанту в середньому становила $1,6 \cdot 10^8$ КУО/см³. У I дослідному варіанті кількість клітин становила уже $1,1 \cdot 10^7$ КУО/см³, що свідчить про незначну інактивуючу дію антибіотика у дозі 5,9 ОД/см³. Малу кількість молочнокислих мікроорганізмів було виявлено у йогурті за дії антибіотика у II дослідному варіанті. Використання бензилпеніциліну натрієвої солі у кількості від 17,6 до 70,6 ОД/см³ молока (III–XII варіанти) зумовлювало інактивацію молочнокислих мікроорганізмів упродовж періоду термостатування.

3.3.2 Дослідження стійкості нативної закваски йогурту до різних доз стрептоміцину в молоці

Для встановлення стійкості нативної закваски йогурту до стрептоміцину проводили сквашування молока останньою із різним вмістом антибіотика.

За контрольного варіанту, де до молока не додавали стрептоміцин, виявлено, що йогурт мав однорідний правильно сформований згусток. В'язкість продукту була задовільною. У йогурті контрольного варіанту не виявлено сторонніх присмаків. Смак був натуральним кисломолочним. Внесення стрептоміцину 4,8 ОД/см³ молока суттєво не вплинуло на

органолептичні показники йогурту. За консистенцією, зовнішнім виглядом та смаком продукт майже не різнився від контрольного варіанту (табл. 3.44).

Таблиця 3.44 – Органолептичні показники сквашеного молока

Варіант	Консистенція та зовнішній вигляд кінцевого продукту	Смак
Контрольний	Сформований згусток. Однорідний із в'язкістю, притаманній цьому продукту	Притаманний натуральному йогурту, без відчуття сторонніх присмаків
I дослідний	Сформований згусток. Однорідний із в'язкістю, притаманній цьому продукту	Притаманний натуральному йогурту, без відчуття сторонніх присмаків
II дослідний	Несформований рідкий згусток, спостерігається відділення сироватки	Слабо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків
III дослідний	Дуже рідкий згусток, спостерігається відділення сироватки	Кислового молока
IV дослідний	Рідина біла, однорідна, злегка тягуча і непрозора	Кислового молока
V дослідний	Рідина біла, однорідна, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока
VI дослідний	Рідина біла, однорідна, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока
VII дослідний	Рідина біла, однорідна, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока
VIII дослідний	Рідина біла, однорідна, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока

ІХ дослідний	Рідина біла, однорідна, непрозора	Несвіжого молока
Х дослідний	Рідина біла, однорідна, непрозора	Свіжого молока
ХІ дослідний	Рідина біла, однорідна, непрозора	Свіжого молока

За вмісту діючої речовини стрептоміцину в молоці 9,6 ОД/см³ згусток йогурту був рідкий і несформований, виявлено відділення сироватки. Смак був слабо виражений молочнокислий. Наявність у молоці антибіотика у ІІІ дослідному варіанті (14,4 ОД/см³) зумовила те, що кінцевий продукт мав дуже рідкий згусток із активним відділенням сироватки. Смак був аналогічним кислому молоку. Підвищення вмісту стрептоміцину в молоці до 19,2 ОД/см³ негативно вплинуло на мікроорганізми закваски, внаслідок чого кінцевий продукт відповідав білій, злегка тягучій рідині зі смаком кислого молока.

Кінцевий продукт у V–ІХ дослідних варіантах був рідким, однорідним, непрозорим і мав смак несвіжого молока. За внесення найбільшої дози стрептоміцину (52,8 ОД/см³) у ХІ дослідному варіанті смак кінцевого продукту нагадував свіже молоко.

Середня титрована кислотність молока на початок експерименту становила 17,5 °Т. У контрольному варіанті кислотність йогурту була на рівні 90,3 °Т. Використання стрептоміцину в кількості 4,8 ОД/см³ молока зумовило зниження титрованої кислотності готового продукту на 5,5 %, у порівнянні з контролем. Наявність у молоці ІІ дослідного варіанту антибіотика супроводжувалось зниженням титрованої кислотності йогурту на 24,1 % відносно контролю (табл. 3.45).

Таблиця 3.45 – Кислотність сквашеного молока за різних доз антибіотика, $M \pm m$, n=5

Варіант	Кислотність молока на початку експерименту, °Т	Кислотність продукту, °Т
Контрольний	17,5	90,3±4,21
I дослідний	17,5	85,3±2,55
II дослідний	17,5	68,5±2,75
III дослідний	17,5	45,4±3,79
IV дослідний	17,5	33,4±4,01
V дослідний	17,5	24,7±1,57
VI дослідний	17,5	21,3±1,32
VII дослідний	17,5	20,2±3,77
VIII дослідний	17,5	20,2±2,67
IX дослідний	17,5	19,9±1,34
X дослідний	17,5	19,4±2,62
XI дослідний	17,5	19,1±1,43

За підвищення вмісту стрептоміцину в молоці до 14,4 ОД/см³ титрована кислотність знижується у 1,99 раза відносно контрольного варіанту. Із підвищенням вмісту антибіотику в сировині титрована кислотність готового продукту знижується. У V–VIII дослідних варіантах (доза внесення антибіотику від 24,0 до 38,4 ОД/см³ молока) титрована кислотність кінцевого продукту відповідала кислому молоку. Застосування найбільшої дози стрептоміцину в XI дослідному варіанті спричиняло швидку дезактивацію мікроорганізмів закваски для йогурту, внаслідок чого титрована кислотність кінцевого продукту підвищилась, у порівнянні з кислотністю молока на початку експерименту, на 9,1 %.

Отже, присутність у молоці стрептоміцину негативно впливає на мікроорганізми закваски для йогурту. За присутності антибіотику вище 9,6 ОД/см³ молока виготовити якісний йогурт неможливо. Експериментально встановлено концентрації стрептоміцину, за яких мікроорганізми закваски

для йогуртів здатні утворювати молочний згусток. Присутність у молоці 9,6 ОД/см³ молока діючої речовини стрептоміцину спричиняє до інактивацію мікроорганізмів *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Bifidobacterium lactis*, які входять до складу закваски для йогуртів. Із підвищенням вмісту стрептоміцину в молоці титрована кислотність кінцевого продукту після сквашування закваскою для йогурту знижується.

3.3.3. Вивчення впливу різних доз пеніциліну в молоці на нативну закваску стрептосану

Вивчаючи органолептичні показники кисломолочних продуктів після сквашування із контрольного зразка (молоко без антибіотика) виявлено однорідний згусток білого кольору. Продукт був у міру в'язкий. Відділення сироватки не спостерігали. Смак був кисломолочний, притаманний цьому продукту. Не встановлено сторонніх (кормові, медикаментозні) присмаків (табл. 3.46).

У I дослідному зразку, де до молока додавали 5,0 ОД/см³ бензилпеніциліну натрієвої солі, кінцевий продукт мав форму рідини білого кольору, без утворення згустків. Смак продукту відповідав несвіжому (злегка кислого) молоку. Збільшення вмісту антибіотика до 10,0 ОД/см³ сприяло запобіганню утворення згустків та молочних тяжів у кінцевому продукті. Молоко після сквашування мало несвіжий смак. За внесення у молоко 15,0 ОД бензилпеніциліну натрієвої солі на см³ консистенція сквашеного продукту і смак відповідали свіжому молоку. Сторонніх присмаків у цих зразках не було виявлено.

Кінцеві продукти сквашування IV–X дослідних зразків, де до молока вносили від 20 до 50 ОД антибіотика на см³, за смаком і консистенцією були аналогічними III дослідному зразку.

Таблиця 3.46 – Органолептичні показники після додавання закваски і сквашування

Зразок	Консистенція і зовнішній вигляд	Показники смаку
Контрольний	Однорідний білого кольору, згусток в міру в'язкий. Без перемішування відділення сироватки не спостерігали	Виражений кисломолочний. Неспецифічних присмаків не виявлено
I дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак несвіжого молока, без сторонніх присмаків
II дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак несвіжого молока, без сторонніх присмаків
III дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
IV дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
V дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
VI дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
VII дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків

VIII дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
IX дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
X дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока, без сторонніх присмаків
XI дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика
XII дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика
XIII дослідний	Рідина білого кольору, непрозора, без утворення тяжів або згустків	Смак свіжого молока із присмаком антибіотика

За збільшення доз (55,0–65,0 ОД/см³) бензилпеніциліну натрієвої солі у сировині зовнішній вигляд і консистенція кінцевого продукту відповідали свіжому молоку. Однак цей продукт мав присмак антибіотика.

Перед внесенням закваски і антибіотика було встановлено, що молоко має титровану кислотність на рівні 17,4 °Т. Готовий кисломолочний продукт із контрольних зразків за кислотністю відповідав нормативним вимогам. Цей показник становив 91,0 °Т. За внесення найменшої концентрації антибіотика в молоко титрована кислотність кінцевого продукту була у 3,6 раза меншою, ніж у контролі (табл. 3.47).

Таблиця 3.47 – Титрована кислотність молока після сквашування закваскою стрептосану

Зразок	Титрована кислотність базового молока, °Т	Кислотність кінцевого продукту, °Т
Контрольний	17,4	91,0±3,54
I дослідний	17,4	25,5±1,16
II дослідний	17,4	23,6±0,46
III дослідний	17,4	22,1±0,37
IV дослідний	17,4	22,0±2,74
V дослідний	17,4	22,1±0,48
VI дослідний	17,4	22,0±0,95
VII дослідний	17,4	21,8±1,94
VIII дослідний	17,4	21,7±4,39
IX дослідний	17,4	21,3±1,19
X дослідний	17,4	21,4±1,09
XI дослідний	17,4	21,0±1,78
XII дослідний	17,4	20,0±2,29
XIII дослідний	17,4	18,3±1,76

Зі збільшенням вмісту бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці титрована кислотність кінцевого продукту після сквашування знижується. Найменшу кислотність було виявлено у зразках, де до свіжого молока вносили по 65 ОД антибіотика на см³. Показник у 4,9 раза був нижчий, ніж у контролі.

Отже, за внесення бензилпеніциліну натрієвої солі у молоко в кількості від 15,0 до 65,0 ОД на см³ дія закваски для стрептосану припиняється. Молоко після термостатування залишається свіжим, а титрована кислотність кінцевого продукту не піднімається вище 22,1 °Т. За малої дози

бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці (5,0 ОД/см³) клітини мікроорганізмів закваски для стрептосану інактивуються.

3.3.4. Дослідження впливу різних доз стрептоміцину в молоці на нативну закваску стрептосану

Для встановлення дії стрептоміцину на закваску стрептосану проводили сквашування останньою молока із різними дозами антибіотика за допомогою термостатування.

Після 8-годинного сквашування у контрольних пробах (молоко не містило стрептоміцину) кисломолочний продукт мав приємний кисломолочний смак. Згусток був щільний, гомогенний. Після незначного перемішування відмічали невелике відділення сироватки від згустку. Сторонніх, неспецифічних присмаків продукту не відмічали.

За вмісту 0,5 ОД стрептоміцину в одному см³ молока кінцевий продукт був у вигляді несформованого, нещільного згусту білого кольору. Смак був кисломолочний, менш виражений, у порівнянні з контролем. Внесення до молока антибіотика у кількості 1,0 ОД/см³ негативно вплинуло на дію закваски стрептосану, у порівнянні з контролем. Згусток молока після сквашування був рідкий, не відповідав нормам. Смак був слабо вираженим кисломолочним (табл. 3.48).

Таблиця 3.48 – Результати аналізу органолептичних показників продуктів сквашування

Група проб	Смак продукту	Зовнішній вигляд продукту після сквашування
Контрольна	Приємний кисломолочний. Неприродних присмаків не відмічено	В міру щільний, однорідний згусток білого кольору. За перемішування відмічено незначне відділення сироватки

I дослідна	Кисломолочний. Неприродних присмаків не відмічено	Нещільний згусток білого кольору
II дослідна	Маловиражений кисломолочний. Неприродних присмаків не відмічено	Дуже рідкий, мало сформований згусток
III дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	У рідині поодинокі утворення білкових тяжів
IV дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
V дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
VI дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
VII дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
VIII дослідна	Кислового молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
IX дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
X дослідна	Несвіжого молока.	Рідина білого кольору, без

	Неприродних присмаків не відмічено	згустків і тяжів
XI дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
XII дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
XIII дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
XIV дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
XV дослідна	Несвіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів
XVI дослідна	Свіжого молока. Неприродних присмаків не відмічено	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів

Підвищення вмісту стрептоміцину в молоці до 1,5 ОД/см³ зумовило, що кінцевий продукт був у вигляді білої рідини з поодинокими тяжами білкових утворень. Присутність у молоці від 2,0 до 4,0 ОД/см³ антибіотика поступово інактивувала мікроорганізми закваски, що підтверджується аналогічністю за органолептичними показниками кінцевого продукту зі злегка кислим молоком, без будь-яких білкових утворень.

У пробах із IX–XV дослідних груп продукт після сквашування мав смак несвіжого молока. За консистенцію було ідентифіковано рідину білого, кольору без згустків і тяжів. Кінцевий продукт, який виготовляли з молока із

вмістом $8,0 \text{ ОД/см}^3$ стрептоміцину, мав смак свіжого пастеризованого молока.

Молоко, з яким було проведено дослідження, мало титровану кислотність на рівні $18,4 \text{ }^\circ\text{T}$. Кисломолочний продукт, виготовлений без внесення до молока стрептоміцину, мав титровану кислотність $88,0 \text{ }^\circ\text{T}$. Присутність у молоці стрептоміцину в кількості $0,5 \text{ ОД/см}^3$ зумовила зниження титрованої кислотності кінцевого продукту на $14,7 \%$, у порівнянні з контролем. Підвищення вмісту антибіотику до $1,0 \text{ ОД/см}^3$ молока супроводжувалось зменшенням титрованої кислотності сквашеного продукту на $29,9 \%$ відносно контролю.

Присутність у молоці стрептоміцину в кількості $1,5 \text{ ОД/см}^3$ спричиняє зниження титрованої кислотності кінцевого продукту у $2,08$ раза відносно даних контролю (табл. 3.49).

Таблиця 3.49 – Титрована кислотність молока та кінцевого продукту після сквашування, $M \pm m$, $n=4$

Група проб	Показник титрованої кислотності молока до внесення культури мікроорганізмів, $^\circ\text{T}$	Кислотність після сквашування, $^\circ\text{T}$
Контрольна	18,4	$88,0 \pm 3,11$
I дослідна	18,4	$75,1 \pm 1,85$
II дослідна	18,4	$61,7 \pm 2,45$
III дослідна	18,4	$42,2 \pm 1,09$
IV дослідна	18,4	$34,2 \pm 0,87$
V дослідна	18,4	$34,5 \pm 1,67$
VI дослідна	18,4	$32,7 \pm 0,87$
VII дослідна	18,4	$31,8 \pm 0,47$
VIII дослідна	18,4	$30,7 \pm 1,23$
IX дослідна	18,4	$27,5 \pm 1,16$

X дослідна	18,4	26,5±0,77
XI дослідна	18,4	26,0±0,56
XII дослідна	18,4	24,4±0,47
XIII дослідна	18,4	24,0±0,87
XIV дослідна	18,4	23,4±1,06
XV дослідна	18,4	22,2±0,23
XVI дослідна	18,4	21,9±0,97

Молоко із вмістом антибіотика від 2,0 до 4,0 ОД/см³ після сквашування закваскою стрептосану мало у 2,6–2,9 раза меншу титровану кислотність, ніж у контролі. Виявлено закономірність, що з підвищенням вмісту в молоці стрептоміцину сульфату титрована кислотність кінцевого продукту знижується.

За внесення найбільшої кількості антибіотика в молоко (XVI дослідна група проб) дія закваски для стрептосану не проявилась, унаслідок чого кінцевий продукт сквашування за титрованою кислотністю мало чим різнився від свіжого молока. Різниця із молоком перед внесенням закваски була лише 3,5 °Т.

Отже, за умов потрапляння у молоко корів стрептоміцину сульфату у концентрації 0,5 ОД/см³ технологія сквашування сировини закваскою стрептосану порушується. Присутність у сировині антибіотика більше 1,5 ОД/см³ унеможливує отримання кисломолочного продукту за використання закваски стрептосану. Одержання кисломолочного продукту за використання закваски стрептосану можливо за вмісту в молоці стрептоміцину сульфату менше 0,5 ОД/см³.

Основні результати досліджень, опубліковані у цьому розділі, викладені у працях [27, 33, 34].

3.4 Конструювання та перевірка іммобілізованих заквасок для кисломолочних напоїв

3.4.1. Схема іммобілізації заквасок

Іммобілізацію бактеріальних клітин, які входять у склад заквасок для кисломолочних напоїв проводили в 4 % водному розчині модифікованого пектину з вязкістю 180 мПа с. До 1 см³ свіжевикотовленої бактеріальної суспензії додавали 10 г розчину пектину. Одержану суспензію за допомогою мікродозаторів вносили в гелеутворюючий розчин 0,1 М CaCl₂. Суспензію залишали на 30 хв. За обережного змішування, фільтрували через скляні фільтри (0,4 мм) і промивали водою. Фільтрат висушували за рахунок активного вентилявання і перемішування тонкошарової суспензії. Схема іммобілізації клітин заквасок представлена на рис. 3.6.

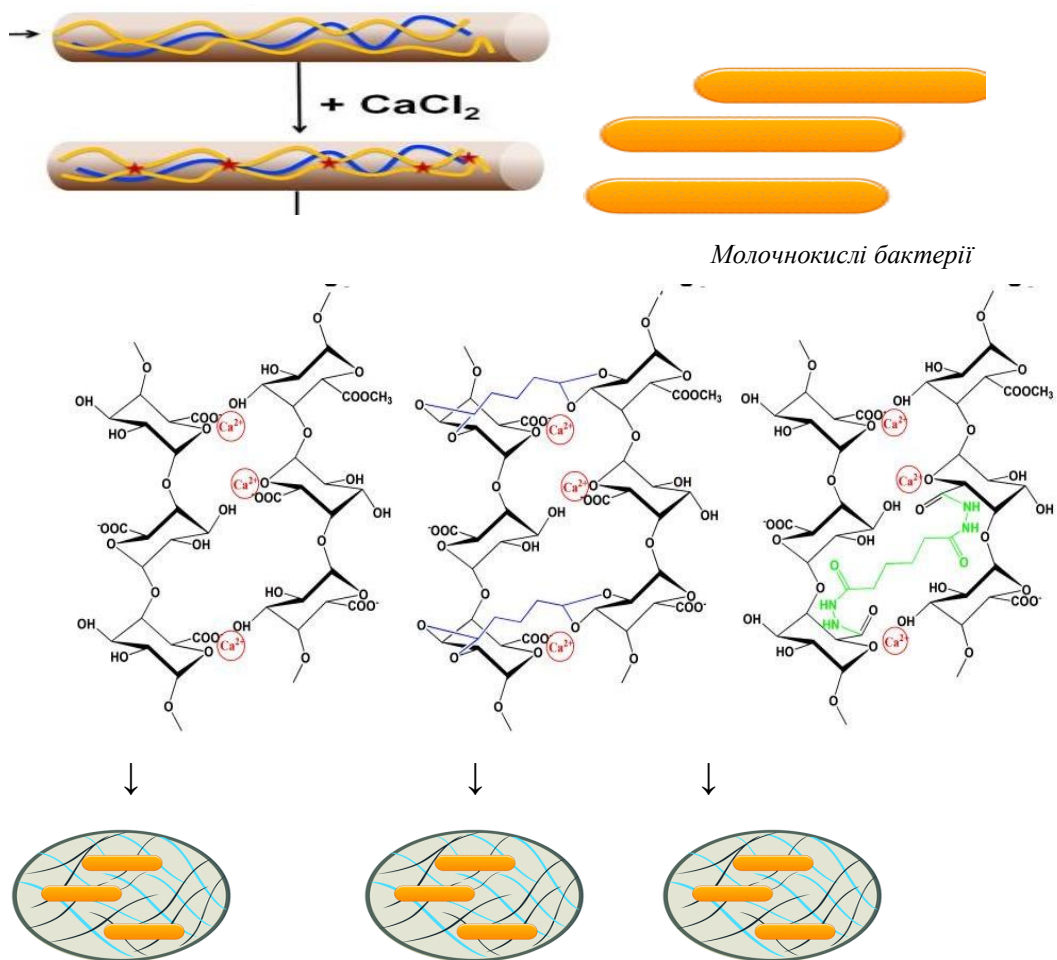


Рис. 3.6 – Схема іммобілізації бактеріальних клітин на модифікованому пектині

3.4.2. Відпрацювання оптимального співвідношення між носієм, розчинником та закваскою

Для відпрацювання оптимального співвідношення маси розчинника до маси закваски для йогурту і до маси носія як матрицю використовували модифікований желатин. Кількість матриці у всіх варіантах не змінювали – маса становила 1000,0 мг. У 0,2, 0,3 та 0,4 см³ дистильованої води розчиняли від 5 до 100 мг висушеної закваски для йогурту.

Після проведення іммобілізації клітин мікроорганізмів закваски для йогурту одержані препарати висушували протягом 15 хв і визначали вміст вологи у відібраних зразках. Після 15-хвилинного висушування у препараті, для виготовлення якого застосовували 0,2 см³ розчинника та 5 мг закваски, вологість становила 11,1 %. У препаратах проби, де вміст закваски становив 10 мг, вологість була вищою лише на 0,4 % (табл. 3.50).

Таблиця 3.50 – Вміст вологи у препаратах за 15-хвилинного сушіння, $M \pm m$, $n=4$

Маса закваски, для іммобілізації якої використано 0,2 см ³ розчинника, мг	Вологість препарат у, %	Маса закваски, для іммобілізації якої використано 0,3 см ³ розчинника, мг	Вологість препарат у, %	Маса закваски, для іммобілізації якої використано 0,4 см ³ розчинника, мг	Вологість препарату, %
5	11,1±0,38	5	17,2±0,53	5	22,4±0,57** *

10	11,5±0,23	10	17,4±0,42	10	22,7±0,67** *
20	11,7±0,43	20	17,4±0,36	20	23,0±0,83** *
30	11,7±0,25	30	17,6±0,38	30	23,4±0,46** *
40	11,9±0,61	40	17,7±0,41	40	23,4±0,49** *
50	12,0±0,23	50	18,0±0,44	50	23,9±0,37** *
60	12,0±0,43	60	18,0±0,39	60	24,0±0,29** *
70	12,2±0,31	70	18,1±0,36	70	24,3±0,38** *
80	12,3±0,29	80	18,0±0,27	80	24,4±0,76** *
90	12,5±0,27	90	18,2±0,24	90	24,7±0,68** *
100	12,6±0,42	100	18,3±0,53	100	24,8±0,77** *

Примітка:*** – ($p < 0,001$) у порівнянні з препаратами, які виготовляли за участі 0,2 см³ розчинника.

Виявлено підвищення вмісту вологи у препаратах, де для іммобілізації застосовували 20, 30 та 40 мг закваски у 0,2 см³ розчинника, відповідно, на 0,6 та 0,9 % відносно показника у пробі із вмістом закваски 5 мг. На 15 хвилину активного висушування у препаратах із вмістом 50–90 мг заквасок для йогурту вологість препаратів поступово збільшувалась. Найвища вологість була у препаратах, для виготовлення яких використовували 100 мг закваски.

Препарати, одержані із застосуванням 5 мг закваски та 0,3 см³ розчинника, на 15 хвилину висушування мали вологість 17,2 %. Препарати із вмістом 10–40 мг іммобілізованої закваски мали вищий вміст вологи, у порівнянні з пробою, яка містила 5 мг закваски, відповідно, на 0,2, 0,4 та 0,5 %. За збільшення маси закваски від 50 до 90 мг на один грам носія вологість препаратів зростала від 17,7 до 18,2 %. Препарати, одержані із застосуванням 100 мг закваски мали вищу на 1,1 % вологість, у порівнянні з препаратами, де використовували найменшу дозу закваски.

Висушування препаратів, на виготовлення яких витрачали 5 мг закваски для йогурту та 0,4 см³ розчинника, дало змогу отримати вологість вищу у 2 рази ($p < 0,001$) та на 30,2 %, у порівнянні з препаратами, де використовували 0,2 та 0,3 см³ розчинника. Зі збільшенням вмісту закваски у препаратах вміст вологи у них на 15 хвилину висушування підвищувався. Вологість препаратів, які містили 100 мг закваски, була на 2,4 % вищою, ніж препаратів із вмістом 5 мг іммобілізованої закваски.

Отже, вміст вологи у заквасках, іммобілізованих на модифікованому желатині, за 15-хвилинного сушіння методом активного перемішування і вентилявання залежить насамперед від об'єму розчинника та вмісту нативної закваски. Збільшення вмісту закваски в іммобілізованих препаратах сприяє підвищенню механізму утримання (зв'язування) вологи.

За вологості 7–9 % термін зберігання препаратів іммобілізованої закваски для йогурту пролонгується, тому було проведено дослідження щодо визначення часу висушування препаратів до вологості 7–9 % (табл. 3.51).

Таблиця 3.51 – Час досягнення вологи препаратів 7–9 %, $M \pm m$, $n=4$

Маса закваски, для іммобілізації якої	Час висушування, хв	Маса закваски, для іммобілізації якої	Час висушування, хв	Маса закваски, для іммобілізації якої	Час висушування, хв

використано 0,2 см ³ розчинника		використано 0,3 см ³ розчинника		використано 0,4 см ³ розчинника	
5	32,4±2,56	5	43,5±5,12	5	69,3±4,32
10	34,5±1,89	10	47,3±3,65	10	70,4±6,12
20	34,4±2,07	20	47,9±2,89	20	71,5±5,65
30	35,6±2,33	30	47,8±3,87	30	71,3±4,33
40	35,9±1,45	40	49,3±3,62	40	72,9±4,32
50	36,1±2,65	50	49,9±4,06	50	74,3±6,97
60	36,5±1,44	60	51,2±6,11	60	74,8±2,55
70	36,4±0,97	70	51,0±2,87	70	75,2±3,78
80	36,9±4,15	80	53,4±0,88	80	76,2±3,32
90	37,0±0,77	90	53,8±2,77	90	79,3±4,12
100	37,2±3,76	100	54,2±4,87	100	84,1±5,65

На висушування препаратів, для виготовлення яких застосовували 5 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, було витрачено 32,4 хв. Препарати із вмістом 30 мг закваски висушували на 3,2 хв довше, ніж препарати із вмістом 5 мг закваски. Найдовше висушували іммобілізовану закваску, де нативного препарату використовували 100 мг на 1 г носія.

Підвищення використання об'єму розчинника до 0,3 см³ на 1 г модифікованого желатину супроводжувалось збільшенням на 34,2–45,6 % часу висушування іммобілізованої закваски, у порівнянні з препаратами, на виготовлення яких використовували 0,2 см³ розчинника. Використання 0,4 см³ розчинника на 1 г носія пролонгувало час висушування препаратів до вологості 7–9 % на 55,1–59,3 % довше відносно препаратів із найменшим об'ємом розчинника.

У технології іммобілізації клітин мікроорганізмів та ензимів шляхом адсорбції використання розчинників та сушіння готових препаратів є обов'язковими елементами. Отже, встановлення оптимального об'єму розчинника, за якого висушування проходить найшвидше, є важливим показником. За короткочасного сушіння (15 хв активного перемішування і вентилявання) вологість іммобілізованої закваски (5–100 мг на 1 г носія) була в межах від 11,1 до 24,8 %. За найменшого об'єму розчинника короткочасне сушіння дає змогу отримати препарати із вологістю меншою на 13,7 %, порівняно з варіантами, де закваски розчиняли у 0,4 см³ дистильованої води.

Отже, висушування іммобілізованих заквасок для йогурту до вологості 7–9 % найшвидше можна провести використовуючи об'єм розчинника 0,2 см³. Іммобілізовані закваски для йогуртів, одержані за використання 1 г модифікованого желатину, 5–100 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, можливо висушити за активного вентилявання та перемішування до вологи 7–9 % за 32,4–37,2 хв. Збільшення об'єму розчинника до 0,3 та 0,4 см³ спричиняє до збільшення часу сушіння, відповідно, до 43,5–54,2 хв та 69,3–84,1 хв.

3.4.3. Встановлення оптимального співвідношення між закваскою стрептосану, носієм та розчинником

Під час встановлення оптимального співвідношення між масою закваски стрептосану, носія (модифікований желатин) та розчинника за швидкістю висушування 1000,0 мг носія змішували із різними дозами розчинника (0,2, 0,3 та 0,4 см³) та закваски (5–100 мг).

Після виконання іммобілізації клітин мікроорганізмів встановлювали час висушування препаратів до вологості 7–9 % (табл. 3.52).

Таблиця 3.52 Час досягнення вологи одержаних препаратів – 7–9 %, $M \pm m$, $n=4$

Маса	Час	Маса	Час	Маса	Час
------	-----	------	-----	------	-----

закваски для імобілізації якої використано 0,2 см ³ розчинника, мг	висушуван- ня, хв	закваски для імобіліза ції якої використа но 0,3 см ³ розчинник а, мг	висушуван- ня, хв	закваски для імобілізації якої використан о 0,4 см ³ розчинника, мг	висушуван- ня, хв
5	29,2±1,05	5	45,2±1,23	5	60,3±0,56** *
10	29,5±0,56	10	46,3±0,43	10	60,5±1,13** *
20	30,1±1,15	20	46,9±1,13,	20	61,0±1,22** *
30	32,4±2,05	30	48,2±1,16	30	63,2±1,32** *
40	32,5±0,34	40	49,0±0,76,	40	64,0±1,42** *
50	34,3±0,56	50	49,9±0,56	50	65,2±0,57** *
60	35,5±0,54	60	53,1±0,76,	60	65,5±0,44** *
70	36,0±0,87	70	54,2±0,57	70	67,1±0,58** *
80	36,3±1,12	80	56,4±1,15	80	68,0±0,55** *
90	36,4±0,78	90	57,4±0,60	90	72,4±1,12** *
100	36,5±2,14	100	58,5±1,44	100	73,4±1,32**

					*
--	--	--	--	--	---

Примітка:*** – ($p < 0,001$) у порівнянні із препаратами, які виготовляли за участі $0,2 \text{ см}^3$ розчинника.

За використання $0,2 \text{ см}^3$ розчинника та 5 мг закваски час висушування препарату становив 29,2 хвилини. Підвищення маси закваски до 50 мг на 1000 мг носія сприяло збільшенню часу висушування на 17,4 %. За максимальної дози закваски час висушування зростає на 5хвилин.

Збільшення об'єму розчинника до $0,3 \text{ см}^3$ на 1000 мг носія сприяло пролонгуванню часу висушування на 56,9-60,2 % у порівнянні із препаратами під час виготовлення яких застосовували $0,2 \text{ см}^3$ розчинника. Застосування $0,4 \text{ см}^3$ води на 1000 мг носія підвищило час висушування іммобілізованих препаратів у 2,01-2,06 рази відносно варіанту де вносили $0,2 \text{ см}^3$ розчинника.

Отже, висушування іммобілізованих заквасок для стрептосану до вмісту вологи 7-9 % найшвидше проходить за використовуючи об'єму розчинника $0,2 \text{ см}^3$.

3.4.4 Вивчення впливу різних доз іммобілізованих заквасок на сквашування молока

Іммобілізовану на модифікованому пектині закваску для йогурту вносили у підготовлене молоко у кількості від 10 до 160 мг на $200,0 \text{ см}^3$. Закваску, іммобілізовану на модифікованому желатині, використовували в аналогічних дозах.

Сформований згусток є важливим показником якості готового йогурту. Ефективність утворення згустку молока за дії різних доз іммобілізованих заквасок перевіряли на 8 годину ферментування. Застосування 10 мг іммобілізованої на пектині закваски йогурту (I група проб) не дало змогу отримати сформованого згустку (табл. 3.53).

Таблиця 3.53 – **Наявність сформованого згустку на 8 годину термостатування**

Група проб	Використана закваска	
	Імобілізована на пектині	Імобілізована на желатині
I	-	-
II	-	-
III	-	-
IV	-	-
V	-	-
VI	+	-
VII	+	-
VIII	+	+
IX	+	+
X	+	+
XI	+	+
XII	+	+
XIII	+	+
XIV	+	+
XV	+	+
XVI	+	+

Примітка: «-» – згусток відсутній, «+» - утворений згусток.

За використання від 20 до 50 мг на 200 см³ молока іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту не було виявлено стандартного формування згустків. Внесення 50 мг закваски на 8 годину термостатування спричиняло лише утворення білкових тяжів. Підвищення дози закваски, де роль матриці виконував модифікований пектин, до 60 мг на 200 см³ молока дало змогу отримати в міру щільний молочний згусток, який відповідав нормативним вимогам. Виявлено також згортання молока, у яке вносили від 70 до 160 мг закваски.

Використання низьких доз закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині (10–70 мг на 200 см³ молока), не дало змогу отримати молочний згусток. Чітко виражений згусток молока було виявлено у пробах, де застосовували від 80 до 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Внесення найменшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту спричиняло утворення молочного згустку через 12,3 години від початку експерименту. Підвищення дози закваски до 20 мг дало змогу скоротити час утворення згустку на одну годину (табл. 3.54).

Таблиця 3.54 – Час утворення молочного згустку, год

Група проб	Використана закваска	
	Іммобілізована на пектині	Іммобілізована на желатині
I	12,3±0,24	13,3±0,21
II	11,3±0,34	13,0±0,12
III	10,2±0,12	11,4±0,23
IV	9,3±0,32	11,0±0,17
V	8,4±0,22	9,3±0,12
VI	7,3±0,11	9,0±0,09
VII	7,1±0,18	8,3±0,05
VIII	6,3±0,10	7,5±0,13
IX	6,1±0,09	7,5±0,16
X	5,5±0,13	7,0±0,12
XI	5,3±0,12	6,5±0,11
XII	5,2±0,18	6,3±0,06
XIII	5,0±0,10	6,0±0,08
XIV	5,0±0,13	5,5±0,14
XV	4,9±0,17	5,3±0,18
XVI	4,3±0,07	5,1±0,11

Виявлено також, що більше 8 годин не формувався згусток молока у III–V групах. У цих варіантах утворення згустку відмічали через 8,4–10,2 години після внесення закваски. Найшвидше було сформовано згусток у пробах, до яких вносили по 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині на 200 см³ молока.

Застосування 10 мг закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, сприяло збільшенню часу утворення згустку на одну годину, у порівнянні з варіантом, де використовували таку кількість закваски, стабілізованої на модифікованому пектині. Аналогічно використання 20–50 мг закваски, де носієм слугував модифікований желатин, подовжувало час формування згустку на 1,1–2,3 години відносно такої самої маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині. Підвищення дози закваски на модифікованому желатині до 70 мг на 200 см³ молока не дає змоги отримати йогурт із якісним згустком. За найбільшої дози закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, утворення згустку було зафіксовано через 5,1 години після її внесення. Встановлено, що із підвищенням дози іммобілізованої закваски час утворення згустку молока зменшується. Використання закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, дає змогу швидше отримати йогурт із бажаними органолептичними характеристиками.

Досліджуючи титровану кислотність продуктів сквашування на 8 годину ферментування встановлено, що оптимальна кислотність була у йогуртах, на виготовлення яких використано від 60 до 100 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині. Внесення високих доз закваски від 110 до 160 мг на 200 см³ молока спричиняє утворення титрованої кислотності у йогурті більше 90 °Т (табл. 3.55).

Найнижча титрована кислотність була в молоці, де застосовували по 10 мг закваски, іммобілізованої на різних носіях. Показник становив 30,1 та 39,9 °Т. Кислотність молока у II, III, IV та V групах проб за сквашування закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині була меншою,

відповідно, на 19,3; 18,3; 14,9 та 13,7 % відносно продукту, для сквашування якого застосовували закваску, іммобілізовану на модифікованому пектині.

Таблиця 3.55 – Титрована кислотність кінцевого продукту на 8 годину сквашування, °Т

Група проб	Використана закваска	
	Іммобілізована на пектині	Іммобілізована на желатині
I	39,9±1,54	30,1±2,03
II	48,5±0,78	39,1±1,09
III	49,3±1,55	40,3±0,67
IV	52,3±0,96	44,5±0,97
V	58,3±2,08	50,3±1,45
VI	87,4±0,89	52,2±1,78
VII	88,1±2,67	67,8±2,23
VIII	88,9±2,76	81,8±1,33
IX	90,3±0,56	84,3±1,56
X	90,7±0,78	87,2±0,75
XI	91,7±1,65	87,9±3,03
XII	91,6±1,97	90,3±0,78
XIII	92,2±0,67	90,0±0,59
XIV	93,1±3,06	92,1±1,65
XV	93,5±1,33	92,9±1,45
XVI	94,0±0,95	93,2±2,78

Оптимальна титрована кислотність була у йогуртах, під час виготовлення яких було використано від 80 до 130 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині. Використання закваски для йогурту, іммобілізованої на модифікованому пектині, у VIII–XVI групах сприяє одержанню готових продуктів із вищою титрованою кислотністю, у

порівнянні з йогуртами, виготовленими із використанням закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Розрахунковим методом визначали аналітичний вид апроксимуючих функцій.

Встановили, яка аналітична функція може відповідати залежності часу утворення згустку від маси закваски. Ця функція має обернено пропорційну залежність від маси. Вона може бути або експоненціальною, або гіперболічною. Експоненціальна має вигляд:

$$T(m) = \exp(a_0 + a_1 m), \quad (1)$$

де a_0 і a_1 – параметри функції, які не змінюються в межах досліджуваного часового ряду. (2 і 3)

Параметри експоненціальної регресії знаходимо за методом найменших квадратів (МНК), попередньо перетворюючи (1) в лінійну регресію:

$$\ln(T(m)) = a_0 + a_1 m, \quad (4)$$

$$z = a_0 + a_1 m, \quad (5)$$

де $z = \ln(T(m))$,

З МНК отримуємо [1]:

$$a_1 = (\overline{mz} - \overline{m} \cdot \overline{z}) / (\overline{m^2} - (\overline{m})^2); \quad a_0 = \overline{z} - a_1 \overline{m}, \quad (6)$$

де $\overline{mz} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{n}$; $\overline{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$; $\overline{z} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$; $\overline{m^2} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2}{n}$; n – обсяг вибірки.

Спадаюча експоненціальна регресія (3) за $t \rightarrow \infty$ асимптотично наближається до нуля, але коли статистичні дані не відповідають такій асимптоті, запропоновано використовувати модифіковану експоненціальну регресію [279, 332]:

$$T_1(m, c) = \exp[a_0(c) + a_1(c) \cdot m] + c, \quad (7)$$

де c – коефіцієнт, який відповідає асимптотичному значенню. Параметри модифікованої експоненціальної регресії знаходимо аналогічно (4) – (6), а

параметр c знаходимо чисельним методом, з мінімуму середньої абсолютної відсоткової помилки апроксимації:

$$MAPE(c) = \frac{100\%}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{E(m, c)_i}{T_{1e}(m)_i} \right|, \quad (8)$$

де $E(m, c) = T_{1e}(m) - T_1(m, c)$ – різниця між статистичними та регресійними значеннями часу утворення згустку для певної маси закваски m .

Гіперболічна регресія має наступну залежність від маси закваски [223]:

$$T_2(m) = a_2 + \frac{a_3}{m}. \quad (9)$$

Роблячи заміну змінної $t = 1/m$, отримуємо з (9) лінійну регресію:

$$T_2(m) = a_2 + a_3 \cdot t, \quad (10)$$

параметри якої знаходимо за методом найменших квадратів аналогічно (6).

За визначення залежності титрованої кислотності йогурту від маси іммобілізованої закваски враховували, що кислотність залежить від кількості стабілізованих мікроорганізмів, яка відповідає логістичній функції Перла–Ріда, а оскільки кислотність молока дорівнює c_1 , то використовували модифіковану регресію Перла–Ріда [274, 359]:

$$N(m, N_m) = \frac{N_m}{1 + \exp(a_2 - a_3 \cdot m)} + c_1, \quad (11)$$

де N_m – максимальне асимптотичне значення регресії.

Для того, щоб визначити зі статистичних даних параметри логістичної регресії перетворювали (11) в лінійну регресію [279]:

$$\frac{N_m}{N_e(m) - c_1} - 1 = \exp(a_2 - a_3 \cdot m), \quad (12)$$

$$Z(m, N_m) = a_2(N_m) - a_3(N_m) \cdot m, \quad (13)$$

де $Z(m, N_m) = \ln\left(\frac{N_m}{N_e(m) - c_1} - 1\right)$.

Параметри лінійної регресії (13) $a_2(N_m)$ і $a_3(N_m)$ знаходили за методом МНК аналогічно (6), параметр N_m визначали чисельним методом за умови мінімуму середньої абсолютної відсоткової помилки апроксимації:

$$MAPE(N_m) = \frac{100\%}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{E(m, N_m)_i}{N_e(m)_i} \right|, \quad (14)$$

де $E(m, N_m) = N_e(m) - N(m, N_m)$ – різниця між експериментальним та регресійним значенням титрованої кислотності для конкретної маси закваски.

Із проведеного регресійного аналізу експериментальних даних по визначенню часу утворення молочного згустку залежно від маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині та желатині (табл. 3.54), встановлено, що їм відповідають модифіковані експоненціальні регресії (рис. 3.7):

$$T_{1p}(m, c) = \exp[a_{0p}(c) + a_{1p}(c) \cdot m] + c_p, \quad (15)$$

$$T_{1g}(m, c) = \exp[a_{0g}(c) + a_{1g}(c) \cdot m] + c, \quad (16)$$

де m - маса закваски, $a_{0p} = 2,357$, $a_{1p} = -0,016$, $c_p = 3,913$, $MAPE_p = 2,482\%$;
 $a_{0g} = 2,444$, $a_{1g} = -0,011$, $c_g = 3,23$, $MAPE_g = 1,996\%$.

Помилка апроксимації в межах експериментальної похибки.

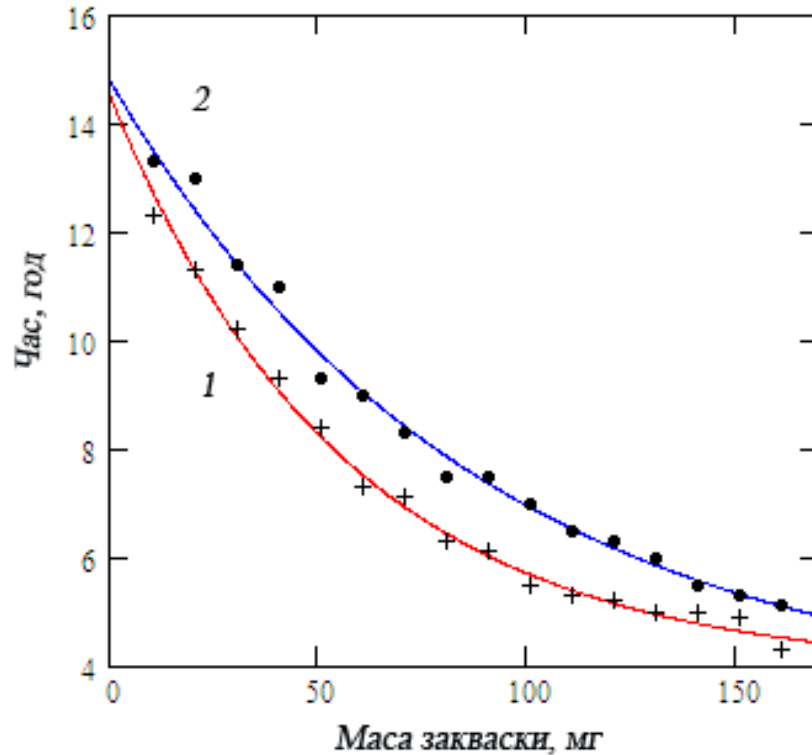


Рис.3.7. Залежність часу утворення молочного згустку від маси закваски T_{lp} (1), T_{lg} (2).

Стосовно гіперболічної регресії встановлено, що вона не відповідає експериментальним дослідженням залежності утворення молочного згустку від маси закваски.

За регресійного дослідження залежності титрованої кислотності йогурту від маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині та желатині, встановлено, що їм відповідають модифіковані регресії Перла–Ріда (рис. 3.8):

$$N_p(m, N_{mp}) = \frac{N_{mp}}{1 + \exp(a_{2p} - a_{3p} \cdot m)} + c_1, \quad (17)$$

$$N_g(m, N_{mg}) = \frac{N_{mg}}{1 + \exp(a_{2g} - a_{3g} \cdot m)} + c_1, \quad (18)$$

де $a_{2p} = 1,342$, $a_{3p} = 0,044$, $N_{mp} = 76,107$, $c_1 = 18$, $MAPE_p = 5,26\%$;

$a_{2g} = 2,072$, $a_{3g} = 0,04$, $N_{mg} = 76,239$, $MAPE_g = 4,228\%$.

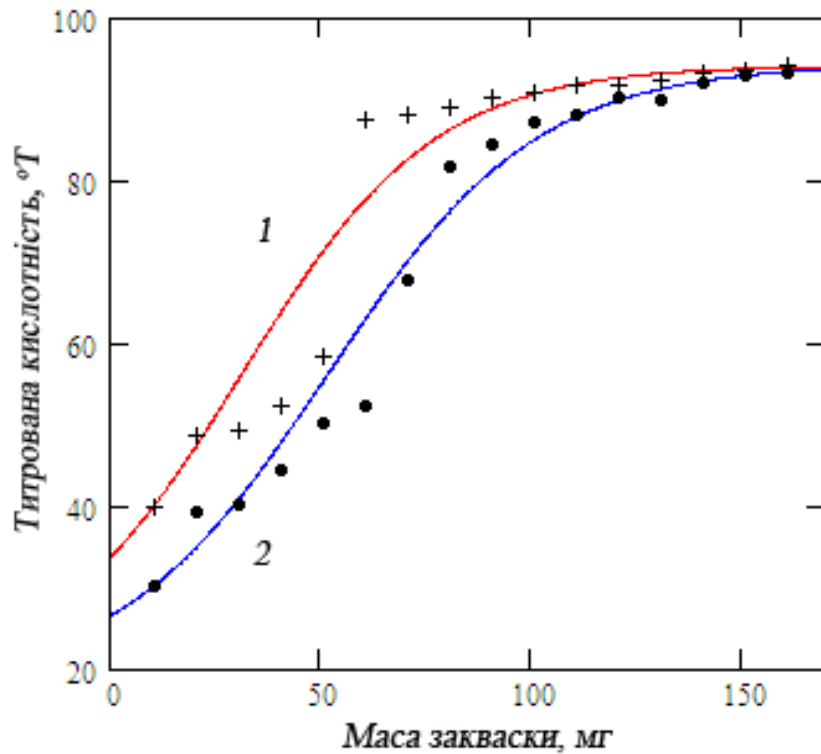


Рис. 3.8. Залежність величини титрованої кислотності кінцевого продукту від маси закваски N_p (1), N_g (2).

З регресій (17) і (18) можна визначити масу закваски m_x для наперед заданої кислотності N_x :

$$m_x = \frac{a_2 - \ln\left(\frac{N_m}{N_x - 18} - 1\right)}{a_3}, \quad (19)$$

а знаючи m_x , з регресій (15) або (16) можливо вирахувати час початку утворення молочного згустку для закваски, іммобілізованої на пектині або желатині.

3.4.5 Встановлення оптимальної дози та форми іммобілізованої закваски стрептосану для сквашування молока

Для виявлення дози іммобілізованої закваски стрептосану на модифікованому пектині та модифікованому желатині, за якої проходить

оптимальне сквашування певної одиниці молока, в однаковий об'єм останнього вносили різний вміст заквасок, іммобілізованих на різних носіях.

Після 8 годин термостатування було виявлено, що внесення найменших доз іммобілізованих заквасок (проби I групи) не сприяло згортанню молока. Підвищення дози іммобілізованих на різних носіях заквасок стрептосану до 45–75 мг на 250 см³ не супроводжувалось згортанням молока (табл. 3.56).

Змішування 80–100 мг іммобілізованої на модифікованому желатині закваски із 250 см³ молока не сприяло утворенню молочного згустку протягом 8 годин культивування. Встановлено, що використання 105 мг іммобілізованої на желатині закваски дало змогу одержати кінцевий продукт із вираженим молочним згустком. Підвищення дози від 110 до 130 мг на 250 см³ молока теж характеризувалось утворенням в міру щільного згустку.

Таблиця 3.56 – Присутність згустку молока на 8 годину від початку експерименту

Група проб молока	Закваска	
	Іммобілізована на желатині	Іммобілізована на пектині
I	-	-
II	-	-
III	-	-
IV	-	-
V	-	-
VI	-	-
VII	-	-
VIII	-	-
IX	-	-
X	-	-
XI	-	+
XII	-	+
XIII	-	+

XIV	+	+
XV	+	+
XVI	+	+
XVII	+	+
XVIII	+	+
XIX	+	+

Примітка: «+» – утворений в міру щільний згусток, «-» – згусток відсутній

Додавання до молока 80–85 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не дало змоги протягом 8 годин термостатування отримати молочний згусток. Найменша доза цієї закваски, за якої було одержано молочний згусток, становила 90 мг на 250 см³ молока.

За присутності у молоці 95–130 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски виявлено його згортання протягом дослідного часу. Отже, застосування на 14,3 % менше іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану, порівнюючи із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині, спричиняє до згортання молока.

Експериментально встановлено, що використання найменших доз іммобілізованих заквасок не дало змоги одержати молочний згусток протягом 20 годин термостатування. Аналогічний результат було отримано за внесення до молока іммобілізованих заквасок стрептосану в дозі 45 мг на 250,0 см³ молока (табл. 3.57).

Таблиця 3.57 – Час згортання молока, год

Група проб молока	Закваска	
	Іммобілізована на желатині	Іммобілізована на пектині
I	протягом 20 годин згустку не виявлено	протягом 20 годин згустку не виявлено
II	протягом 20 годин згустка не виявлено	протягом 20 годин згустка не виявлено

III	18,3±1,06	17,1±0,98
IV	16,2±0,65	15,4±0,56
V	15,4±0,45	14,1±0,47
VI	15,0±1,02	13,1±0,38
VII	13,1±1,34	12,5±0,86
VIII	12,4±0,95	11,3±0,56
IX	12,0±0,85	10,0±0,34
X	11,1±1,05	8,5±0,76
XI	10,4±0,85	7,3±0,78
XII	10,2±0,66	7,1±0,87
XIII	9,1±0,76	7,0±0,98
XIV	8,0±0,83	6,5±0,34
XV	7,5±0,36	6,3±0,25
XVI	7,0±0,27	6,0±0,64
XVII	6,5±0,64	5,5±0,33
XVIII	6,3±0,34	5,5±0,54
XIX	6,1±0,29	5,3±0,65

У пробах, де застосовували 50 мг іммобілізованої на модифікованому желатині закваски, згортання молока відмічали лише через 18,3 години після початку ферментування. Підвищення дози закваски до 55 мг сприяло скороченню часу утворення молочного згустку на 11,5 %, у порівнянні з III групою проб. У V, VI, VII, VIII, IX та X групах проб час утворення молочного згустку був скорочений, відповідно, на 17,5; 23,4; 26,9; 33,9; 41,5 % та у 2,01 раза, порівняно з показником, отриманим у III групі проб.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту іммобілізованих на різних носіях заквасок стрептосану в молоці час його згортання зменшується. За використання найбільшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски (XIX група) час згортання молока становив 5,3 години. Цей

показник був меншим на 13,1 % відносно даних, отриманих із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Отже, виявлено, що згортання молока за оптимального часу можливо здійснювати, використовуючи меншу дозу іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану, порівнюючи із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Титрована кислотність змінювалася залежно від вмісту іммобілізованих заквасок у молоці. Внесення 40 мг іммобілізованої на модифікованому желатині закваски дало змогу підвищити, впродовж 8 годин термостатування, титровану кислотність кінцевого продукту лише на 17,6 % відносно титрованої кислотності молока (базове), яке використовували для досліду (18,1 °Т) (табл. 3.58).

Таблиця 3.58 – Кислотність продукту після 8 годин термостатування, °Т

Група проб молока	Закваска	
	Іммобілізована на желатині	Іммобілізована на пектині
I	21,3±1,23	23,1±0,50
II	22,0±0,96	23,6±0,60
III	28,5±1,31	29,5±0,70
IV	30,1±2,10	31,0±1,40
V	32,3±1,08	36,4±3,65
VI	34,3±1,07	39,5±1,60
VII	35,3±2,00	42,1±1,33
VIII	45,3±0,65	45,3±2,40
IX	47,9±0,47	65,3±3,20
X	48,7±1,45	75,3±1,20
XI	52,8±0,78	85,4±1,36
XII	57,2±0,47	86,8±1,20
XIII	63,4±1,42	86,8±2,30

XIV	83,4±1,30	87,5±2,30
XV	84,1±1,30	88,0±1,32
XVI	84,7±1,06	88,3±4,01
XVII	85,5±2,32	88,8±2,40
XVII	89,6±3,26	92,2±3,60
XIX	92,4±3,98	94,4±2,90

Використання 45 мг закваски, стабілізованої на модифікованому желатині, суттєво не вплинуло на титровану кислотність кінцевого продукту. Показник був вищим, ніж у I групі проб, на 3,3 %. Внесення від 50 до 105 мг закваски, стабілізованої на модифікованому желатині, на 250 см³ молока сприяє підвищенню титрованої кислотності продукту впродовж 8 годин термостатування від 15,7 % до 3,5 раза відносно кислотності базового молока. У пробах, де застосовували від 105 до 125 мг іммобілізованої на модифікованому желатині закваски кислотність продуктів відповідала нормативним вимогам. Підвищення дози закваски до 130 мг (XIX група проб) сприяло утворенню найвищої кислотності – більше 90 °Т.

Внесення від 50 до 85 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски у проби молока не дало змоги одержати кінцевий продукт із потрібною кислотністю. Кислотність сквашеного молока у цих випадках була вищою на 1,0–26,6 °Т, у порівнянні з кислотністю продуктів, отриманих за використання аналогічних доз іммобілізованої закваски на модифікованому желатині. Використання від 90 до 120 мг, закваски іммобілізованої на модифікованому пектині, дає змогу отримати кисломолочний продукт із стандартизованою титрованою кислотністю. Підвищення дози закваски більше 120 мг супроводжувалось зростанням кислотності вище 90 °Т.

Протягом 8-годинного термостатування сквашування молока можливо провести за використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану в кількості 360 і більше мг на літр та за використання

імобілізованої на модифікованому желатині закваски стрептосану в кількості 420 і більше мг на літр.

Для виготовлення кисломолочного продукту оптимальною дозою імобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану є 360–380 мг/л молока.

3.4.6 Вивчення впливу часу й умов зберігання на активність нативної та імобілізованої заквасок для йогурту

Застосування нативної закваски через 6 місяців зберігання за температури 3–4 °С дало змогу одержати йогурт із сформованим, однорідним згустком, вираженим натуральним смаком. Сторонніх присмаків не було виявлено. Аналогічний кінцевий продукт було одержано за використання імобілізованої закваски для йогурту. Зовнішній вигляд, консистенція і смак йогурту відповідали нормативним вимогам (табл. 3.59 та 3.60).

Таблиця 3.59 – Органолептичні показники продукту сквашування молока нативною закваскою для йогурту, яку зберігали за 3–4 °С

Варіант (відбір проб)	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак
Після 6 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 12 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 18 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 24 місяців	Чітко сформований,	Виражений натуральний

зберігання	однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 30 місяців зберігання	Злегка тягуча, однорідна, біла, непрозора рідина	Без сторонніх присмаків злегка кислого молока
Після 36 місяців зберігання	Однорідна, непрозора, біла рідина	Свіжого коров'ячого молока після пастеризації
Після 42 місяців зберігання	Однорідна, непрозора, біла рідина	Свіжого коров'ячого молока після пастеризації

Внесення у зразки молока проб нативної та іммобілізованої заквасок через 12 місяців зберігання дало змогу отримати йогурти високої якості. За органолептичними показниками продукти не різнилися і відповідали нормам.

Таблиця 3.60 – Органолептичні показники продукту сквашування молока іммобілізованою закваскою для йогурту, яку зберігали за 3–4 °С

Варіант (відбір проб)	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак
Після 6 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 12 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 18 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 24 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 30 місяців зберігання	Чітко сформований,	Виражений натуральний

зберігання	однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 36 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 42 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено

За смаком, консистенцією та зовнішнім виглядом йогурти, які було виготовлено за участі нативних та іммобілізованих заквасок, які зберігали протягом двох років, були ідентичні продуктам, одержаним із заквасок, термін зберігання яких становив 6 місяців. Установлено, що після внесення у молоко нативної закваски, яку зберігали впродовж 30 місяців, у кінцевого продукту була злегка тягуча консистенція. Молоко після ферментації мало злегка кислий смак. Цей продукт за органолептичними ознаками не відповідав вимогам для йогурту.

Застосування після 30 місяців зберігання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски дало змогу отримати йогурт із помірним рівномірним згустком, без активного відділення сироватки й утворення газів. Цей продукт мав натуральний виражений кисломолочний смак.

Доведено, що застосування нативної закваски після 36 та 42 місяців зберігання за температури 3–4 °С не спричиняло ферментування молока. Кінцевий продукт за зовнішнім виглядом та смаком нічим не різнився від свіжого молока після пастеризації.

Стабільність активності нативної та іммобілізованої заквасок для йогурту перевіряли за їх збереження за температури 18–22 °С. Піврічне зберігання заквасок не вплинуло на їх активність – кінцевий продукт сквашування молока за органолептичними показниками відповідав нормативним вимогам (табл. 3.61 і 3.62).

Таблиця 3.61 – Органолептичні показники продукту сквашування молока нативною закваскою для йогурту, яку зберігали за 18–22°С

Варіант (відбір проб)	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак
Після 6 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 12 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 18 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 24 місяців зберігання	Злегка тягуча, однорідна біла, непрозора рідина	Без сторонніх присмаків злегка кислого молока
Після 30 місяців зберігання	Однорідна, непрозора, біла рідина	Свіжого коров'ячого молока після пастеризації
Після 36 місяців зберігання	Однорідна, непрозора, біла рідина	Свіжого коров'ячого молока після пастеризації
Після 42 місяців зберігання	Однорідна, непрозора, біла рідина	Свіжого коров'ячого молока після пастеризації

Сквашування молока нативною закваскою (час зберігання 12 місяців) дало змогу отримати кінцевий продукт із натуральним кисломолочним смаком і добре сформованим згустком. За зовнішніми ознаками йогурт, отриманий із використанням іммобілізованої закваски, яку зберігали 12 місяців, був аналогічний продукту, отриманому із нативною закваскою.

Таблиця 3.62 – Органолептичні показники продукту сквашування молока іммобілізованою закваскою для йогурту, яку зберігали за 18–22°С

Варіант (відбір проб)	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак
Після 6 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 12 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 18 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 24 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 30 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 36 місяців зберігання	Чітко сформований, однорідний, білий згусток із помірною в'язкістю	Виражений натуральний кисломолочний. Сторонніх присмаків не виявлено
Після 42 місяців зберігання	Рідкий, слабосформований згусток	Кисломолочний, слабо виражений. Сторонніх присмаків не відчувалось

Внесення у молоко нативної та іммобілізованої заквасок після 18 місяців зберігання дало змогу отримати високоякісний йогурт. За зберігання нативної закваски впродовж 24 місяців додавання її у молоко не сприяло утворенню якісного йогурту. Молоко стало лише тягуче і кисле. Використання іммобілізованої закваски після 24 місяців зберігання дало змогу отримати якісний кисломолочний продукт. Дія нативної закваски після

30 місяців зберігання припинялась. Згортання молока не було виявлено. За кімнатної температури зберігання впродовж 30 та 36 місяців іммобілізована закваска зберігала свою активність. Виготовлений за її участі йогурт мав добрі органолептичні показники. За смаком та консистенцією кисломолочний продукт, виготовлений із закваски, яку зберігали 42 місяці, не відповідав вимогам. Згусток молока був рідким.

Титрована кислотність йогурту виготовленого із нативної та іммобілізованої заквасок (зберігання 6–24 місяців за температури 3–4°C), була в межах 81,2–95,3 °Т, що відповідало встановленим нормам для цього продукту (табл. 3.63).

Таблиця 3.63 – Кислотність кінцевого продукту сквашування молока різними заквасками для йогурту, °Т, $M \pm m$, $n=4$

Варіант (відбір проб)	Зберігання закваски за температури			
	3–4 °С (нативна)	3–4°C (іммобілізована)	18–22°C (нативна)	18–22°C (іммобілізована)
Після 6 місяців зберігання	87,6±1,23	95,3±2,23	89,5±1,23	90,3±2,50
Після 12 місяців зберігання	89,9±2,43	92,1±1,14	92,5±2,19	93,4±1,40
Після 18 місяців зберігання	93,2±0,95	95,1±1,50	90,5±1,05	95,3±3,15
Після 24 місяців зберігання	81,2±2,13	92,3±2,40	43,2±1,16	89,7±1,20
Після 30 місяців	38,7±2,21	89,3±1,16	18,6±2,18	92,8±2,50

зберігання				
Після 36 місяців зберігання	19,3±1,05	90,2±1,50	19,0±2,10	85,7±1,16
Після 42 місяців зберігання	19,7±1,54	93,4±2,40	18,4±0,50	62,4±2,54

Кінцевий продукт, виготовлений за участі нативної закваски, яку зберігали 30 місяців, мав меншу титровану кислотність у 2,3 раза у порівнянні з кислотністю йогурту, виготовленого із закваскою, яку зберігали лише 6 місяців. Титрована кислотність молока після сквашування його із нативною закваскою, яку зберігали 36 місяців, була меншою у 4,5 раза відносно варіанта де аналогічну закваску зберігали півроку. Виготовлений йогурт за участі іммобілізованої закваски (час збереження 42 місяці) мав титровану кислотність на рівні 93,4 °Т.

Використання іммобілізованої та нативної заквасок після 6–18 місяців зберігання за температури 18–22 °С дає змогу отримати йогурт із титрованою кислотністю 89,5–95,3 °Т, що відповідає нормативним вимогам. Збільшення часу зберігання нативної закваски на півроку зумовлювало, що кислотність кінцевого продукту знижувалась удвічі. Виявлено, що іммобілізація закваски для йогурту дає змогу збільшити час її використання на 18 місяців, у порівнянні з нативною формою.

Отже, органолептичні показники йогурту, виготовленого із застосуванням закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині після 36 місяців її зберігання за різних температурних режимів, відповідають нормативним вимогам. Іммобілізація закваски для йогурту на модифікованому пектині збільшує час її придатності на 18 місяців, у порівнянні з нативною формою.

3.4.7 Дослідження впливу часу й умов зберігання на активність нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану

Застосування проб нативної закваски стрептосану відібраних через 6 місяців зберігання за температури 3–4 °С, дало змогу одержати кінцевий продукт сквашування молока, який мав чітко виражений кисломолочний смак. Сторонніх присмаків ферментації не відмічали. Молочний згусток був у міру щільним. Нерегламентованого відділення сироватки не виявлено (табл. 3.64).

Таблиця 3.64 – Сенсорні показники кінцевих продуктів сквашування молока нативною закваскою стрептосану (зберігання закваски за 3–4 °С)

Час відбору проб заквасок	Консистенція та зовнішній вигляд	Смак
Після 6 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 12 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 18 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено

Після 24 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 30 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 36 місяців зберігання	Несформований згусток. По всій товщині зустрічаються тяжі, утворені із казеїну	Кислового молока.

За внесення проб закваски, які зберігали впродовж 12 місяців, було одержано кисломолочний продукт, який за сенсорними показниками відповідав технічним вимогам. Смак, консистенція та зовнішній вигляд сквашеного молока заквасками стрептосану, які зберігали 18–30 місяців, був аналогічним, що і у продуктах, отриманих через 6 та 12 місяців після початку експерименту. Доведено, що застосування закваски (36 місяців зберігання) не дало змоги отримати якісний кисломолочний продукт. Молоко мало несформований згусток і кислий смак.

Аналізуючи кисломолочний продукт, отриманий за використання іммобілізованої закваски після 6 місяців її зберігання, було встановлено, що сквашене молоко не мало неприємного, прогірклого чи кормового смаку. Згустки молока були рівномірні, добре сформовані (табл. 3.65).

Таблиця 3.65 – Сенсорні показники кінцевих продуктів сквашування молока іммобілізованою закваскою стрептосану (зберігання закваски за 3–4 °С)

Час відбору проб заквасок	Консистенція та зовнішній вигляд	Смак
Після 6 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 12 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 18 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 24 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 30 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 36 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір	Чітко виражений, натуральний

	білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
--	---	---

За сенсорними показниками кисломолочні продукти, для виготовлення яких застосовували проби заквасок через 12–36 місяців зберігання, були якісними і не різнилися від молока, сквашеного заквасками, відібраними через 6 місяців зберігання.

Отже, нативна закваска через 36 місяців зберігання за температури 3–4 °С втрачає властивість ефективно впродовж 8 годин сквашувати молоко. Водночас іммобілізована на модифікованому пектині закваска має стабільну активність впродовж трьох років її зберігання.

Науковий інтерес також представляє вивчення стабільності активності нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану за їх зберігання за кімнатної температури (18–22 °С).

Виявлено, що сквашене молоко пробами нативної закваски, відібраними після 6 місяців зберігання, було якісним і за консистенцією, зовнішнім виглядом та смаком відповідало вимогам (табл. 3.66).

Таблиця 3.66 – Сенсорні показники кінцевих продуктів сквашування молока нативною закваскою стрептосану (зберігання закваски за 18–22 °С)

Час відбору проб заквасок	Консистенція та зовнішній вигляд	Смак
Після 6 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 12 місяців	Однорідний, помірно	Чітко виражений,

зберігання	щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 18 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 24 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 30 місяців зберігання	Несформований згусток. По всій товщині зустрічаються тяжі, утворені із казеїну	Кислового молока
Після 36 місяців зберігання	Рідина білого кольору, без згустків і тяжів	Несвіжого молока. Сторонніх присмаків не відмічено

Кінцеві продукти, одержані за внесення у молоко нативних заквасок стрептосану, які зберігали 12–24 місяці, мали добре виражений, ніжний кисломолочний смак. Без надмірного руйнування згустку сироватка не відділялась. Згусток характеризувався однорідністю за кольором та консистенцією. Внесення у молоко закваски, яку зберігали 30 місяців, не дало змоги одержати якісного продукту ферментації. Кінцеві продукти мали смак кислого молока. Згусток молока був у вигляді неоднорідних білкових тяжів.

Не виявлено ефекту скисання молока після внесення у нього нативних заквасок, проби яких відбирали через 36 місяців від початку експерименту. За смаком кінцеві продукти нагадували несвіже молоко, без будь-яких згустків.

Внесення іммобілізованих заквасок, які зберігали впродовж 6 місяців, сприяло утворенню у молоці однорідних згустків білого кольору. Згустки мали помірну щільність. За смаком ферментовані продукти відповідали технічним вимогам (табл. 3.67).

Таблиця 3.67 – Сенсорні показники кінцевих продуктів сквашування молока іммобілізованою закваскою стрептосану (зберігання закваски за 18–22°С)

Час відбору проб заквасок	Консистенція та зовнішній вигляд	Смак
Після 6 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 12 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 18 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 24 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено

зберігання	щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 30 місяців зберігання	Однорідний, помірно щільний згусток. Колір білий. Без руйнування згустку сироватка не відділяється	Чітко виражений, натуральний кисломолочний. Сторонніх неспецифічних присмаків не встановлено
Після 36 місяців зберігання	Рідкий несформований згусток. Сироватка не відділяється	Кислого молока

За досліджуваними сенсорними показниками кисломолочні продукти, сквашені за участі іммобілізованих заквасок стрептосану, які зберігали протягом 12–30 місяців, були ідентичні продуктам, виготовленими із використанням заквасок, термін зберігання яких становив 6 місяців. Доведено, що зберігання іммобілізованих заквасок стрептосану за кімнатної температури впродовж 36 місяців спричиняє втрати їх активності. Виготовлені кисломолочні продукти нагадували кисле молоко. Отже, іммобілізація пролонгує зберігання заквасок за кімнатної температури, у порівнянні з їх нативною формою.

Крім сенсорних показників, у ферментованому молоці визначали титровану кислотність. У продуктах сквашування молока, де використовували нативну закваску, яку зберігали 6–30 місяців за температури 3–4 °С титрована кислотність була в межах 73,3–79,2 °Т. За внесення у молоко нативної закваски, період зберігання якої становив 36 місяців, титрована кислотність кінцевого продукту знизилася в 1,7 раза порівняно із продуктом, отриманим за участі закваски, яку зберігали 6 місяців (табл. 3.68).

Таблиця 3.68 – Титрована кислотність сквашеного молока, °Т, $M \pm m$,
n=4

Час відбору проб заквасок	Температура зберігання заквасок			
	3–4 °С (нативна закваска)	3–4 °С (імобілізована закваска)	18–22 °С (нативна закваска)	18–22 °С (імобілізована закваска)
Після 6 місяців зберігання	78,5±2,34	80,2±1,76	77,6±1,89	81,5±4,12
Після 12 місяців зберігання	79,2±3,22	81,2±2,36	76,4±2,75	80,0±2,54
Після 18 місяців зберігання	76,4±1,78	78,7±3,88	76,9±3,45	76,4±3,42
Після 24 місяців зберігання	76,9±3,44	79,3±4,12	69,5±3,09	77,4±2,06
Після 30 місяців зберігання	73,3±2,12	75,6±2,09	40,7±2,33	73,5±3,62
Після 36 місяців зберігання	45,9±3,87	75,0±3,65	26,4±4,52	49,9±2,66

Внесення у молоко проб імобілізованих заквасок, які зберігали впродовж трьох років за температури 3–4 °С, сприяло утворенню титрованої кислотності на рівні 75,0 °Т. Використання нативної та імобілізованої заквасок стрептосану дворічного зберігання за температури 18–22 °С дає змогу отримати кисломолочні продукти із титрованою кислотністю 69,5–77,4

°Т, що задовольняє вимогам. Титрована кислотність ферментованого молока за участі нативних заквасок, які було відібрано після 30 та 36 місяців зберігання, була меншою, відповідно, в 1,9 та 2,9 раза відносно продуктів, сквашених закваскою, відібраною через півроку від початку досліду.

Нерегламентовану кислотність було виявлено у кисломолочних продуктах, для виготовлення яких застосовували іммобілізовану закваску стрептосану після трирічного зберігання за кімнатної температури.

Результати досліджень, викладені у цьому розділі, опубліковані у статтях [28, 35, 37, 41, 172].

3.5 Вивчення стійкості іммобілізованих заквасок до інгібуючих чинників у молоці

3.5.1 Порівняння стійкості нативної та іммобілізованої заквасок йогурту до різних доз пеніциліну в молоці

Згідно з сенсорним аналізом сквашених нативною закваскою зразків молока встановлено, що у контролі кінцевий продукт мав у міру в'язкий, чітко виражений, однорідного складу згусток. По всій товщі йогурт мав однорідне, біле забарвлення. За смаком продукт відповідав нормативним вимогам. Сторонніх присмаків не було встановлено (табл. 3.69).

За внесення у молоко пеніциліну в кількості 5,0 ОД/см³ не було встановлено порушення утворення йогурту. Кінцевий продукт мав чіткий, в міру в'язкий згусток із сформованим кисломолочним смаком. Збільшення вмісту бензилпеніциліну натрієвої солі до 10,0 ОД/см³ молока супроводжувалось погіршенням якості згустку йогурту. Останній мав занадто рідку консистенцію. Смак сквашеного молока не відповідав нормативним вимогам. Присутність у молоці 15,0 ОД/см³ пеніциліну (III дослідна група) сприяє поступовій втраті активності клітин закваски йогурту, що підтверджується відсутністю після дванадцяти годин термостатування утворення чіткого згустку. Продукт мав рідку консистенцію, із поодинокими

тягучими молочними згустками. Продукт сквашування мав смак кислого молока.

Таблиця 3.69 – Сенсорні показники молока, сквашеного нативною закваскою для йогурту

Група зразків	Зовнішній вигляд і консистенція продукту сквашування	Смак продукту сквашування
Контрольна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
I дослідна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
II дослідна	Рідкий згусток білого кольору.	Кисломолочний слабовиражений. Неприродних присмаків не виявлено
III дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками.	Кислого молока
IV дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжого молока
V дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжого молока
VI дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжого молока
VII дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжого молока
VIII дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжевидоєного молока
IX дослідна	Біла рідина, має тягучість	Несвіжевидоєного молока
X дослідна	Однорідна рідина білого	Несвіжевидоєного молока із

	кольору	присмаком пеніциліну
XI дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Не свіжевидоєного молока із присмаком пеніциліну
XII дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Свіжого молока із присмаком пеніциліну
XIII дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Свіжого молока із присмаком пеніциліну

У IV дослідній групі дія пеніциліну спричинила те, що молочний згусток взагалі не утворився. За консистенцією кінцевий продукт був рідким. Смак відповідав несвіжому молоку. Внесення антибіотика від 25,0 до 35,0 ОД/см³ зумовило одержання сквашеного молока аналогічному за сенсорними показниками IV дослідній групі. Вміст пеніциліну в молоці від 40 до 60 ОД/см³ сприяв інактивації молочних бактерій закваски йогурту. Кінцевий продукт термостатування мав рідку консистенцію зі смаком несвіжевидоєного молока.

За найбільшої дози антибіотика (65,0 ОД/см³) консистенція та зовнішній вигляд сквашеного молока не змінилися. Рідина мала смак свіжого молока із присмаком пеніциліну.

За відсутності пеніциліну в молоці (контроль) з допомогою іммобілізованої закваски було одержано йогурт, який за сенсорними показниками відповідав вимогам. Не виявлено впливу антибіотика в дозі 5,0 ОД/см³ молока на одержання якісного кисломолочного продукту. Йогурт I дослідної групи за смаком, консистенцією і виглядом не різнився від продукту, одержаного у контрольному варіанті (табл. 3.70).

Таблиця 3.70 – Сенсорні показники молока, сквашеного іммобілізованою закваскою для йогурту

Група зразків	Зовнішній вигляд і	Смак продукту сквашування
---------------	--------------------	---------------------------

	консистенція продукту сквашування	
Контрольна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
I дослідна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
II дослідна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
III дослідна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
IV дослідна	Виражений, в міру в'язкий, однорідний згусток білого кольору	Чітко сформований, натуральний кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
V дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний. Неприродних присмаків не

		виявлено
VI дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний. Неприродних присмаків не виявлено
VII дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока
VIII дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока
IX дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока
X дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока із присмаком пеніциліну
XI дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока із присмаком пеніциліну
XII дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока із присмаком пеніциліну
XIII дослідна	Біла рідина із поодинокими утвореними тягучими молочними згустками	Кислового молока із присмаком пеніциліну

Доведено, що за сквашування молока у II дослідній групі кінцевий продукт мав приємний, виражений кисломолочний смак. Сторонніх присмаків виявлено не було. Молочний згусток був у міру в'язкий.

Вміст пеніциліну $15,0 \text{ ОД/см}^3$ не мав негативного впливу на сквашування молока іммобілізованою закваскою. Сенсорні показники одержаного йогурту відповідали нормативним вимогам. Додавання до молока антибіотика у кількості $20,0 \text{ ОД/см}^3$ не вплинуло на процес його сквашування іммобілізованою закваскою для йогурту.

Підвищення вмісту пеніциліну до $25,0\text{--}30,0 \text{ ОД/см}^3$ мав деякий вплив на процес сквашування молока. За смаком і консистенцією було виготовлено йогурт нижчої якості. Молочний згусток був рідкий. Доведено, що за вмісту пеніциліну $35\text{--}65 \text{ ОД/см}^3$ дія іммобілізованої закваски не припиняється, однак суттєво погіршується. Кінцевий продукт мав кислий смак і поодинокі тягучі згустки. У XI–XIII групах продукт сквашування молока мав присмак антибіотика.

Досліджуючи титровану кислотність продуктів сквашування було встановлено, що у контролі, де використовували іммобілізовану закваску, показник відповідав вимогам щодо йогурту і становив $85,4 \text{ }^\circ\text{T}$. За присутності у молоці пеніциліну від $5,0$ до $20,0 \text{ ОД/см}^3$ титрована кислотність, під дією іммобілізованої закваски, статистично не різнилась від даних контролю (рис. 3.9).

За дії стабілізованої закваски і вмісту пеніциліну в молоці в межах $25\text{--}30 \text{ ОД/см}^3$ титрована кислотність зменшилась відносно контролю на $36,5\text{--}37,4 \%$. Із підвищенням концентрації бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці титрована кислотність кінцевого продукту сквашування знижується до $32,4\text{--}39,4 \text{ }^\circ\text{T}$, що у $2,1\text{--}2,6$ рази нижче, ніж у контрольній групі.

У контрольному варіанті, де використовували нативну закваску, титрована кислотність йогурту була найвищою і становила $88,3 \text{ }^\circ\text{T}$. У I дослідній групі (вміст антибіотика в молоці – $5,0 \text{ ОД/см}^3$) титрована кислотність йогурту була меншою, ніж у контролі, на $5,77 \%$. За додавання у молоко перед термостатуванням $10,0 \text{ ОД/см}^3$ антибіотика кислотність кінцевого продукту сквашування була в межах $62,9 \text{ }^\circ\text{T}$, що на $28,7 \%$ менше, ніж у контрольному варіанті.

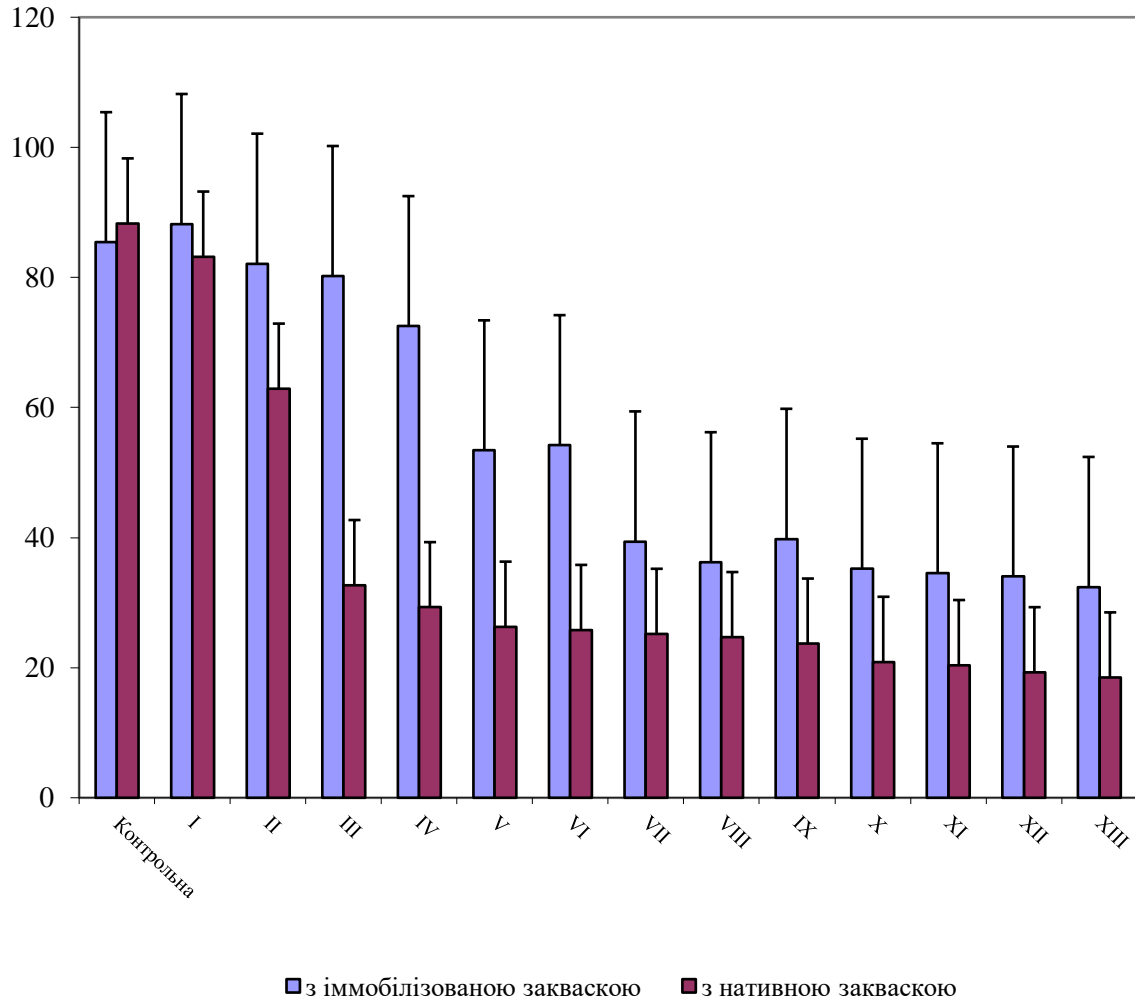


Рис. 3.9 Титрована кислотність сквашеного молока із вмістом пеніциліну, °Т.

Дія антибіотика на нативну закваску в дозі 15,0 ОД/см³ помітно впливає на зменшення кислотності кінцевого продукту. Результат дослідження був нижчим, ніж у контрольній групі, у 2,7 раза. У IV–IX дослідних групах зразків, де молоко містило антибіотик від 20,0 до 45,0 ОД/см³, титрована кислотність продуктів сквашування підвищилась лише на 39,4–72,3 % відносно цього показника у молоці на початку експерименту. Порівнюючи із контролем, кислотність у цих дослідних групах була нижчою у 3,01 та 3,72 раза. Зі збільшенням вмісту антибіотика у X–XIII групах активність нативної

закваски втрачалась, про що свідчить титрована кислотність молока, яка була у 4,2–4,7 рази меншою, ніж у контролі.

Порівнюючи титровану кислотність йогуртів, одержаних за допомогою іммобілізованої закваски із молока з вмістом пеніциліну 5,0, 10,0; 15,0 та 20,0 ОД/см³, із аналогічними продуктами сквашування нативною закваскою, доведено, що під час використання іммобілізованої закваски кислотність кінцевих продуктів була більшою, відповідно, на 6,0, 30,5 % та у 2,47 раза. Отже, доведено, що застосування іммобілізованої на модифікованому пектині закваски дає змогу отримати йогурт із молока з низьким вмістом пеніциліну.

3.5.2 Вивчення стійкості нативної та іммобілізованої заквасок йогурту до різних доз стрептоміцину в молоці

Досліджуючи зразки молока, де не вносили стрептоміцин (контрольна група), встановлено, що за дії нативної закваски йогурт мав однорідний в міру щільний згусток. Продукт мав природну консистенцію і однорідне біле забарвлення. Смак йогурту був натуральним кисломолочним і відповідав вимогам. Сторонніх присмаків не відмічали (табл. 3.71).

За додавання у молоко стрептоміцину сульфату в кількості 5,0 ОД/см³ нативна закваска не інактивувалась і сприяла утворенню в міру щільного молочного згустку. Одержаний йогурт мав задовільну якість. Кінцевий продукт мав кисломолочний смак. Збільшення вмісту дози стрептоміцину в молоці до 10,0 ОД/см³ сприяло погіршенню якості згустку кінцевого продукту. Молочний згусток був занадто рідким. Смак продукту сквашування не відповідав вимогам. Вміст у сировині 15,0 ОД/см³ антибіотика супроводжується інактивацією клітин мікроорганізмів закваски йогурту, що видно із майже відсутнього молочного згустку, який представлений поодинокими тягучими фракціями білка. За смаком цей продукт нагадував прокисле молоко.

Таблиця 3.71 – Сенсорні показники кінцевого продукту сквашування за дії нативної закваски

Група зразків	Зовнішній вигляд і консистенція продукту	Смак продукту
Контрольна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
I дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
II дослідна	Молочний згусток незадовільний. В'язкість продукту природна	Недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків
III дослідна	Дуже рідкий згусток із тягучих фракцій	Кислового молока
IV дослідна	Рідина однорідна, біла, злегка тягуча і непрозора	Кислового молока
V дослідна	Рідина однорідна, біла, злегка тягуча і непрозора	Кислового молока
VI дослідна	Рідина однорідна, біла, злегка тягуча і непрозора	Кислового молока
VII дослідна	Рідина однорідна, біла, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока
VIII дослідна	Рідина однорідна, біла, злегка тягуча і непрозора	Несвіжого молока
IX дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Несвіжого молока

X дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Несвіжого молока
XI дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Несвіжого молока
XII дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Свіжого молока
XIII дослідна	Однорідна рідина білого кольору	Свіжого молока

За дії стрептоміцину у зразках IV дослідної групи молочний згусток не утворився. Продукт мав рідку консистенцію. Смак нагадував кисле молоко. Додавання до молока стрептоміцину від 25,0 до 40,0 ОД/см³ сприяло одержанню після термостатування однорідної, злегка тягучої, білої рідини. Смак продукту відповідав несвіжому молоку. Присутність антибіотика у сировині від 45 до 55 ОД/см³ не дала змогу отримати йогурт, що є підтвердженням припинення дії мікроорганізмів закваски. Продукт сквашування мав рідку консистенцію.

За найбільших доз стрептоміцину (60–65,0 ОД/см³) молоко не змінило своєї консистенції та смаку.

Досліджуючи сенсорні показники продукту сквашування за дії іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту встановлено, що у контролі (молоко без вмісту стрептоміцину) одержано йогурт, який за показниками відповідає нормативним вимогам. Йогурт, одержаний у I дослідній групі, за консистенцією, смаком і виглядом був аналогічним продуктам одержаним у контрольних зразках. Ці результати є підтвердженням відсутності негативної дії дози антибіотика 5,0 ОД/см³ на іммобілізовану закваску для йогурту (табл. 3.72).

Таблиця 3.72 – Сенсорні показники кінцевого продукту сквашування за дії іммобілізованої закваски для йогурту

Група зразків	Зовнішній вигляд і консистенція продукту	Смак продукту
Контрольна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
I дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
II дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
III дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
IV дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
V дослідна	В міру сформований молочний згусток білого кольору. В'язкість продукту природна	Виражений натуральний кисломолочний. Нерегламентованих присмаків не відмічали
VI дослідна	Молочний згусток незадовільний. В'язкість продукту природна.	Недостатньо виражений кисломолочний без сторонніх присмаків

VII дослідна	Молочний згусток незадовільний. продукту природна	В'язкість	Недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків
VIII дослідна	Молочний згусток незадовільний. продукту природна	В'язкість	Недостатньо виражений кисломолочний, без сторонніх присмаків
IX дослідна	Дуже рідкий згусток із наявністю тягучих фракцій		Кислового молока
X дослідна	Дуже рідкий згусток із наявністю тягучих фракцій		Кислового молока
XI дослідна	Дуже рідкий згусток із наявністю тягучих фракцій		Кислового молока
XII дослідна	Дуже рідкий згусток із наявністю тягучих фракцій		Кислового молока
XIII дослідна	Дуже рідкий згусток із наявністю тягучих фракцій		Кислового молока

Не встановлено негативної дії стрептоміцину в дозі 10,0 ОД/см³. Продукт сквашування мав виражений, приємний кисломолочний смак. Сторонніх присмаків не було виявлено. Молочний згусток за консистенцією і зовнішнім виглядом був аналогічний контролю.

Доведено, що присутність у молоці антибіотика в дозі 15,0 ОД/см³ не порушила процесу його сквашування іммобілізованою закваскою. Кінцевий продукт за органолептичними показниками відповідав нормативним вимогам.

Не виявлено інактивації мікроорганізмів закваски для йогурту стрептоміцином у дозах 20–25 ОД/см³. Сенсорні показники одержаного йогурту були задовільними. Молочний згусток був у міру щільний. Смак був кисломолочний.

Збільшення вмісту антибіотика до 30,0–40,0 ОД/см³ мало негативний вплив на процес згортання молока. Кінцеві продукти за консистенцією та смаком були гіршими, ніж у контролі. Молочні згустки були незадовільними (рідкі), кисломолочний смак був невиражений. За вмісту стрептоміцину в молоці 45–65 ОД/см³ дія іммобілізованої закваски суттєво погіршується, однак не припиняється. Кінцевий продукт мав дуже рідкий згусток за рахунок поодиноких білкових тягучих фракцій. Смак сквашеного продукту відповідав прокислому молоку.

Вивчаючи титровану кислотність йогурту контрольних зразків, де використовували нативну та іммобілізовану закваски встановили, що показники відповідали вимогам і були в межах 90,4 та 87,4 °Т.

За внесення у молоко стрептоміцину від 5,0 до 15,0 ОД/см³ титрована кислотність кінцевих продуктів сквашування була майже аналогічною контролю. Різниця не перевищувала показників похибки. У IV та V дослідних групах титрована кислотність йогурту була меншою, ніж у контролі, відповідно, на 9,2 та 10,4 %, однак різниця не була статистично значущою (рис. 3.10).

Вміст стрептоміцину в молоці у кількості 30–40 ОД/см³ спричиняв до зменшення титрованої кислотності продуктів сквашування на 34,5–42,5 %. Підвищення вмісту антибіотика в молоці супроводжується зменшенням титрованої кислотності кінцевого продукту сквашування до 34,3–41,2 °Т, що у 2,1–2,5 раза менше, ніж у контрольному варіанті.

У варіанті, де використовували нативну закваску для молока без вмісту стрептоміцину, титрована кислотність йогурту була на рівні 90,4 °Т. У I дослідній групі, де молоко містило антибіотик у дозі 5,0 ОД/см³, титрована кислотність продукту сквашування була нижчою, ніж у контролі, на 11,2 %. Внесення у молоко стрептоміцину в кількості 10,0 ОД/см³ має вплив на нативну закваску для йогурту, що підтверджується зменшенням титрованої кислотності кінцевого продукту на 24,4 %, порівнюючи із контролем.

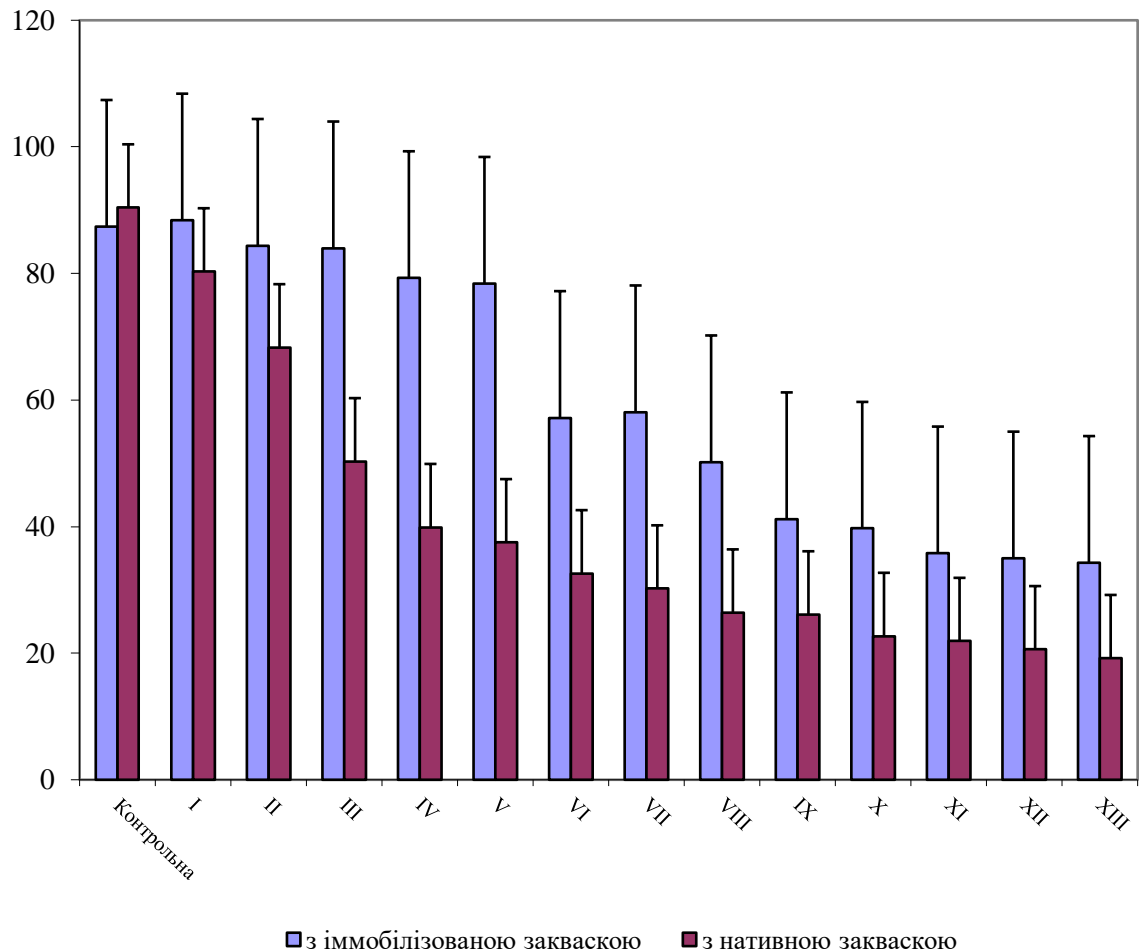


Рис.3.10 Титрована кислотність сквашеного молока із вмістом стрептоміцину, °Т.

Вплив стрептоміцину на нативну закваску йогурту в дозі 15,0 ОД/см³ відображається у зниженні титрованої кислотності продукту сквашування. Кислотність сквашеного молока була на 44,3 % нижчою, ніж у контролі. У IV та V дослідних групах титрована кислотність кінцевих продуктів знизилась, відповідно, у 2,3 та 2,4 раза відносно показника у контрольній групі. Із підвищенням вмісту стрептоміцину в молоці VI–XIII груп активність нативної закваски для йогурту зменшується. Відповідно, знижується титрована кислотність продуктів сквашування у 2,8–4,7 раза, порівнюючи із контролем.

Порівнюючи титровану кислотність йогурту, одержаного в контрольній групі із використанням нативної закваски, із цим показник у контрольній групі, де у молоко вносили іммобілізовану закваску, встановлено, що за використання нативної закваски кислотність продуктів була вищою на 3,4 %. Різниця була у межах похибки. Однак у II, III, IV та V дослідних групах, де до молока із вмістом стрептоміцину вносили іммобілізовану закваску, титрована кислотність була вищою, відповідно, на 19,0 і 40,1 % ($p < 0,01$) та в 1,98 ($p < 0,001$) і 2,09 ($p < 0,001$) раза, порівняно з аналогічними групами, де використовували нативну закваску. Виявлено, що сквашування молока із вмістом антибіотика від 30 до 65 ОД/см³ іммобілізованою закваскою спричиняє одержання продуктів сквашування із титрованою кислотністю вищою в 1,6–1,9 раза, ніж у продуктах сквашування нативною закваскою. Отже, доведено, що іммобілізована на модифікованому пектині закваска йогурту за вмісту в молоці стрептоміцину до 30 ОД/см³ не втрачає свою активність, що підтверджується показниками титрованої кислотності продуктів сквашування.

3.5.3 Дослідження здатності нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану сквашувати молоко за різної концентрації у ньому пеніциліну

З метою встановлення дії різних доз пеніциліну на інактивацію мікроорганізмів закваски стрептосану проводили сквашування молока її нативною та іммобілізованою на модифікованому пектині формами.

Досліджуючи стійкість нативної закваски стрептосану до різних доз пеніциліну в молоці, встановлено, що після термостатування зразків молока без додавання антибіотика вдалось отримати якісний кисломолочний продукт, який мав помірно в'язкий молочний згусток. Смак продукту був натуральним кисломолочним, без сторонніх присмаків. За внесення пеніциліну в кількості 2,5 ОД/см³ активність нативної закваски була дещо нижчою, ніж у контролі, що підтверджується слабовираженим

кисломолочним смаком та рідким згустком продукту сквашування (табл. 3.73).

Присутність у зразках молока 5,0 ОД/см³ антибіотика не дала змоги одержати якісний йогурт. Продукт сквашування був у вигляді рідини білого кольору, без утворення будь-яких згустків. Смак продукту відповідав кислому молоку. Підвищення вмісту пеніциліну до 7,5 ОД/см³ (III дослідна група) сприяло запобіганню сквашування молока після термостатування. Продукт після сквашування мав несвіжий смак. За додавання у молоко 10,0 ОД пеніциліну на см³ консистенція кінцевого продукту і його смак були наближеними до несвіжого молока. Сторонніх смаків у цих пробах не було виявлено. У V дослідній групі після додавання нативної закваски і термостатування молоко залишалось свіжим.

Продукти сквашування молока із VI–X дослідних груп, де до зразків вносили від 12,5 до 25 ОД бензилпеніциліну натрієвої солі на см³, за зовнішнім виглядом і смаком були аналогічними V дослідній групі.

Таблиця 3.73 – Сенсорні показники молока після додавання нативної закваски і його сквашування

Група зразків	Консистенція і зовнішній вигляд сквашеного продукту	Показники смаку сквашеного продукту
Контрольна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
I дослідна	Однорідний, рідкий згусток білого кольору. За механічного пошкодження згустку сироватка не	Слабовиражений кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували

	відділяється	
II дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Несвіже молоко без сторонніх присмаків
III дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Несвіже молоко без сторонніх присмаків
IV дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Несвіже молоко без сторонніх присмаків
V дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Свіже молока без сторонніх присмаків
VI дослідна	Білого кольору рідина. Молочних згустків не виявлено	Свіже молоко без сторонніх присмаків
VII дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Свіже молоко без сторонніх присмаків
VIII дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Свіже молоко без сторонніх присмаків
IX дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Свіже молоко без сторонніх присмаків
X дослідна	Рідина білого кольору. Молочних згустків не виявлено	Свіже молоко без сторонніх присмаків
XI дослідна	Рідина білого кольору.	Свіже молоко без сторонніх

	Молочних згустків не виявлено	присмаків
--	-------------------------------	-----------

За підвищення пеніциліну в сировині до 27,5 ОД/см³ (найвища доза) після сквашування зразки молока за сенсорними показниками не різнилися від даних на початок експерименту.

Застосовуючи іммобілізовану на модифікованому пектині закваску йогурту, в контрольній групі було одержано високоякісний кисломолочний продукт із задовільними сенсорними показниками. За присутності у молоці бензилпеніциліну натрієвої солі у кількості 2,5 ОД/см³ використання іммобілізованої закваски дало змогу одержати кінцевий продукт, який не різнився від контролю. Смак, зовнішній вигляд і консистенція відповідали вимогам (табл. 3.74).

Таблиця 3.74 – Сенсорні показники молока після додавання іммобілізованої закваски і його сквашування

Група зразків	Консистенція і зовнішній вигляд сквашеного продукту	Показники смаку сквашеного продукту
Контрольна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
І дослідна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували

II дослідна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
III дослідна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
IV дослідна	Помірно в'язкий, однорідний згусток білого кольору. Без механічного пошкодження згустку відділення сироватки не відбувається	Природний кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
V дослідна	Однорідний, рідкий згусток білого кольору. За механічного пошкодження згустку сироватка не відділяється	Слабовиражений кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
VI дослідна	Однорідний, рідкий згусток білого кольору. За механічного пошкодження згустку сироватка не відділяється	Слабовиражений кисломолочний. Неспецифічних присмаків не ідентифікували
VII дослідна	Дуже рідкий молочний	Смак кислого молока

	згусток	
VIII дослідна	Молочний згусток відсутній, зустрічаються поодинокі білкові утворення у вигляді білкових тяжів	Смак кислого молока
IX дослідна	Молочний згусток відсутній, зустрічаються поодинокі білкові утворення у вигляді білкових тяжів	Смак кислого молока
X дослідна	Молочний згусток відсутній, зустрічаються поодинокі білкові утворення у вигляді білкових тяжів	Смак кислого молока
XI дослідна	Молочний згусток відсутній, зустрічаються поодинокі білкові утворення у вигляді білкових тяжів	Смак кислого молока із присмаком пеніциліну

Підвищення вмісту пеніциліну в молоці до 5,0 ОД/см³ не мало негативного впливу на іммобілізовану закваску. Процес сквашування сировини протікав задовільно. Готовий продукт мав однорідний, сформований згусток, без відділення сироватки. Смак продукту сквашування був кисломолочним, аналогічним контролю. Якісні кисломолочні продукти також було отримано у III і IV дослідних групах. У цих варіантах іммобілізована на модифікованому пектині закваска стрептосану не зазнавала інактивації за вмісту в молоці 7,5 та 10,0 ОД/см³ антибіотика. Вміст у молоці пеніциліну в дозі 12,5 ОД/см³ послабив дію закваски, що зумовило погіршення сенсорних показників кінцевого продукту. Кисломолочні продукти мали рідкий згусток. Смак був слабовиражений кисломолочний. Аналогічні результати було отримано у VI дослідній групі.

У VII дослідній групі, де зразки молока містили по 17,5 ОД/см³ антибіотика, молочний згусток продукту сквашування був занадто рідкий. Смак був подібний до кислого молока. За вмісту бензилпеніциліну натрієвої солі у дозі 20,0–27,5 ОД на см³ молока процесу сквашування не відбувалось. Кінцевий продукт був рідким, як молоко, із поодинокими білковими згустками у вигляді тяжів. Смак відповідав кислому молоку. Отже, іммобілізована на модифікованому пектині закваска стрептосану, навіть за високих доз пеніциліну в молоці зберігає певний відсоток своєї активності і повністю не інактивується.

У контрольній групі, де застосовували іммобілізовану закваску стрептосану, титрована кислотність становила 83,2 °Т. Показник був меншим на 4,3 %, у порівнянні з кислотністю продукту, отриманого у контрольній групі, де застосовували нативну закваску (рис. 3.11).

Кисломолочний продукт, виготовлений у I дослідній групі за участі іммобілізованої закваски, мав титровану кислотність майже аналогічну контролю. Застосування іммобілізованих заквасок у II–IV дослідних групах дало змогу провести ефективне сквашування молока. Кінцеві продукти за титрованою кислотністю відповідали нормативним документам. Ці показники були меншими, ніж у контролі, відповідно, на 1,8 та 5,7 %, однак різниця була не статистичною.

Застосування 12,5 та 15,0 ОД діючої речовини пеніциліну на см³ молока спричинило до зменшення активності іммобілізованої закваски та зниження титрованої кислотності продуктів сквашування, відповідно, на 32,4 та 38,4 % відносно показників контролю. Виявлено зниження титрованої кислотності кисломолочних продуктів у VII дослідній групі на 44,2 %, порівнюючи із контролем. Присутність у молоці від 20,0 до 27,5 ОД антибіотика на см³ негативно вплинула на іммобілізовану закваску стрептосану. Сквашування молока було незадовільним, тому титрована кислотність була у 2,4–2,7 раза меншою, ніж у контрольній групі.

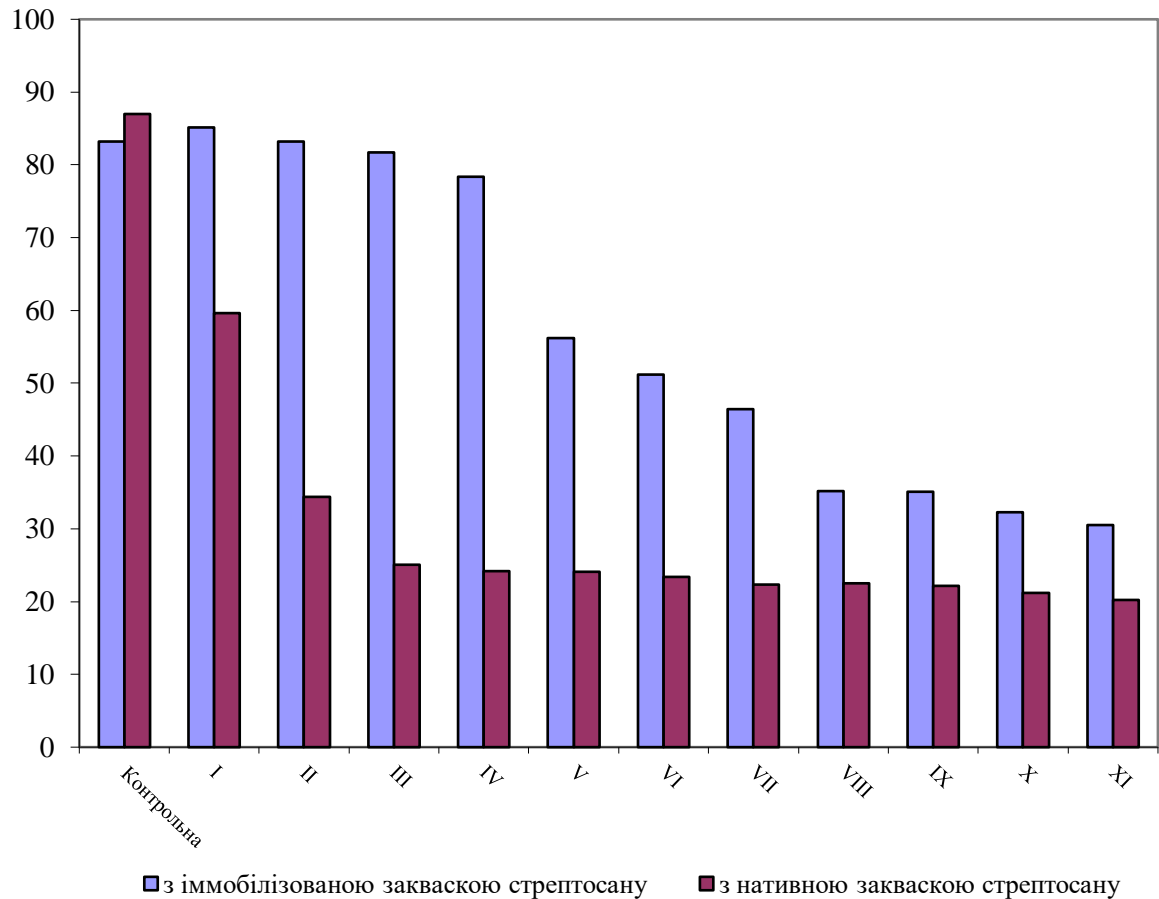


Рис. 3.11 Титрована кислотність продуктів сквашування молока із вмістом пеніциліну, °Т.

Введення у молоко бензилпеніциліну (контрольна група) нативної закваски стрептосану дало змогу одержати кисломолочний напій із титрованою кислотністю на рівні 87,0 °Т, що відповідало технічним вимогам. Присутність у молоці 2,5 ОД/см³ антибіотика мала незначний вплив на нативну закваску. Титрована кислотність продукту сквашування була меншою на 31,4 % відносно контролю та на 29,9 % відносно I дослідної групи, де застосовували іммобілізовану закваску. Встановлено, що 5,0 та 7,5 ОД діючої речовини пеніциліну на см³ молока майже повністю інактивували нативну закваску стрептосану, що підтверджується зниженням кислотності продуктів сквашування, відповідно, у 2,5 та 3,5 раза. Щодо аналогічних груп,

де до молока із вмістом 5,0 та 7,5 Од діючої речовини пеніциліну на см³ додавали іммобілізовану закваску, то титрована кислотність теж була нижчою, відповідно, у 2,4 та 3,2 рази.

Порівнюючи титровану кислотність між IV та V групами, де використовували нативну та іммобілізовану закваски стрептосану, доведено, що застосування нативної закваски знижує кислотність кінцевих продуктів сквашування, відповідно, у 3,2 та 2,3 рази ($p < 0,001$). Встановлено статистичну різницю між титрованою кислотністю сквашеного молока нативною та іммобілізованою заквасками у VI дослідній групі. Продукт сквашування іммобілізованою закваскою мав вищу титровану кислотність у 2,2 рази. У VII–XI дослідних групах, де використовували нативну закваску стрептосану, титрована кислотність кінцевих продуктів сквашування була меншою від 2,08 рази до 33,8 %, порівнюючи з аналогічними групами, де до молока вносили іммобілізовану на модифікованому пектині закваску стрептосану.

Отже, доведено, що навіть за високих доз бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці використання іммобілізованої закваски дає можливість незначною мірою проводити сквашування сировини.

3.5.4 Встановлення здатності нативної та іммобілізованої заквасок стрептосану сквашувати молоко за різної концентрації в ньому стрептоміцину

Встановлювали здатність закваски (нативна форма) сквашувати молоко за різної концентрації в ньому стрептоміцину. Виявлено, що після внесення у молоко без вмісту антибіотика нативної закваски стрептосану і термостатування кінцевий продукт мав однорідний, білого кольору, помірно щільний молочний згусток, у якому за механічного пошкодження відділення сироватки було незначне. Смак був природним, неспецифічних присмаків не було зафіксовано. За присутності у молоці стрептоміцину в кількості 0,5 Од/см³ процес сквашування молока нативною закваскою був дещо

порушений. Кінцевий продукт мав не стандартну щільність молочного згустку. Однак смак був кисломолочним. Підвищення вмісту стрептоміцину до 1,0 Од/см³ спричинило інактивацію нативної закваски стрептосану, що підтверджується відсутністю сформованого молочного згустку і слабо вираженим кисломолочним смаком продуктів сквашування (табл. 3.75).

Присутність у молоці антибіотика в кількості 2,0 Од/см³ супроводжувалась різким загальмовуванням процесу ферментації молока мікроорганізмами закваски. Молоко після термостатування не мало будь-яких білкових згустків і характеризувалось смаком несвіжої сировини. Підвищення дози стрептоміцину в молоці від 3,0 до 7,0 Од/см³ (IV–VIII дослідні групи) сприяло майже повному інактивуванню молочнокислих бактерій у складі нативної закваски. Продукт після сквашування за консистенцією нагадував рідину білого кольору, зі смаком несвіжого молока, без сторонніх присмаків. Аналогічні сенсорні показники сквашеного молока були у зразках IX дослідної групи.

Дослідженням зразків X–XIX дослідних груп, де сировина містила від 9,0 до 18,0,0 Од/см³ стрептоміцину сульфату, було встановлено, що кінцеві продукти сквашування за смаком нагадували свіже пастеризоване молоко.

Таблиця 3.75 – Сенсорні показники молока із різним вмістом стрептоміцину сквашеного нативною закваскою стрептосану

Група зразків	Консистенція і зовнішній вигляд сквашеного продукту	Показники смаку сквашеного продукту
Контрольна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
I дослідна	Недостатньо щільний згусток білого кольору	Кисломолочний. Неприродних присмаків не

		було встановлено
II дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Слабо виражений кисломолочний. Неприродних присмаків не було встановлено
III дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт зі смаком несвіжого молока
IV дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт зі смаком несвіжого молока
V дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт зі смаком несвіжого молока
VI дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт зі смаком несвіжого молока
VII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт із смаком несвіжого молока
VIII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт із смаком несвіжого молока
IX дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Продукт із смаком несвіжого молока
X дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XI дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XIII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XIV дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока

XV дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XVI дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XVII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока
XVIII дослідна	Рідина білого кольору без молочних згустків	Смак свіжого пастеризованого молока

Внесення іммобілізованої закваски у молоко без вмісту стрептоміцину сульфату дало змогу одержати кисломолочний продукт, який за сенсорними показниками відповідає нормативним вимогам. Додавання до зразків молока антибіотика у кількості 0,5 ОД/см³ не спричинило негативної дії на іммобілізовану закваску стрептосану. Продукти сквашування мали задовільний молочний згусток та натуральний кисломолочний смак. Не було встановлено різниці з контролем за органолептичними показниками продуктів сквашування, де молоко містило антибіотик у дозі 1,0 ОД/см³. Зовнішній вигляд, консистенція та смак кисломолочних продуктів, отриманих із молока із вмістом стрептоміцину 2,0 ОД/см³, були аналогічними кисломолочним продуктам, одержаним у I і II дослідних групах. Вміст у зразках молока антибіотика у кількості 3,0 ОД/см³ не погіршив дії іммобілізованої закваски стрептосану. Кінцеві продукти за сенсорними показниками були аналогічними контролю (табл. 3.76).

Таблиця 3.76 – Сенсорні показники молока із різним вмістом стрептоміцину, сквашеного іммобілізованою закваскою стрептосану

Група зразків	Консистенція і зовнішній вигляд сквашеного продукту	Показники смаку сквашеного продукту
Контрольна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток.	Притаманний цьому продукту кисломолочний.

	Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Неспецифічних присмаків не було встановлено
I дослідна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
II дослідна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
III дослідна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
IV дослідна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
V дослідна	Однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток. Під час руйнування згустку помітне незначне відділення сироватки	Притаманний цьому продукту кисломолочний. Неспецифічних присмаків не було встановлено
VI дослідна	Рідкий згусток білого	Кисломолочний слабо

	кольору	виражений
VII дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний слабо виражений
VIII дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний слабо виражений
IX дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний слабо виражений
X дослідна	Рідкий згусток білого кольору	Кисломолочний слабовиражений
XI дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XII дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XIII дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XIV дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XV дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XVI дослідна	Дуже рідкий молочний згусток	Продукт із смаком кислого молока
XVII дослідна	Молочний згусток відсутній. Рідина білого кольору.	Продукт із смаком кислого молока
XVIII дослідна	Молочний згусток відсутній. Рідина білого кольору.	Смак кислого молока

Збільшення вмісту стрептоміцину сульфату в молоці до 4,0 ОД/см³ не мало негативного впливу на стабілізовану на модифікованому пектині закваску. Процес ферментації молока протікав природно. Готові продукти сквашування мали однорідний, білого кольору, помірно щільний згусток та смак, аналогічний контрольним зразкам. Неспецифічних присмаків не було встановлено. Вміст у пробах молока антибіотика у дозі 5,0 ОД/см³ (VI дослідна група) зменшив дію іммобілізованої закваски, це підтверджується погіршенням сенсорних показників сквашеного молока. Кінцеві продукти мали нестандартний рідкий згусток. Смак був кисломолочний але слабо виражений. Аналогічні продукти сквашування було одержано з молока, яке містило стрептоміцин у кількості від 6,0 до 9,0 ОД/см³.

В XI дослідній групі, де проби сировини містили антибіотик по 10,0 ОД/см³, молочний згусток продуктів ферментації був дуже рідкий. За смаком кінцеві продукти нагадували кисле молоко. За вмісту стрептоміцину від 11,0 до 17,0 ОД/см³ сквашування молока проходило незадовільно, кінцеві продукти сквашування були подібні до продуктів, отриманих в XI дослідній групі. Процес термостатування молока із вмістом антибіотика 18,0 ОД/см³ не дав можливості одержати будь-яких білкових згустків. Смак кінцевого продукту відповідав кислому молоку.

Отже, іммобілізована закваска стрептосану за високих доз стрептоміцину сульфату (11,0–17,0 ОД/см³) у молоці повністю не інактивується, зберігаючи певний відсоток живих молочнокислих бактерій.

Експериментально встановлено, що титрована кислотність сквашеного іммобілізованою закваскою молока у контрольній групі становила 84,1 °Т. Порівнюючи з аналогічною групою, де застосовували нативну закваску, встановлено, що показник виявився меншим на 2,8 %. Різниця була в межах похибки (рис. 3.12).

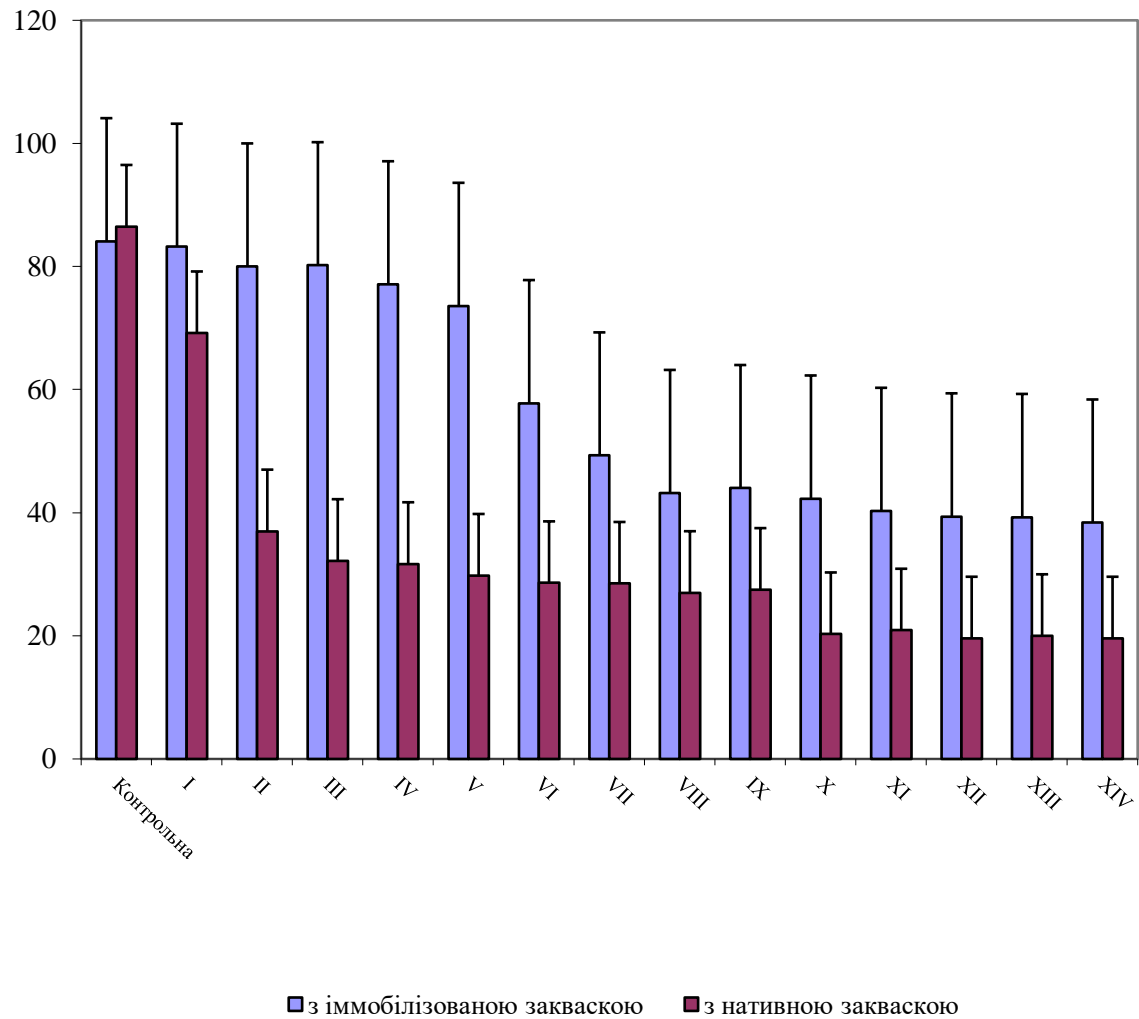


Рис. 3.12 Титрована кислотність продуктів сквашування молока із вмістом стрептоміцину, °Т

Кисломолочний напій, виготовлений із молока з умістом стрептоміцину в кількості $0,5 \text{ ОД/см}^3$ за участі іммобілізованої закваски, мав кислотність меншу, ніж у контролі, на 1,07 %. Незначне зменшення титрованої кислотності було встановлено у продуктах (II дослідна група) сквашування, де сировина містила антибіотик у дозі $1,0 \text{ ОД/см}^3$. Не виявлено помітного впливу $2,0 \text{ ОД/см}^3$ стрептоміцину в молоці на іммобілізовану закваску, що підтверджується титрованою кислотністю продуктів ферментації на рівні $80,2 \text{ }^\circ\text{T}$. Цей показник відповідав нормативним вимогам. За дії антибіотика у кількості $3,0 \text{ ОД/см}^3$ титрована кислотність сквашеного молока була меншою, ніж у контролі, на 8,3 %. Кінцеві продукти

ферментування V дослідної групи характеризувались зниженням показника титрованої кислотності. Різниця із контролем становила 12,5 %.

Присутність 5,0 ОД діючої речовини стрептоміцину на см^3 молока сприяла зниженню активності досліджуваної закваски, а відповідно зменшенню титрованої кислотності ферментованих продуктів на 31,3 % відносно даних контролю. Встановлено зниження показника титрованої кислотності у зразках сквашеного молока VII дослідної групи на 41,4 % відносно контролю. Вміст у молоці 7,0 ОД антибіотика на см^3 сприяв частковій інактивації мікроорганізмів закваски стрептосану. Сквашування молока не відповідало вимогам, тому титрована кислотність була в 1,94 раза меншою, ніж у контролі. За додавання до молока стрептоміцину в кількості від 8,0 до 18,0 ОД/ см^3 показник кислотності продуктів сквашування був меншим, відповідно, у 2,1–3,2 раза порівнюючи із показниками у контролі. Встановлено, що за високих доз антибіотика в молоці – 10–16 ОД/ см^3 – іммобілізована закваска стрептосану повністю не інактивується, сквашування молока сповільнюється.

У контрольній групі, за додавання до молока без вмісту стрептоміцину нативної закваски, кисломолочний продукт мав титровану кислотність на рівні 86,5 °Т. Цей показник відповідав нормативним вимогам. Внесення перед сквашуванням у молоко антибіотика 0,5 ОД/ см^3 частково знизило активність закваски, що підтверджується зменшенням титрованої кислотності кисломолочного продукту на 20,0 % відносно даних, отриманих у контрольній групі. Встановлено, що за присутності у молоці стрептоміцину в кількості 1,0 ОД/ см^3 активність закваски помітно знижується, що відображається зменшенням титрованої кислотності у 2,3 раза відносно контролю. За вмісту антибіотика в молоці від 2 до 5 ОД/ см^3 показник титрованої активності кінцевих продуктів сквашування був меншим, ніж у контролі, відповідно, у 2,7–3,0 рази. Порівнюючи з кислотністю продуктів сквашування іммобілізованими заквасками (III–VI дослідні групи), показники були меншими у 2,0–2,5 раза. Порівнюючи показники титрованої

кислотності продуктів ферментації між VII дослідною групою, де використовували нативну закваску, і аналогічною групою, де використовували іммобілізовану закваску, встановлено, що за використання нативної закваски кислотність була меншою у 2,0 рази.

Доведено статистичну різницю між показниками титрованої активності продуктів сквашування нативною та іммобілізованою заквасками у VIII дослідній групі. За використання іммобілізованої закваски сквашене молоко мало в 1,96 рази вищу кислотність.

У IX–XIX дослідних групах, де до молока вносили нативну закваску, титрована кислотність кінцевих продуктів була меншою відносно аналогічних груп, де сквашування проводили іммобілізованою закваскою стрептосану. Отже, за допомогою показників титрованої кислотності продуктів сквашування молока можна стверджувати, що іммобілізація закваски стрептосану на модифікованому пектині захищає молочнокислі бактерії від дії значних концентрацій стрептоміцину в сировині.

Основні результати досліджень, опубліковані у цьому розділі, викладені у [46].

3.6 Дослідження в'язкості і відновлення структури кисломолочних напоїв

Ефективну в'язкість йогуртів визначали за температури продуктів 17–18 °С. У йогуртах, виготовлених із використанням нативної закваски (контрольні зразки), ефективна в'язкість на 2-у добу зберігання (3–4 °С) була на рівні 6,7 Па*с (табл. 3.77).

Таблиця 3.77 – Реологічні показники йогуртів за використання нативної та іммобілізованої заквасок

Зразки	Час зберігання, діб	Ефективна в'язкість, Па*с	Відновлення структури, %
Контрольні	2	6,77±0,734	80,7±2,36

	4	6,21±0,345	78,4±1,87
	8	5,65±0,598	73,2±3,76
Дослідні	2	6,43±0,477	82,3±3,65
	4	6,02±0,376	77,4±2,75
	8	5,76±0,321	75,6±3,39

У контрольних зразках на 4-у добу зберігання ефективна в'язкість знизилась на 8,3 % відносно показника на 2-у добу зберігання. На 8-у добу зберігання у контролі ефективна в'язкість була найнижча. Показник був меншим, у порівнянні з попередніми показниками, відповідно, на 9,0 та 16,5 %.

Показник ефективної в'язкості у йогуртах, виготовлених за участі іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, на 2-у добу статистично не різнився від контролю. Різниця була в межах похибки. За перевірки на 4-у добу зберігання виявлено, що показник ефективної в'язкості зменшився на 6,3 % відносно даних на 2-у добу. Порівнюючи із контролем, дані ефективної в'язкості були меншими на 3,0 %. Різниця не була статистично значущою. На 8-у добу дослідні зразки йогурту мали вищу ефективну в'язкість, ніж у контролі, на 1,9 %. Отже, із часом зберігання проходить незначне зниження ефективної в'язкості йогуртів, виготовлених за участі як іммобілізованої, так і нативної заквасок. Ефективна в'язкість кисломолочних напоїв з іммобілізованою закваскою не різниться від ефективної в'язкості йогуртів, одержаних із додаванням нативної закваски.

Досліджуючи йогурти, виготовлені за участі нативних заквасок, було встановлено, що у контролі на 2-у добу зберігання відновлення структури становило 80,7 %. Упродовж 4-добового зберігання цей показник зменшився на 2,3 %. Порівнюючи показник відновлення структури контрольних зразків йогурту, дослідженого на 8-у добу зберігання, до показника на 2-у добу, виявлено зниження даних на 7,5 %.

У виготовлених із застосуванням іммобілізованої закваски зразках йогурту на 2-у добу зберігання відновлення структури було на 1,6 % вищим, ніж у контролі. На 4-у добу зберігання показник відновлення структури у дослідних зразках різнився із даними контролю на 1,0 %. Різниця не перевищувала похибки. На 8-у добу зберігання показник відновлення структури у дослідних зразках переважав дані контролю на 2,4 %.

Отже, протягом 8-добового зберігання йогуртів за 3–4 °С показник відновлення структури має незначне зменшення. Йогурти, виготовлені за участі іммобілізованої закваски, статистично не різняться за даними відновлення структури від контрольних зразків, де використовували нативну закваску.

Із одержаними зразками кисломолочного продукту стрептосану було проведено реологічні дослідження. Встановлено, що зразки сквашеного молока нативною закваскою на 2-у добу зберігання мали середню ефективну в'язкість на рівні 7,12 Па*с. Через дві доби (4-а доба зберігання) у контролі у кисломолочних продуктах ефективна в'язкість знизилась на 1,4 %. Порівнюючи показники ефективної в'язкості у контрольних зразках між 8-ю і 4-ю добою зберігання було виявлено, що на 8-у добу зберігання показник був меншим на 3,4 %. Різниця не була статистичною (табл. 3.78).

Таблиця 3.78 – Реологічні показники кисломолочного продукту стрептосану виготовленого з використанням різних форм заквасок

Зразки	Час зберігання, діб	Ефективна в'язкість, Па*с	Відновлення структури, %
Контрольні	2	7,12±0,329	75,3±2,54
	4	7,02±0,218	70,4±2,48
	8	6,78±0,467	68,2±3,78
Дослідні	2	7,05±0,351	74,3±2,98
	4	6,98±0,184	69,6±3,65
	8	6,69±0,364	69,0±3,55

Досліджуючи зразки кисломолочного продукту, одержані за участі іммобілізованої закваски стрептосану, було виявлено, що на 2-у добу зберігання ефективна в'язкість була на 0,98 % меншою, ніж в аналогічних зразках контролю. Зниження ефективної в'язкості у дослідних зразках на 4-у добу зберігання не мало статистичної різниці, у порівнянні з контролем. У межах групи зразків відносно показника на 2-у добу зберігання ефективна в'язкість знизилась на 1,0 %. Не встановлено впливу іммобілізованої закваски стрептосану на зниження ефективної в'язкості у дослідних зразках кисломолочних продуктів на 8-у добу зберігання, відносно контролю різниця була в межах похибки.

За 7 діб зберігання кисломолочних продуктів стрептосану, одержаних за використання нативної та іммобілізованої заквасок проходить незначне зниження ефективної в'язкості. Експериментально доведено, що застосування іммобілізованої закваски не спричиняє до погіршення показника ефективної в'язкості кінцевих продуктів сквашування молока.

Досліджуючи показник відновлення структури кисломолочного продукту, виявлено, що у контролі на 2-у добу зберігання цей показник був на рівні 75,3 %. За перевірки цих самих зразків через 2 доби виявлено зменшення показника відновлення структури на 4,9 % відносно даних на 2-у добу. На 8-у добу зберігання зниження показника відновлення структури було на рівні 7,1 %.

У кисломолочному продукті, виготовленому із застосуванням іммобілізованої закваски стрептосану, значення відновлення структури на 2-у добу зберігання різнилось від контролю на 1,0 %, що було в межах похибки. Показники відновлення структури, одержані на 4-у та 8-у добу зберігання теж не мали статистичної різниці із контролем.

Отже, використання іммобілізованих заквасок за виробництва кисломолочного продукту стрептосану не здійснює негативного впливу на показник відновлення структури продукту.

3.7 Мікробіологічні показники та амінокислотний склад кисломолочних продуктів

Зразки йогурту, які зберігали у холодильнику за 4,0 °С відбирали на 2-у, 7-у та 14-у добу після виготовлення і проводили посіви для дослідження в них вмісту деяких мікроорганізмів. У контрольних зразках кількість молочнокислих бактерій на 2-у добу зберігання становила $1,3 \cdot 10^8$ КУО/см³. Перевірка на 7-у добу показала, що кількість молочнокислих бактерій збільшилась на 7,6 %, у порівнянні з даними на 2-у добу (табл. 3.79)

Таблиця 3.79 – Показники мікробіологічних досліджень йогуртів

Зразки	Час зберігання, днів	Молочнокислі бактерії, КУО/см ³	Бактерії групи кишкових паличок, в 0,1 см ³	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см ³
Контрольні	2	$1,3 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено
	7	$1,4 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено
	14	$1,2 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено
Дослідні	2	$1,0 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено
	7	$1,3 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено
	14	$1,3 \cdot 10^8$	не виявлено	не виявлено

Виявлено зниження на 14,2 та 7,7 % кількості молочнокислих бактерій у зразках йогурту на 14-у добу, у порівнянні із 7- та 2-ю добою експерименту. Впродовж експерименту кількість бактерій у складі йогурту, виготовленого за участі нативної закваски, відповідала нормативним документам.

Контрольні зразки кисломолочного продукту не містили бактерій групи кишкових паличок та інших патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*.

Вивчаючи вміст молочнокислих бактерій у дослідних зразках йогуртів, виготовлених із використанням іммобілізованої закваски, встановлено, що на 2-у добу зберігання кількість мікроорганізмів була меншою, ніж у контролі, на 23,0 %. Однак цей показник відповідав стандартним вимогам. На 7-у добу зберігання кількість молочнокислих бактерій збільшилась на 30,0 % відносно даних, отриманих на 2-у добу зберігання. У порівнянні з контролем, кількість мікроорганізмів залишалась меншою на 7,1 %.

Встановлено, що на кінець експерименту кількість молочнокислих бактерій не змінилась відносно до аналогічного показника у дослідних зразках йогурта, встановленого на 7-у добу зберігання. За вмістом бактерій у контрольних зразках, дослідний кисломолочний продукт містив на 8,3 % більше мікроорганізмів, що може обумовлюватись підвищеною стійкістю іммобілізованих клітин до дії підвищеної кислотності.

Вивчаючи зразки кисломолочного продукту стрептосану виявлено, що у контролі на 2-у добу зберігання вміст молочнокислих бактерій був на рівні $1,1 \cdot 10^8$ КУО/г. Упродовж 48-годинного зберігання (4-а доба) кількість молочнокислих бактерій у продукті збільшилась на 9,0 % відносно даних, отриманих на 2-у добу. На кінець дослідження (8-а доба зберігання) кількість молочнокислих бактерій у продуктах сквашування молока залишалась сталою відносно результатів, отриманих на 4-у добу (табл. 3.80).

Перевірка у зразках кисломолочних продуктів контрольної групи не дала змоги виявити вміст бактерій кишкових паличок та патогенних мікроорганізмів упродовж періоду зберігання.

Вивчаючи зразки кисломолочних продуктів, отриманих за використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану, було встановлено, що на 2-у добу зберігання кількість молочнокислих бактерій була меншою, ніж у контролі, на 18,1 %. Щодо нормативних вимог, то кисломолочний продукт дослідних зразків відповідав технічним вимогам.

Таблиця 3.80 – Показники мікробіологічних досліджень кисломолочного продукту стрептосану

Зразки	Час зберігання, діб	Молочнокислі бактерії, КУО/г продукту	Бактерії групи кишкових паличок, в 0,1 см ³	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см ³
Контрольні	2	1,1 10 ⁸	не виявлено	не виявлено
	4	1,2 10 ⁸	не виявлено	не виявлено
	8	1,2 10 ⁸	не виявлено	не виявлено
Дослідні	2	0,9 10 ⁸	не виявлено	не виявлено
	4	1,1 10 ⁸	не виявлено	не виявлено
	8	1,3 10 ⁸	не виявлено	не виявлено

На 4-у добу зберігання зразки кисломолочних продуктів дослідної групи містили на 8,3 % менше молочнокислих бактерій, ніж у контролі. Подальше зберігання продуктів сквашування молока характеризується підвищенням кількості бактерій відносно контрольних даних на 8-у добу і показника кількості мікроорганізмів у дослідних зразках на 4-у добу зберігання, відповідно, на 8,3 та 18,1 %.

У дослідних зразках кисломолочних продуктів на 2-, 4- та 8-у добу зберігання не було ідентифіковано патогенних мікроорганізмів по типу бактерії *Salmonella* та кишкових паличок.

На 2-у добу після виготовлення дослідних і контрольних зразків йогурту у них визначали вміст амінокислот. У контрольних зразках, де використовували нативну закваску йогурту, вміст аргініну був на рівні 0,22 г/100 г продукту. За аргініном різниця дослідних зразків до контролю становила 4,0 % (табл. 3.81).

Таблиця 3.81 – **Вміст амінокислот у йогурті на 2-у добу зберігання, г/100 г продукту, $M \pm m$, $n=4$**

Амінокислота	Дослідні зразки	Контрольні зразки
Аргінін (arg)	0,211±0,0091	0,220±0,0085
Лізін (lys)	0,242±0,0124	0,237±0,0104
Фенілаланін + Тирозин (phe + tyr)	0,381±0,0137	0,401±0,0154
Гістидин (his)	0,109±0,0073	0,099±0,0043
Ізолейцин (ile)	0,151±0,0041	0,157±0,0076
Лейцин (leu)	0,347±0,0152	0,351±0,0103
Метіонін + цистин (met + cys)	0,131±0,0086	0,128±0,0078
Валін (val)	0,202±0,0069	0,210±0,0096
Пролін (pro)	0,320±0,0105	0,358±0,0121
Треонін (thr)	0,172±0,0066	0,183±0,0058
Серин (ser)	0,194±0,0078	0,185±0,0087
Аланін (ala)	0,284±0,0145	0,290±0,0104
Гліцин (gly)	0,092±0,0035	0,096±0,0023
Аспарагін (asp)	0,205±0,0054	0,213±0,0078

Виявлено незначне, в межах 2,1 %, збільшення лізину в йогурті дослідної групи відносно контролю. Не встановлено статистичної різниці щодо вмісту фенілаланіну і тирозину між дослідними і контрольними зразками йогуртів. Вміст гістидину в дослідних кисломолочних продуктах був вищим, ніж у контролі, на 10,1 %. Різниця мала характер тенденції. Щодо вмісту ізолейцину, лейцину та валіну, різниця між групами за цими амінокислотами не перевищувала показників похибки.

Зразки йогуртів, отриманих із використанням іммобілізованої закваски, мали підвищений вміст метіоніну та цистину порівняно з контролем, але різниця не була статистичною.

Не виявлено статистичної різниці між дослідними і контрольними зразками йогурту за вмістом проліну, треоніну, серину, аланіну, гліцину та аспарагіну. Різниця була в межах похибки. Отже, встановлено, що за використання іммобілізованої закваски йогурту вміст амінокислот у готовому кисломолочному продукті не зменшується.

Досліджуючи амінокислотний склад кисломолочних продуктів стрептосану, які виготовляли за участі іммобілізованої та нативної заквасок, було встановлено, що у дослідних зразках вміст аргініну становив 0,232 г/100 г продукту. Порівнюючи із контрольними зразками, вміст амінокислоти був меншим на 3,7 %. Різниця не була статистичною (табл. 3.82).

Таблиця 3.82 – **Вміст амінокислот у кисломолочному продукті на 2-у добу зберігання, г/100 г, $M \pm m$, $n=4$**

Амінокислота	Дослідні зразки	Контрольні зразки
Аргінін (arg)	0,232±0,0076	0,241±0,0102
Лізін (lys)	0,231±0,0107	0,225±0,0076
Фенілаланін + Тирозин (phe + tyr)	0,363±0,0130	0,373±0,0132
Гістидин (his)	0,087±0,0065	0,073±0,0043
Ізолейцин (ile)	0,134±0,0074	0,141±0,0086
Лейцин (leu)	0,327±0,0122	0,331±0,0154
Метіонін + цистин (met + cys)	0,121±0,0072	0,117±0,0065
Валін (val)	0,184±0,0055	0,192±0,0085
Пролін (pro)	0,304±0,0099	0,316±0,0187
Треонін (thr)	0,155±0,0053	0,145±0,0088
Серин (ser)	0,187±0,0072	0,173±0,0067

Аланін (ala)	0,292±0,0121	0,287±0,0105
Гліцин (gly)	0,106±0,0048	0,101±0,0056
Аспарагін (asp)	0,187±0,0073	0,192±0,0089

Досліджуючи вміст лізину було виявлено, що суттєвої різниці між показниками контрольних і дослідних зразків не було виявлено, різниця була в межах похибки. Вміст фенілаланіну і тирозину у дослідних зразках був на 2,6 % меншим, ніж у контролі. Різниця була в межах тенденції.

Не встановлено статистичної різниці між зразками щодо вмісту гістидину, ізолейцину та лейцину. Виявлене підвищення вмісту метіоніну та цистину у дослідних зразках не мало статистичної різниці відносно контролю. У межах похибки встановлено різницю між контрольними і дослідними зразками стрептосану щодо валіну, проліну, треоніну, серину, аланіну, гліцину та аспарагіну.

Отже, експериментально встановлено, що під час виготовлення стрептосану застосування іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не спричиняє статистичне зменшення незамінних і замінних амінокислот у кисломолочному продукті.

3.8 Встановлення сенсорних та фізико-хімічних показників йогурту із наповнювачем виготовленого за використання іммобілізованої закваски

У якості наповнювача для виготовлення йогурту за участі іммобілізованої закваски на модифікованому пектині застосовували сік плодів калини звичайної сорту уляна. Перед внесенням соку калини у молоко за технології йогурту проводили дослідження його хімічних та органолептичних показників. Встановлено, що сок калини містить 8,0 % цукру (табл. 3.83).

Таблиця 3.83 – Сенсорні та хімічні показники соку калини

Показник	Вміст та характеристика ознаки
----------	--------------------------------

Титровані органічні кислоти, %	1,9±0,08
Вміст загальних цукрів, %	8,0±0,20
Цукрово-кислотний індекс	4,23
Смак	Солодкий без гірчинки
Вміст пектину, мг/кг	6,8±0,60
Вміст вітаміну С, мг/кг	483±11,7
Вміст каротину, мг/кг	2,1±0,40

Смак продукту був солодким без присутності гірчинки, що не створить негативного впливу на смак йогурту. Вміст пектину (6,8 мг/кг), вітаміну С (483 мг/кг) та каротину (2,1 мг/кг) у соку калини дає можливість за рахунок його додавання у молоко збагачувати йогурт есенціальними факторами живлення для людини.

У контрольних зразках чисте молоко (масова частка жиру 3,2 %) термостатним способом сквашували іммобілізованою на модифікованому пектині закваскою для йогурту. У дослідних зразках молоко із вмістом 2,5 % соку калини сквашували теж іммобілізованою на модифікованому пектині закваскою для йогурту.

За сквашування молока без соку калини (контроль) іммобілізованою закваскою було одержано йогурт який мав однорідний щільний згусток білого кольору. За смаком продукт відповідав нормативним вимогам. Сторонніх присмаків і запахів не було виявлено (табл. 3.84).

Таблиця 3.84 – Сенсорні показники йогурту

Показник	Контрольні зразки	Дослідні зразки
Консистенція	В міру щільна, однорідна без порушеного згустку	В міру щільна, однорідна без порушеного згустку
Смак і запах	Чистий, кисломолочний, без сторонніх присмаків	Чистий, кисломолочний із помірним смаком і

	і запахів	запахом калини
Колір	Білий	Слабо рожевий із поодинокими червоними включеннями м'якоті соку калини

Досліджуючи сквашене молоко із вмістом соку калини було виявлено, що присутність наповнювача у сировині немає ніякого негативного впливу на ефективність роботи імобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту. Кінцевий продукт сквашування мав однорідну, щільну консистенцію. Йогурт мав кисломолочний натуральний смак із присмаком калини.

Йогурт одержаний із молока без наповнювача мав титровану кислотність 84 °Т та масову частку сухих знежирених речовин 10,2 % (табл. 3.85).

Таблиця 3.85 – Фізико-хімічні показники йогурту

Показник	Контрольні зразки	Дослідні зразки
Титрована кислотність, °Т	84±1,2	88±1,9
Масова частка жиру, %	3,18±0,012	3,14±0,023
Масова частка сухих знежирених речовин, %	10,2±0,32	10,3±0,15

За присутності у молоці соку калини титрована кислотність продукту сквашування була вищою на 4,7 % порівнюючи із контролем. Проте даний показник не перевищував вимоги стандарту. За вмісту соку калини виявлено невірогідне зниження масової частки жиру та підвищення масової частки сухих знежирених речовин.

Результати експериментів, опубліковані у цьому розділі, викладені у статті [270].

3.9 Економічна ефективність використання іммобілізованих заквасок

Аналізуючи економічну ефективність встановлено, що застосування іммобілізованої закваски сприяє скороченню часу сквашування молока на 0,5 години, а відповідно знижується витрата електроенергії (11 кВт/год на 1000 л молока).

Заощадження на 1 т готового продукту становить 32,8 грн (табл. 3.86).

Таблиця 3.86 – Застосування іммобілізованої закваски йогурту

Показник	Контрольний варіант	Дослідний варіант
Нормалізовано молока для виготовлення йогурту, кг	800	800
Масова частка жиру у готовій суміші, %	3,2	3,2
Внесено закваски, мг/дм ³	160	450
Час утворення молочного згустку, год	6,5	6,0
Заощаджено електроенергії, кВт/год	-	11,4
Заощаджено коштів на виробництві 1 т йогурту за рахунок електроенергії, грн	-	32,8
Собівартість 1 т кисломолочного продукту, грн	16710,0	16677,2

За виробництва йогурту із застосуванням іммобілізованої закваски собівартість 1 т напою знижується на 0,2 %.

Аналізуючи таблицю 3.87 видно, що за використання іммобілізованої закваски час сквашування зменшується на 30 хвилин. Також виявлено зниження собівартості 1 т готового продукту на 0,2 %.

Таблиця 3.87 – Застосування іммобілізованої закваски стрептосану

Показник	Контрольний варіант	Дослідний варіант
Нормалізовано молока для виготовлення стрепосану, кг	1000	1000
Масова частка жиру у готовій суміші, %	3,2	3,2
Внесено закваски, мг/дм ³	180	380
Час утворення молочного згустку, хв	390	360
Заощаджено електроенергії, кВт/год	-	12,6
Заощаджено коштів на виробництві 1 т стрептосану за рахунок електроенергії, грн	-	36,3
Собівартість 1 т кисломолочного продукту, грн	18300,0	18263,7

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для населення України кисломолочні продукти є традиційним складником раціонів. Ці продукти мають пробіотичну та профілактичну функцію і забезпечують організм есенціальними чинниками живлення. Серед таких молочних продуктів великий попит мають йогурти та геролакт, виготовлений із застосуванням закваски стрептосану. Для виробництва згаданих вище кисломолочних продуктів зазвичай використовують молоко корів [184].

Сировина на молокопереробні підприємства потрапляє із господарств різної форми власності, а також із приватного сектору. За технологічних процесів та під час лікування і профілактики хвороб корів у молоко потрапляють різної природи інгібуючі сполуки, зокрема антибіотики, які згубно діють на мікроорганізми заквасок для кисломолочних продуктів [255, 380].

За вмісту в молоці антибіотиків молочнокислі бактерії заквасок інактивуються, і сквашування не проходить [255]. Одним із шляхів вирішення проблеми підвищення стійкості молочнокислих бактерій до бактерицидних сполук є їх стабілізація шляхом іммобілізації. Невивченими є біотехнології іммобілізації клітин мікроорганізмів, які входять до складу заквасок для кисломолочних напоїв на модифікованих носіях – пектині, желатині та крохмалі. У науковій літературі зустрічаються дані щодо використання нативних носіїв для інкапсулювання і заключення в гель клітин і біологічно активних сполук [104, 312].

Перед використанням харчових добавок (крохмаль, пектин, желатин) як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів заквасок для кисломолочних напоїв вивчали їх сорбційні властивості у модельних дослідах із застосуванням 0,005 % розчину вітаміну В₂.

Вивчаючи сорбційні властивості нативного желатину у порівнянні із сорбційними властивостями нативного крохмалю було встановлено, що із

підвищенням маси желатину у суміші оптична густина фільтрату знижується. За використання 1,0 г порошку желатину на 25 см³ 0,005 % розчину вітаміну В₂ значення D у порівнянні із оптичною густиною 0,005 % розчину вітаміну В₂ було нижчим у 1,96 раза ($p < 0,01$).

Найменшу оптичну густина фільтрату було виявлено у варіанті, де використовували 2,5 г нативного желатину. Показник був меншим у порівнянні із D 0,005 % розчину вітаміну В₂ у 3,1 раза. Порівнюючи показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,5; 2,0 та 2,5 г желатину та показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,5; 2,0 та 2,5 г розчинного крохмалю виявлено, що значення D за використання желатину було, відповідно, меншим у 2,0; 2,04 та 2,44 раза.

Таким чином, желатин має вищі сорбційні властивості у порівнянні із розчинним крохмалем.

Встановлюючи сорбційні властивості нативного пектину доведено, що за використання 0,5 г харчової добавки оптична густина фільтрату, порівнюючи із значенням D 0,005 % розчину вітаміну В₂, була нижчою у 2,0 рази. За збільшення вмісту пектину у розчині до 2,0 г показник оптичної густини фільтрату був нижчий у 3,15 раза щодо показника D 0,005 % розчину вітаміну В₂ ($p < 0,001$).

Порівнюючи дані оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,0; 1,5 та 2,0 г пектину та показники оптичної густини фільтрату 0,005 % розчину вітаміну В₂ із вмістом 1,0; 1,5 та 2,0 г крохмалю виявлено, що показники D за використання пектину були, відповідно, меншими у 2,09; 2,13 та 2,48 раза.

Таким чином, доведено, що нативний пектин володіє вищими сорбційними властивостями у порівнянні із розчинним крохмалем. Незначні сорбційні властивості нативного крохмалю підтверджуються дослідженнями ряду авторів [394].

Враховуючи те, що сорбційні показники нативних харчових добавок були не досить задовільними, а також є питання щодо умов і швидкості розчинення желатину і пектину в молоці, необхідно модифікувати ці носії. За модифікації харчових добавок змінюються їх властивості [378].

Було розроблено технології модифікації носіїв фізико-хімічними методами. Дані дослідження доводять перспективність використання пектин-двовалентних катіонних взаємодій і їх функціональних властивостей. Властивість пектин-двовалентних катіонних взаємодій використано для цільової структурної модифікації пектину для іммобілізації бактеріальних клітин. В основу модифікації желатину було покладено зшивання за допомогою реакції Майяра.

Після модифікації носіїв перевіряли їх сорбційні властивості. Експериментально було доведено, що оптична густина розчинів, де застосовували 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 г нативного желатину, була більшою ніж, у розчинах вітаміну В₂, які змішували із 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 г модифікованого желатину, відповідно на 5,2; 11,5; 22,2 та 26,2 %.

Отже, модифікований желатин має вищі сорбційні властивості у порівнянні з його нативною формою.

Порівнюючи сорбційні властивості нативного і модифікованого пектину встановлено, що оптична густина розчинів, де використовували 0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 г нативного пектину була більшою, ніж у розчинах вітаміну В₂, які змішували із 0,5; 1,0; 1,5 та 2,0 г модифікованого пектину, відповідно, на 8,5; 12,0; 20,7 та 36,9 %. Отже, доведено, що модифікований пектин має вищі сорбційні властивості у порівнянні з його нативною формою.

Згідно з вимогами [63] застосування нових або модифікованих носіїв як кормових добавок вимагає проведення їх доклінічних досліджень. Було вивчено нешкідливість і токсичність модифікованого пектину, желатину та крохмалю. Дослідження щодо нешкідливості проводили на лінійних мишах, сформованих у групи-аналоги, згідно зі встановленими вимогами. Суспензію модифікованих носіїв вводили тваринам внутрішньошлунково.

Досліджуючи нешкідливість модифікованого желатину було встановлено, що протягом перших 2–4 годин тварини, яким вводили суспензії, були пригнічені. Однак через 5–7 годин миші відновлювали свою рухливість, реагували на зовнішні подразники (шум, світло, дотик), постійно пили воду та споживали корм. Розладів травлення у шлунково-кишковому каналі мишей із дослідних груп не було зафіксовано.

Під час розтину тушок і здійснення патолого-анатомічних досліджень встановлено, що стан внутрішніх органів дослідних мишей нічим не відрізнявся від стану внутрішніх органів тварин контрольної групи. Не було виявлено відхилень біохімічних показників у печінці мишей, яким вводили модифікований желатин. Нешкідливість досліджуваних доз модифікованого желатину також підтверджувалась відсутністю зменшення або збільшення вмісту тіолових груп у печінці мишей.

За внутрішньошлункового введення мишам модифікованого пектину не було виявлено загибелі тварин. Етологічні і патолого-анатомічні показники у мишей, яким вводили модифікований пектин статистично не різнилися від даних контролю. Одноразове введення мишам підвищених доз модифікованого пектину не спричиняло зниження чи збільшення показників білкового обміну, вмісту глюкози, піровиноградної кислоти, молочної кислоти у сироватці крові та глікогену у печінці тварин.

Вивчаючи нешкідливість модифікованого крохмалю встановлено, що лабораторні тварини контрольної групи мали сталу поведінку. Періодично поїдали комбікорм та пили воду. Аналогічну поведінку спостерігали у мишей, яким вводили модифікований крохмаль. За патолого-анатомічних досліджень системи травлення мишей виявлено, що за розмірами, станом та кольором слизових оболонок стравохід, шлунок, тонкий і товстий відділи кишківника тварин дослідних груп нічим не різнилися від показників контролю. Паренхіматозні органи мишей, яким вводили модифікований крохмаль, за морфологічними ознаками були аналогічними, що у тварин контрольної групи.

Враховуючи, що токсичні речовини, потрапляючи в організм, порушують метаболічний процес у клітинах і тканинах тварин, було проведено дослідження щодо впливу внутрішньошлункового введення модифікованого крохмалю на білковий обмін у організмі мишей. Активність амінотрансфераз, вміст загального білка у печінці, сечовини у сироватці крові у мишей дослідних груп статистично не відрізнялися від показників тварин, яким не вводили модифікований крохмаль. Не було встановлено порушень вуглеводного обміну у мишей за дії досліджуваного носія. Експериментально на лабораторних тваринах було доведено відсутність негативного впливу модифікованого крохмалю на їх організм.

Таким чином, одноразові підвищені дози модифікованого пектину, желатину та крохмалю є не шкідливими для лабораторних тварин, що підтверджується відсутністю захворювання, загибелі мишей та відсутністю морфологічних змін їх внутрішніх органів.

Визначення гострої токсичності модифікованого желатину, пектину та крохмалю проводили на білих мишах. Суспензію модифікованих харчових добавок вводили тваринам внутрішньошлунково.

Досліджуючи гостру токсичність було встановлено, що введення мишам суспензії модифікованого желатину у дозі від 5 до 200 мг/кг маси тіла (перший дослід) не спричиняло загибелі тварин (DL_0). За дії досліджуваних доз тварини не змінювали своїх етологічних характеристик: миші вільно рухались, реагували на подразники, споживали корм і пили воду. Розладу функцій шлунково-кишкового каналу у тварин не спостерігали. Не було виявлено загибелі тварин за введення їм доз від 1000 до 5000 мг/кг маси тіла. За дози модифікованого желатину 5000 мг/кг миші на деякий час відмовлялись від корму. Однак через 9–10 годин дослідні миші починали поїдати комбікорм. За умов перорального введення модифікованого желатину у дозі 5000 мг/кг маси тіла встановлено лише тимчасове пригнічення лабораторних тварин, що можливо пов'язано з потраплянням у шлунково-кишковий канал мишей великої маси харчової добавки. Доведено,

що модифікований желатин належить до малотоксичних речовин – 4 клас за ГОСТ 12.1.007-76. Його DL_{50} за внутрішньошлункового введення лабораторним тваринам (білі миші) є більшою 5000 мг/кг. По завершенні експерименту за дії 5000 мг/кг маси тіла модифікованого желатину показники білкового обміну в організмі мишей відповідали фізіологічним нормам.

Для встановлення гострої токсичності модифікованого пектину здійснювали введення широкого діапазону його доз лабораторним мишам. За введення модифікованого пектину у кількості 50–500 мг/кг маси тіла впродовж 14 діб не було виявлено суттєвих етологічних змін та загибелі лабораторних тварин. Спостерігали адекватну реакцію мишей на шум, світло і дотик. Не виявлено впродовж перших діб проявів діареї.

Модифікований пектин у дозах від 1000 до 3000 мг/кг маси тіла не спричиняв фізіологічних змін у лабораторних тварин. Миші поводити себе адекватно, пили воду, споживали комбікорм аналогічно тваринам, яким вводили низькі дози модифікованого пектину. Летальних випадків упродовж експерименту не було виявлено.

За доз 4000–5000 мг/кг маси тіла протягом перших 12–14 годин експерименту спостерігали прояви розладу шлунково-кишкового каналу у лабораторних тварин. На другу добу миші активно споживали корм, пили воду. Порушення роботи системи травлення припинилось. Отже, внаслідок проведення досліджень гострої токсичності модифікованого пектину було доведено, що ця харчова добавка відноситься до малотоксичних сполук (4 клас згідно з ГОСТ 12.1.007). DL_{50} для модифікованого пектину на білих мишах є більшим 5000 мг/кг. Не виявлено порушень вуглеводневого обміну у сироватці крові та зниження вмісту HS-груп у печінці тварин. Таким чином, відсутність змін умісту тіолових груп свідчить про відсутність у модифікованому пектині токсичних сполук для живих організмів.

Встановлюючи гостру токсичність модифікованого крохмалю доведено, що введення його доз від 100 до 6000 мг на кілограм маси тіла не

супроводжувалось загибеллю мишей. За патолого-анатомічного дослідження було виявлено, що внутрішні органи травлення, легені, серце, нирки, печінка дослідних тварин не мали морфологічних відхилень від норми. Високі дози модифікованого крохмалю не мали негативної дії на вуглеводневий та білковий обмін у організмі дослідних тварин. Одержання показників вуглеводневого обміну підтверджується даними [25].

Експериментально доведено, що модифікований крохмаль за токсичністю можливо віднести до добавок, які є малотоксичними сполуками. Згідно з нормативним документом (ГОСТ 12.1.007) це сполуки 4 класу. Показник DL_{50} для модифікованого крохмалю на лабораторних тваринах (білі миші) становить більше 6000 мг/кг маси тіла.

За повторного дослідження гострої токсичності модифікованого крохмалю, пектину та желатину на білих щурах було підтверджено, що DL_{50} цих харчових добавок є більшою 6000 мг/кг маси тіла. Таким чином, модифікований желатин, пектин та крохмаль не є токсичними для живих організмів.

Досліди з визначення подразнюючої дії модифікованого пектину, желатину та крохмалю проводили методом внесення суспензії в кількості двох крапель у кон'юнктивальний мішок ока (ліве) кроля.

Вивчаючи подразнюючу дію модифікованого пектину встановлено, що очі кролів після введення суспензії не мали гіперемії. Відмічено, що у всіх чотирьох тварин у кутику лівого ока спостерігались незначні сльозові виділення. Крім того, у третього кроля відмічали незначний набряк повіки. За наступних перевірок встановлено, що ліві очі кролів були ідентичними правим. Не виявлено сльозових виділень в очах лабораторних тварин, а також набрякових показників. Таким чином, модифікований пектин не має шкідливої (подразнюючої) дії за умов нанесення його на слизову оболонку очей кролів. Незначне сльозовиділення впродовж перших годин обумовлене наявністю чужорідної речовини, яка фізіологічно зумовлює додаткове виділення сліз. Встановлено, що використання модифікованого пектину не

супроводжується змінами показників білкового обміну в сироватці крові кролів.

Досліджуючи подразнюючу дію модифікованого крохмалю встановлено, що у лівому оці кролів періодично з'являються виділення у вигляді невеликих краплин сліз. У правих очах тварин було встановлено відсутність будь-яких виділень. За огляду тварин на другу добу і до кінця експерименту не встановлено гнійних, серозних або слизових виділень із очей усіх дослідних кролів. Щодо ознак набряків, то ліві очі були ідентичні правим. Упродовж перших двох діб після введення розчинів етологічні ознаки тварин не змінились. Кролі постійно споживали корм і пили воду. Пригнічення стану тварин не відмічали, вони адекватно реагували на шум, світло, дотик і вібрації.

Отже, модифікований крохмаль за нанесення його розчину на слизову оболонку тварин не створює подразнюючої (шкідливої) дії. Тимчасове виділення (перші години) сліз із лівих очей кролів можливо пояснити нормальною фізіологічною реакцією на потрапляння чужорідних предметів та розчинів. Вміст піровиноградної, молочної кислоти та глюкози у сироватці крові кролів наприкінці досліду відповідав фізіологічним нормам.

Вивчаючи подразнюючу дію модифікованого желатину виявлено, що ця харчова добавка лише у перші години спричиняє слизовиділення. Упродовж наступних 14 діб гіперемії рогівки та кон'юктиви не відмічено. Тимчасове слизовиділення, яке спостерігали у 75 % поголів'я, пояснюється потраплянням чужорідних речовин на слизову ока кролів. За внесення суспензії модифікованого желатину на рогівку очей не відмічено порушень білкового обміну у сироватці крові тварин.

Таким чином, доведено, що модифікований желатин, пектин та крохмаль не є токсичними і можуть використовуватись як носії для іммобілізації клітин молочнокислих бактерій заквасок для кисломолочних напоїв.

Для підтвердження доцільності стабілізації (імобілізації) нативних заквасок для йогурту та стрептосану вивчали їх стійкість до різних доз бактерицидних сполук у молоці. Як інгібітор росту і життєдіяльності мікроорганізмів закваски йогурту та стрептосану використовували стерильну бензилпеніциліну натрієву сіль (Benzylpenicillin 1000000 ОД O.L.KAR.) та стрептоміцин (сіль стрептоміцину сульфату 720 ОД в 1 мг). За різних доз антибіотиків у молоці досліджували збереження активності закваски йогурту і стрептосану та їх здатність сквашувати пастеризоване, нормалізоване молоко.

Вивчаючи вплив різних доз пеніциліну в молоці на активність закваски йогурту доведено, що у контрольному варіанті де до молока не додавали антибіотик утворився однорідний згусток, який був у міру в'язким. Смак йогурту у контрольному варіанті був чистим, притаманним цьому продукту. Сторонніх присмаків не відмічено.

Введення у молоко пеніциліну в дозі 5,9 ОД/см³ суттєво не вплинуло на органолептичні показники йогурту. Напій мав згусток із кисломолочним смаком. Підвищення вмісту антибіотика в молоці до 11,8 ОД/см³ сприяло тому, що утворений молочний згусток був не досить в'язкий. За вмісту пеніциліну в молоці 17,6 ОД/см³ і більше сквашування молока нативною закваскою для йогурту здійснити неможливо. За найбільших доз бензилпеніциліну натрієвої солі (64,7-70,6 ОД/см³) зовнішній вигляд і консистенція молока не змінилися. Рідина мала смак свіжого молока із присмаком антибіотика.

Вивчаючи титровану кислотність молока після сквашування закваскою для йогурту встановлено, що у контролі та у пробах, де сировина містила по 5,9 ОД/см³ пеніциліну, показник відповідав нормативним вимогам. Із підвищенням вмісту антибіотика у молоці кислотність кінцевого продукту сквашування знижувалась. За високих доз пеніциліну у сировині титрована кислотність становила 20–22 °Т.

Встановлено, що кількість молочнокислих мікроорганізмів у йогурті контрольного варіанту в середньому становила $1,6 \cdot 10^8$ КУО/см³. У варіанті, де молоко містило 5,9 ОД/см³ антибіотика кількість клітин у продукті сквашування становила уже $1,1 \cdot 10^7$ КУО/см³, що свідчить про незначну інактивуєчу дію антибіотика в дозі 5,9 ОД/см³. Використання бензилпеніциліну натрієвої солі у кількості від 17,6 до 70,6 ОД/см³ молока сприяло до інактивації молочнокислих мікроорганізмів упродовж періоду термостатування.

Наші дослідження підтверджуються даними ряду авторів [255], які стверджують, що присутність у молоці пеніциліну у концентрації вище 0,0045 IU/ml негативно впливає на якісні показники йогурту.

За дослідження стійкості нативної закваски йогурту до вмісту стрептоміцину в молоці виявлено, що вміст антибіотика 4,8 ОД/см³ суттєво не вплинув на якість органолептичних показників кінцевого продукту сквашування. Йогурт мав однорідний правильно сформований згусток. В'язкість продукту була задовільною. За вмісту діючої речовини стрептоміцину в молоці 9,6 ОД/см³ і більше якісного йогурту отримати не вдалося. За внесення найбільшої дози стрептоміцину (52,8 ОД/см³) у сировину смак кінцевого продукту нагадував свіже молоко.

У контрольному варіанті кислотність йогурту була на рівні 90,3 °Т. Використання стрептоміцину у кількості 4,8 ОД/см³ молока сприяло зниженню титрованої кислотності готового продукту на 5,5 % у порівнянні із контролем. Із підвищенням вмісту стрептоміцину в молоці титрована кислотність кінцевого продукту після сквашування закваскою для йогурту знижується.

Отже, присутність у молоці стрептоміцину негативно впливає на мікроорганізми закваски для йогурту. За присутності антибіотика вище 9,6 ОД/см³ молока виготовити якісний йогурт неможливо. Експериментально встановлено концентрації стрептоміцину, за яких мікроорганізми закваски для йогурту здатні утворювати молочний згусток. Присутність у молоці 9,6

ОД/см³ молока діючої речовини стрептоміцину сприяє інактивації мікроорганізмів *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* та *Bifidobacterium lactis*, які входять до складу закваски для йогурту.

Вивчаючи дію різних доз пеніциліну на активність закваски стрептосану встановили, що за додавання 5,0 ОД/см³ антибіотика до молока кінцевий продукт мав форму рідини білого кольору, без утворення згустків. Смак продукту відповідав несвіжому (злегка кислому) молоку. За збільшення доз (55,0–65,0 ОД/см³) бензилпеніциліну натрієвої солі у сировині зовнішній вигляд і консистенція кінцевого продукту відповідали свіжому молоку.

За внесення бензилпеніциліну натрієвої солі у молоко в кількості від 15,0 до 65,0 ОД на см³ дія закваски для стрептосану припиняється. Молоко після термостатування залишається свіжим, а титрована кислотність кінцевого продукту не піднімається вище 22,1 °Т. За малої дози бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці (5,0 ОД/см³) клітини мікроорганізмів закваски для стрептосану інактивуються. Це підтверджується даними [255], згідно з якими залишок антибіотиків у молоці зупиняє ріст стартерних мікроорганізмів заквасок і накопичення молочної кислоти.

Для встановлення дії стрептоміцину на закваску стрептосану проводили сквашування молока із різними дозами антибіотика за допомогою термостатування. За сквашування молока без вмісту антибіотика було одержано кисломолочний продукт, який мав приємний кисломолочний смак. Згусток був щільний, гомогенний.

За вмісту 0,5 ОД стрептоміцину в одному см³ молока кінцевий продукт являв собою несформований, нещільний згусток білого кольору. Смак був кисломолочний, менш виражений у порівнянні із контролем. Внесення до молока антибіотика у кількості 1,5 ОД/см³ і більше унеможливило одержання якісного сквашування.

Таким чином, одержання кисломолочного продукту за використання закваски стрептосану можливо за вмісту в молоці стрептоміцину сульфату менше 0,5 ОД/см³.

Експериментальним методом було розроблено схему іммобілізації заквасок для йогурту та стрептосану.

Для відпрацювання оптимального співвідношення маси розчинника до маси закваски для йогурту і до маси носія як матрицю використовували модифікований желатин. Кількість матриці у всіх варіантах не змінювали – маса становила 1000,0 мг. У 0,2, 0,3 та 0,4 см³ дистильованої води розчиняли від 5 до 100 мг висушеної закваски для йогурту.

Після проведення іммобілізації клітин мікроорганізмів закваски для йогурту одержані препарати висушували впродовж 15 хвилин і визначали вміст вологи у відібраних зразках.

Виявлено підвищення вмісту вологи у препаратах, де для іммобілізації застосовували 20, 30 та 40 мг закваски у 0,2 см³ розчинника, відповідно, на 0,6 та 0,9 % щодо показника у пробі із вмістом закваски 5 мг. На 15 хвилину активного висушування у препаратах із вмістом 50–90 мг заквасок для йогурту вологість препаратів збільшувалась. Найвища вологість була у препаратах, для виготовлення яких використовували 100 мг закваски. За підвищення об'єму розчинника на одиницю маси носія вологість іммобілізованих заквасок на 15 хвилину висушування збільшувалась.

Отже, вміст вологи у заквасках, іммобілізованих на модифікованому желатині, за 15-хвилинного сушіння методом активного перемішування і вентилявання залежить насамперед від об'єму розчинника та вмісту нативної закваски. Збільшення вмісту закваски в іммобілізованих препаратах сприяє підвищенню механізму утримання (зв'язування) вологи.

За оптимальної вологості термін зберігання препаратів іммобілізованої закваски для йогурту пролонгується. Тому, були проведені дослідження щодо визначення часу висушування препаратів до вологості 7–9 %.

Встановлено, що на висушування препаратів, для виготовлення яких застосовували 5 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, було витрачено 32,4 хвилини. Найдовше висушували іммобілізовану закваску, де нативного препарату використовували 100 мг на 1 г носія.

Підвищення використання об'єму розчинника до 0,3 см³ на 1 г модифікованого желатину супроводжувалось збільшенням на 34,2–45,6 % часу висушування іммобілізованої закваски у порівнянні із препаратами, на виготовлення яких використовували 0,2 см³ розчинника. Використання 0,4 см³ розчинника на 1 г носія пролонгувало час висушування препаратів до вологості 7–9 % на 55,1–59,3 % щодо препаратів із найменшим об'ємом розчинника.

Таким чином, висушування іммобілізованих заквасок для йогурту до вологості 7–9 % найшвидше можна провести, використовуючи об'єм розчинника 0,2 см³. Іммобілізовані закваски для йогурту, одержані за використання 1 г модифікованого желатину, 5–100 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, можливо висушити за активного вентилявання та перемішування до вологи 7–9 % за 32,4–37,2 хвилини. Збільшення об'єму розчинника до 0,3 та 0,4 см³ зумовлює збільшення часу сушіння, відповідно, до 43,5–54,2 та 69,3–84,1 хвилини.

Наступним етапом досліджень було встановлення оптимальної дози іммобілізованої закваски для йогурту для оптимального сквашування молока. Іммобілізовану на модифікованому пектині закваску для йогурту вносили у підготовлене молоко у кількості від 10 до 160 мг на 200,0 см³. Закваску, іммобілізовану на модифікованому желатині, використовували в аналогічних дозах. Ефективність утворення згустку молока за дії різних доз іммобілізованих заквасок перевіряли на 8 годину ферментування.

Застосування від 10 до 50 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту не дало змогу отримати сформованого згустку. Ефективне сквашування впродовж 8 годин було виявлено у варіантах, де застосовували від 70 до 160 мг іммобілізованої закваски.

Використання низьких доз закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині (10–70 мг на 200 см³ молока), не дало змоги провести ефективно сквашування молока. Чітко виражений згусток молока було виявлено у пробах, де застосовували від 80 до 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Внесення найменшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту сприяло утворенню молочного згустку через 12,3 години від початку експерименту. Найшвидше було сформовано згусток у пробах, до яких вносили по 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, на 200 см³ молока.

Застосування закваски йогурту іммобілізованої на модифікованому желатині, сприяло збільшенню часу утворення згустку у порівнянні із варіантом, де використовували таку кількість закваски, стабілізованої на модифікованому пектині. За найбільшої дози закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, утворення згустку було зафіксовано через 5,1 години після її внесення.

Встановлено, що із підвищенням дози іммобілізованої закваски час утворення згустку молока зменшується. Використання закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, дає змогу швидше отримати йогурт із бажаними органолептичними характеристиками.

Досліджуючи титровану кислотність продуктів сквашування на 8 годину ферментування встановлено, що оптимальна кислотність була у йогуртах, на виготовлення яких використано від 60 до 100 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині.

Розрахунковим методом визначали аналітичний вид апроксимуючих функцій. Встановили, яка аналітична функція може відповідати залежності часу утворення згустку від маси закваски. Ця функція має обернено пропорційну залежність від маси. Вона може бути експоненціальною або гіперболічною.

Виявлено, що після 8 годин термостатування проб молока із вмістом 80–100 мг іммобілізованих заквасок на желатині якісного молочного згустку не було отримано. Підвищення дози іммобілізованої закваски від 110 до 130 мг на 250 см³ молока характеризувалось утворенням у міру щільного згустку.

Додавання до молока 80–85 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не дало змоги протягом 8 годин термостатування отримати молочний згусток. Найменша доза цієї закваски, за якої було одержано молочний згусток, становила 90 мг на 250 см³ молока.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту іммобілізованих на різних носіях заквасок стрептосану в молоці час його згортання зменшується. За використання найбільшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски час згортання молока становив 5,3 години. Цей показник був меншим на 13,1 % щодо даних, отриманих із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Доведено, що для виготовлення кисломолочного продукту, який відповідає нормативним вимогам, оптимальною дозою іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану є 360–380 мг/л молока.

Отже, виявлено, що згортання молока за оптимального часу можливо здійснювати, використовуючи меншу дозу іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану, порівнюючи із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Експериментально виявлено, що титрована кислотність продуктів сквашування іммобілізованими заквасками змінювалася залежно від вмісту останіх у молоці. За оптимального вмісту іммобілізованої закваски у молоці титрована кислотність стрептосану становить від 80 до 85 °Т.

Досліджуючи час придатності та умови зберігання іммобілізованої закваски для йогурту, їх було поділено на дві рівні частини. Одну частину зберігали у герметичній тарі за температури 3–4 °С, іншу – за 18–22 °С.

Внесення у зразки молока проб нативної та іммобілізованої закваски через 6–24 місяці зберігання (3–4 °С) дало змогу отримати йогурти високої

якості. За сенсорними показниками продукти не відрізнялись один від одного і відповідали нормам.

Встановлено, що внесення у молоко нативної закваски, яку зберігали впродовж 30 місяців, спричиняло отримання кислої маси, яка за сенсорними показниками не відповідала йогурту. Застосування після 36 та 42 місяців зберігання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски дало змогу отримати йогурт, який відповідав нормативним вимогам.

Доведено, що іммобілізація клітин мікроорганізмів закваски для йогурту дозволяє подовжити термін придатності за її збереження за температури 18–22 °С на 18 місяців.

Виявлено, що титрована кислотність йогуртів виготовлених за використання іммобілізованих заквасок, які зберігали 42 місяці за температури 3–4 °С та 36 місяців за температури 18–22 °С, відповідала встановленим вимогам.

Таким чином, органолептичні показники йогурту, виготовленого із застосуванням закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині після 36 місяців її зберігання за різних температурних режимів, відповідають нормативним вимогам. Іммобілізація закваски для йогурту на модифікованому пектині збільшує час її придатності на 18 місяців у порівнянні із нативною формою.

Вивчаючи термін придатності та умови зберігання іммобілізованої закваски для стрептосану використовували два температурних режими: 3–4 та 18–22 °С.

Внесення у молоко відібраних проб іммобілізованої закваски стрептосану через 6, 12, 18, 24, 30 та 36 місяців зберігання за температури 3–4 °С дало змогу одержати кінцевий продукт сквашування, який мав чітко виражений кисломолочний смак. Сторонніх присмаків ферментації не відмічено молочний згусток був у міру щільним. Нерегламентованого відділення сироватки не виявлено. Доведено, що нативна закваска стрептосану за таких самих умов зберігання через 36 місяців втрачала свою

активність. Це є підтвердженням пролонгування дії клітин мікроорганізмів у складі закваски стрептосану за їх іммобілізації на модифікованому пектині.

Встановлено, що іммобілізована закваска для стрептосану на 12 місяців довше зберігає активність за кімнатної температури (18–22 °С), порівнюючи з її нативною формою.

Титрована кислотність сквашеного молока іммобілізованою закваскою для стрептосану, яку зберігали 36 місяців за температури 3–4 °С, була в межах 75,0 °Т, що відповідало вимогам до продукту. Нерегламентовану кислотність було виявлено у кисломолочних продуктах, для виготовлення яких застосовували іммобілізовану закваску стрептосану після трирічного зберігання за кімнатної температури.

Доведено, що іммобілізація молочнокислих бактерій, які входять до складу заквасок для йогурту та стрептосану, пролонгує їх придатність за різних температурних умов зберігання.

Вивчаючи стійкість іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту до антибіотиків, використовували проби молока із різним вмістом пеніциліну та стрептоміцину – від 5,0 до 65,0 ОД/см³.

Не виявлено негативного впливу пеніциліну в дозі 5,0–20,0 ОД/см³ молока на одержання якісного кисломолочного продукту. Йогурт за смаком, консистенцією і виглядом не відрізнявся від продукту, одержаного у контрольному варіанті. Доведено, що підвищення вмісту пеніциліну до 25,0–30,0 ОД/см³ мало деякий вплив на процес сквашування молока. За смаком і консистенцією було виготовлено йогурт нижчої якості. Молочний згусток був рідкий. Доведено, що за вмісту пеніциліну 35–65 ОД/см³ дія іммобілізованої закваски не припиняється, однак суттєво погіршується. Кінцевий продукт мав кислий смак і поодинокі тягучі згустки.

Виявлено, що за присутності у молоці пеніциліну від 5,0 до 20,0 ОД/см³ титрована кислотність йогурту під дією іммобілізованої закваски вірогідно не відрізнялась від даних контролю.

Вивчаючи вплив стрептоміцину на активність іммобілізованої закваски для йогурту було встановлено, що стабілізація молочнокислих бактерій дає змогу проводити сквашування молока із вмістом у ньому антибіотика в дозах від 5 до 25,0 ОД/см³. Одержаний йогурт із такого молока за смаком, консистенцією та кольором відповідав нормативним вимогам. Доведено, що збільшення вмісту антибіотика до 30,0–40,0 ОД/см³ мало деякий негативний вплив на процес згортання молока. Кінцеві продукти сквашування за консистенцією та смаком були гіршими, ніж у контролі. Молочні згустки були незадовільними (рідкі), кисломолочний смак був не вираженим. За вмісту стрептоміцину в молоці 45–65 ОД/см³ дія іммобілізованої закваски суттєво погіршується, однак не припиняється.

Доведено, що іммобілізована на модифікованому пектині закваска йогурту за вмісту в молоці стрептоміцину до 30 ОД/см³ не втрачає свою активність, що підтверджується показниками титрованої кислотності продуктів сквашування.

Для вивчення стійкості іммобілізованої закваски для стрептосану до антибіотиків проводили сквашування молока із вмістом пеніциліну від 2,5 до 27,5 ОД/см³ та вмістом стрептоміцину від 0,5 до 18,0 ОД/см³.

Застосовуючи іммобілізовану на модифікованому пектині закваску стрептосану за присутності у молоці бензилпеніциліну натрієвої солі у кількості 2,5 ОД/см³, вдалось одержати кінцевий продукт, який не відрізнявся від контролю. Смак, зовнішній вигляд і консистенція відповідали вимогам. Не виявлено негативного впливу антибіотика в дозах 5,0–10,0 ОД/см³ на активність іммобілізованої закваски. Доведено, що за вмісту пеніциліну в дозі 20,0–27,5 ОД/см³ молока процесу сквашування практично не відбувалось. Кінцевий продукт був рідким, як молоко, із поодинокими білковими згустками у вигляді тяжів. Смак відповідав кислому молоку.

Таким чином, іммобілізована на модифікованому пектині закваска стрептосану, навіть за високих доз пеніциліну в молоці, зберігає певний відсоток своєї активності і повністю не інактивується. Встановлено, що

кисломолочні напої, для виготовлення яких використано молоко із вмістом пеніциліну 2,5–7,5 ОД/см³, мали титровану кислотність, яка відповідала нормативним вимогам.

У контрольній групі, де застосовували іммобілізовану закваску стрептосану, титрована кислотність становила 83,2 °Т. Показник був меншим на 4,3 % у порівнянні із кислотністю продукту, отриманого у контрольній групі, де застосовували нативну закваску.

Вивчаючи вплив різних доз стрептоміцину на активність іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану встановлено, що додавання до зразків молока антибіотика у кількості 0,5 ОД/см³ не спричинило негативної дії на іммобілізовану закваску стрептосану. Продукти сквашування мали задовільний молочний згусток та натуральний кисломолочний смак. Не було встановлено різниці із контролем за органолептичними показниками продуктів сквашування, де молоко містило антибіотик у дозі 1,0 ОД/см³. Не встановлено втрати активності іммобілізованої закваски для стрептосану за вмісту в молоці стрептоміцину у кількості 2,0–4,0 ОД/см³, кисломолочні напої були аналогічними контролю.

За вмісту у пробах молока стрептоміцину в дозі 5,0–9,0 ОД/см³ зменшується дія іммобілізованої закваски, це підтверджується погіршенням сенсорних показників сквашеного молока.

Встановлено, що іммобілізована закваска стрептосану за високих доз стрептоміцину сульфату (11,0-17,0 ОД/см³) у молоці повністю не інактивується, зберігаючи певний відсоток живих молочнокислих бактерій.

За допомогою показників титрованої кислотності продуктів сквашування молока можна додатково стверджувати, що іммобілізація закваски стрептосану на модифікованому пектині захищає молочнокислі бактерії від дії значних концентрацій стрептоміцину у сировині.

Отже, іммобілізація клітин мікроорганізмів заквасок для йогурту та стрептосану, крім пролонгування збереження активності, захищає

молочнокислі бактерії від незначних концентрацій бактерицидних сполук у молоці, що підтверджується рядом дослідників [104, 283].

Проводили дослідження впливу використання іммобілізованих заквасок на реологічні показники кисломолочних напоїв. Було встановлено, що показник ефективної в'язкості у йогуртах, виготовлених за участі іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, на 2–8 добу зберігання статистично не відрізнявся від контролю. Із часом зберігання проходить незначне зниження ефективної в'язкості йогуртів, виготовлених за участі як іммобілізованої, так і нативної закваски. Ефективна в'язкість кисломолочних напоїв із іммобілізованою закваскою не відрізняється від ефективної в'язкості йогуртів, одержаних із додаванням нативної закваски.

Доведено, що впродовж 8-добового зберігання йогуртів за 3–4 °С показник відновлення структури має незначне зменшення. Йогурти, виготовлені за участі іммобілізованої закваски, статистично не відрізняються за даними відновлення структури від контрольних зразків, де використовували нативну закваску.

Досліджуючи зразки кисломолочного продукту, одержані за участі іммобілізованої закваски стрептосану, не встановлено негативного впливу останньої на зниження ефективної в'язкості у дослідних зразках на 2, 4 та 8 добу зберігання щодо контролю. Різниця була в межах похибки.

Отже, за 7 діб зберігання кисломолочних продуктів стрептосану, одержаних за використання нативної та іммобілізованої закваски, проходить незначне зниження ефективної в'язкості.

Експериментально доведено, що використання іммобілізованих заквасок за виробництва кисломолочного продукту стрептосану не має негативного впливу на показник відновлення структури продукту.

На 2, 7 та 14 добу зберігання йогурту, виготовленого за використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, досліджували його мікробіологічний склад.

Встановлено, що вміст молочнокислих бактерій у дослідних зразках йогуртів, виготовлених із використанням іммобілізованої закваски, на 2 добу зберігання був меншим, ніж у контролі, на 23,0 %. Проте цей показник відповідав стандартним вимогам. Доведено, що наприкінці експерименту кількість молочнокислих бактерій не змінилась щодо аналогічного показника у дослідних зразках йогурту встановленого на 7 добу зберігання. Щодо вмісту бактерій у контрольних зразках, то дослідний кисломолочний продукт містив на 8,3 % більше мікроорганізмів, що може обумовлюватись підвищеною стійкістю іммобілізованих клітин до дії підвищеної кислотності. У йогуртах, виготовлених із використанням іммобілізованої закваски, не було виявлено бактерій групи кишкових паличок та інших патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*.

Вивчаючи зразки кисломолочного продукту стрептосану, одержаного за використання іммобілізованої закваски виявлено, що на 8 добу зберігання кількість КУО молочнокислих бактерій була більшою щодо контролю на 8,3 %.

У дослідних зразках кисломолочних продуктів на 2, 4 та 8 добу зберігання не було ідентифіковано патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій *Salmonella* та кишкових паличок.

Амінокислотний склад йогурту, одержаного за використання іммобілізованої закваски, визначали на 2 добу зберігання. Доведено, що за вмістом аргініну, лізину, фенілаланіну, тирозину, гістидину, ізолейцину, лейцину, метіоніну, цистину, проліну, треоніну, серину, аланіну, гліцину та аспарагіну кисломолочний продукт із дослідних груп статистично не вірізнявся від контролю, де застосовували нативну закваску.

Експериментально встановлено, що під час виготовлення стрептосану застосування іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не спричиняє статистичне зменшення незамінних і замінних амінокислот у кисломолочному продукті.

Для відпрацювання оптимального співвідношення маси розчинника до маси закваски для йогурту і до маси носія як матрицю використовували модифікований желатин. Кількість матриці у всіх варіантах не змінювали – маса становила 1000,0 мг. У 0,2, 0,3 та 0,4 см³ дистильованої води розчиняли від 5 до 100 мг висушеної закваски для йогурту.

Після проведення іммобілізації клітин мікроорганізмів закваски для йогурту одержані препарати висушували впродовж 15 хвилин і визначали вміст вологи у відібраних зразках.

Виявлено підвищення вмісту вологи у препаратах, де для іммобілізації застосовували 20, 30 та 40 мг закваски у 0,2 см³ розчинника, відповідно, на 0,6 та 0,9 % щодо показника у пробі із вмістом закваски 5 мг. На 15 хвилину активного висушування у препаратах із вмістом 50–90 мг заквасок для йогурту вологість препаратів збільшувалась. Найвища вологість була у препаратах, для виготовлення яких використовували 100 мг закваски. За підвищення об'єму розчинника на одиницю маси носія вологість іммобілізованих заквасок на 15 хвилину висушування збільшувалась.

Отже, вміст вологи у заквасках, іммобілізованих на модифікованому желатині, за 15-хвилинного сушіння методом активного перемішування і вентилявання залежить насамперед від об'єму розчинника та вмісту нативної закваски. Збільшення вмісту закваски в іммобілізованих препаратах сприяє підвищенню механізму утримання (зв'язування) вологи.

За оптимальної вологості термін зберігання препаратів іммобілізованої закваски для йогурту пролонгується. Тому, були проведені дослідження щодо визначення часу висушування препаратів до вологості 7–9 %.

Встановлено, що на висушування препаратів, для виготовлення яких застосовували 5 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, було витрачено 32,4 хвилини. Найдовше висушували іммобілізовану закваску, де нативного препарату використовували 100 мг на 1 г носія.

Підвищення використання об'єму розчинника до 0,3 см³ на 1 г модифікованого желатину супроводжувалось збільшенням на 34,2–45,6 %

часу висушування іммобілізованої закваски у порівнянні із препаратами, на виготовлення яких використовували 0,2 см³ розчинника. Використання 0,4 см³ розчинника на 1 г носія пролонгувало час висушування препаратів до вологості 7–9 % на 55,1–59,3 % щодо препаратів із найменшим об'ємом розчинника.

Таким чином, висушування іммобілізованих заквасок для йогурту до вологості 7–9 % найшвидше можна провести, використовуючи об'єм розчинника 0,2 см³. Іммобілізовані закваски для йогурту, одержані за використання 1 г модифікованого желатину, 5–100 мг закваски та 0,2 см³ розчинника, можливо висушити за активного вентилявання та перемішування до вологи 7–9 % за 32,4–37,2 хвилини. Збільшення об'єму розчинника до 0,3 та 0,4 см³ зумовлює збільшення часу сушіння, відповідно, до 43,5–54,2 та 69,3–84,1 хвилини.

Наступним етапом досліджень було встановлення оптимальної дози іммобілізованої закваски для йогурту для оптимального сквашування молока. Іммобілізовану на модифікованому пектині закваску для йогурту вносили у підготовлене молоко у кількості від 10 до 160 мг на 200,0 см³. Закваску, іммобілізовану на модифікованому желатині, використовували в аналогічних дозах. Ефективність утворення згустку молока за дії різних доз іммобілізованих заквасок перевіряли на 8 годину ферментування.

Застосування від 10 до 50 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту не дало змогу отримати сформованого згустку. Ефективне сквашування впродовж 8 годин було виявлено у варіантах, де застосовували від 70 до 160 мг іммобілізованої закваски.

Використання низьких доз закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині (10–70 мг на 200 см³ молока), не дало змоги провести ефективне сквашування молока. Чітко виражений згусток молока було виявлено у пробах, де застосовували від 80 до 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Внесення найменшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту сприяло утворенню молочного згустку через 12,3 години від початку експерименту. Найшвидше було сформовано згусток у пробах, до яких вносили по 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, на 200 см³ молока.

Застосування закваски йогурту іммобілізованої на модифікованому желатині, сприяло збільшенню часу утворення згустку у порівнянні із варіантом, де використовували таку кількість закваски, стабілізованої на модифікованому пектині. За найбільшої дози закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, утворення згустку було зафіксовано через 5,1 години після її внесення.

Встановлено, що із підвищенням дози іммобілізованої закваски час утворення згустку молока зменшується. Використання закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, дає змогу швидше отримати йогурт із бажаними органолептичними характеристиками.

Досліджуючи титровану кислотність продуктів сквашування на 8 годину ферментування встановлено, що оптимальна кислотність була у йогуртах, на виготовлення яких використано від 60 до 100 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині.

Розрахунковим методом визначали аналітичний вид апроксимуючих функцій. Встановили, яка аналітична функція може відповідати залежності часу утворення згустку від маси закваски. Ця функція має обернено пропорційну залежність від маси. Вона може бути експоненціальною або гіперболічною.

Виявлено, що після 8 годин термостатування проб молока із вмістом 80–100 мг іммобілізованих заквасок на желатині якісного молочного згустку не було отримано. Підвищення дози іммобілізованої закваски від 110 до 130 мг на 250 см³ молока характеризувалось утворенням у міру щільного згустку.

Додавання до молока 80–85 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не дало змоги протягом 8 годин термостатування отримати

молочний згусток. Найменша доза цієї закваски, за якої було одержано молочний згусток, становила 90 мг на 250 см³ молока.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту іммобілізованих на різних носіях заквасок стрептосану в молоці час його згортання зменшується. За використання найбільшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски час згортання молока становив 5,3 години. Цей показник був меншим на 13,1 % щодо даних, отриманих із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Доведено, що для виготовлення кисломолочного продукту, який відповідає нормативним вимогам, оптимальною дозою іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану є 360–380 мг/л молока.

Отже, виявлено, що згортання молока за оптимального часу можливо здійснювати, використовуючи меншу дозу іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану, порівнюючи із закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині.

Експериментально виявлено, що титрована кислотність продуктів сквашування іммобілізованими заквасками змінювалася залежно від вмісту останіх у молоці. За оптимального вмісту іммобілізованої закваски у молоці титрована кислотність стрептосану становить від 80 до 85 °Т.

Досліджуючи час придатності та умови зберігання іммобілізованої закваски для йогурту, їх було поділено на дві рівні частини. Одну частину зберігали у герметичній тарі за температури 3–4 °С, іншу – за 18–22 °С.

Внесення у зразки молока проб нативної та іммобілізованої закваски через 6–24 місяці зберігання (3–4 °С) дало змогу отримати йогурти високої якості. За сенсорними показниками продукти не відрізнялись один від одного і відповідали нормам.

Встановлено, що внесення у молоко нативної закваски, яку зберігали впродовж 30 місяців, спричиняло отримання кислої маси, яка за сенсорними показниками не відповідала йогурту. Застосування після 36 та 42 місяців

зберігання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски дало змогу отримати йогурт, який відповідав нормативним вимогам.

Доведено, що іммобілізація клітин мікроорганізмів закваски для йогурту дозволяє подовжити термін придатності за її збереження за температури 18–22 °С на 18 місяців.

Виявлено, що титрована кислотність йогуртів виготовлених за використання іммобілізованих заквасок, які зберігали 42 місяці за температури 3–4 °С та 36 місяців за температури 18–22 °С, відповідала встановленим вимогам.

Таким чином, органолептичні показники йогурту, виготовленого із застосуванням закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині після 36 місяців її зберігання за різних температурних режимів, відповідають нормативним вимогам. Іммобілізація закваски для йогурту на модифікованому пектині збільшує час її придатності на 18 місяців у порівнянні із нативною формою.

Вивчаючи термін придатності та умови зберігання іммобілізованої закваски для стрептосану використовували два температурних режими: 3–4 та 18–22 °С.

Внесення у молоко відібраних проб іммобілізованої закваски стрептосану через 6, 12, 18, 24, 30 та 36 місяців зберігання за температури 3–4 °С дало змогу одержати кінцевий продукт сквашування, який мав чітко виражений кисломолочний смак. Сторонніх присмаків ферментації не відмічено молочний згусток був у міру щільним. Нерегламентованого відділення сироватки не виявлено. Доведено, що нативна закваска стрептосану за таких самих умов зберігання через 36 місяців втрачала свою активність. Це є підтвердженням пролонгування дії клітин мікроорганізмів у складі закваски стрептосану за їх іммобілізації на модифікованому пектині.

Встановлено, що іммобілізована закваска для стрептосану на 12 місяців довше зберігає активність за кімнатної температури (18–22 °С), порівнюючи з її нативною формою.

Титрована кислотність сквашеного молока іммобілізованою закваскою для стрептосану, яку зберігали 36 місяців за температури 3–4 °С, була в межах 75,0 °Т, що відповідало вимогам до продукту. Нерегламентовану кислотність було виявлено у кисломолочних продуктах, для виготовлення яких застосовували іммобілізовану закваску стрептосану після трирічного зберігання за кімнатної температури.

Доведено, що іммобілізація молочнокислих бактерій, які входять до складу заквасок для йогурту та стрептосану, пролонгує їх придатність за різних температурних умов зберігання.

Вивчаючи стійкість іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту до антибіотиків, використовували проби молока із різним вмістом пеніциліну та стрептоміцину – від 5,0 до 65,0 ОД/см³.

Не виявлено негативного впливу пеніциліну в дозі 5,0–20,0 ОД/см³ молока на одержання якісного кисломолочного продукту. Йогурт за смаком, консистенцією і виглядом не відрізнявся від продукту, одержаного у контрольному варіанті. Доведено, що підвищення вмісту пеніциліну до 25,0–30,0 ОД/см³ мало деякий вплив на процес сквашування молока. За смаком і консистенцією було виготовлено йогурт нижчої якості. Молочний згусток був рідкий. Доведено, що за вмісту пеніциліну 35–65 ОД/см³ дія іммобілізованої закваски не припиняється, однак суттєво погіршується. Кінцевий продукт мав кислий смак і поодинокі тягучі згустки.

Виявлено, що за присутності у молоці пеніциліну від 5,0 до 20,0 ОД/см³ титрована кислотність йогурту під дією іммобілізованої закваски вірогідно не відрізнялась від даних контролю.

Вивчаючи вплив стрептоміцину на активність іммобілізованої закваски для йогурту було встановлено, що стабілізація молочнокислих бактерій дає змогу проводити сквашування молока із вмістом у ньому антибіотика в дозах від 5 до 25,0 ОД/см³. Одержаний йогурт із такого молока за смаком, консистенцією та кольором відповідав нормативним вимогам. Доведено, що збільшення вмісту антибіотика до 30,0–40,0 ОД/см³ мало деякий негативний

вплив на процес згортання молока. Кінцеві продукти сквашування за консистенцією та смаком були гіршими, ніж у контролі. Молочні згустки були незадовільними (рідкі), кисломолочний смак був не вираженим. За вмісту стрептоміцину в молоці 45–65 ОД/см³ дія іммобілізованої закваски суттєво погіршується, однак не припиняється.

Доведено, що іммобілізована на модифікованому пектині закваска йогурту за вмісту в молоці стрептоміцину до 30 ОД/см³ не втрачає свою активність, що підтверджується показниками титрованої кислотності продуктів сквашування.

Для вивчення стійкості іммобілізованої закваски для стрептосану до антибіотиків проводили сквашування молока із вмістом пеніциліну від 2,5 до 27,5 ОД/см³ та вмістом стрептоміцину від 0,5 до 18,0 ОД/см³.

Застосовуючи іммобілізовану на модифікованому пектині закваску стрептосану за присутності у молоці бензилпеніциліну натрієвої солі у кількості 2,5 ОД/см³, вдалось одержати кінцевий продукт, який не відрізнявся від контролю. Смак, зовнішній вигляд і консистенція відповідали вимогам. Не виявлено негативного впливу антибіотика в дозах 5,0–10,0 ОД/см³ на активність іммобілізованої закваски. Доведено, що за вмісту пеніциліну в дозі 20,0–27,5 ОД/см³ молока процесу сквашування практично не відбувалось. Кінцевий продукт був рідким, як молоко, із поодинокими білковими згустками у вигляді тяжів. Смак відповідав кислому молоку.

Таким чином, іммобілізована на модифікованому пектині закваска стрептосану, навіть за високих доз пеніциліну в молоці, зберігає певний відсоток своєї активності і повністю не інактивується. Встановлено, що кисломолочні напої, для виготовлення яких використано молоко із вмістом пеніциліну 2,5–7,5 ОД/см³, мали титровану кислотність, яка відповідала нормативним вимогам.

У контрольній групі, де застосовували іммобілізовану закваску стрептосану, титрована кислотність становила 83,2 °Т. Показник був меншим

на 4,3 % у порівнянні із кислотністю продукту, отриманого у контрольній групі, де застосовували нативну закваску.

Вивчаючи вплив різних доз стрептоміцину на активність іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану встановлено, що додавання до зразків молока антибіотика у кількості 0,5 ОД/см³ не спричинило негативної дії на іммобілізовану закваску стрептосану. Продукти сквашування мали задовільний молочний згусток та натуральний кисломолочний смак. Не було встановлено різниці із контролем за органолептичними показниками продуктів сквашування, де молоко містило антибіотик у дозі 1,0 ОД/см³. Не встановлено втрати активності іммобілізованої закваски для стрептосану за вмісту в молоці стрептоміцину у кількості 2,0–4,0 ОД/см³, кисломолочні напої були аналогічними контролю.

За вмісту у пробах молока стрептоміцину в дозі 5,0–9,0 ОД/см³ зменшується дія іммобілізованої закваски, це підтверджується погіршенням сенсорних показників сквашеного молока.

Встановлено, що іммобілізована закваска стрептосану за високих доз стрептоміцину сульфату (11,0-17,0 ОД/см³) у молоці повністю не інактивується, зберігаючи певний відсоток живих молочнокислих бактерій.

За допомогою показників титрованої кислотності продуктів сквашування молока можна додатково стверджувати, що іммобілізація закваски стрептосану на модифікованому пектині захищає молочнокислі бактерії від дії значних концентрацій стрептоміцину у сировині.

Отже, іммобілізація клітин мікроорганізмів заквасок для йогурту та стрептосану, крім пролонгування збереження активності, захищає молочнокислі бактерії від незначних концентрацій бактерицидних сполук у молоці, що підтверджується рядом дослідників [104, 283].

Проводили дослідження впливу використання іммобілізованих заквасок на реологічні показники кисломолочних напоїв. Було встановлено, що показник ефективної в'язкості у йогуртах, виготовлених за участі іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, на 2–8 добу зберігання

статистично не відрізнявся від контролю. Із часом зберігання проходить незначне зниження ефективної в'язкості йогуртів, виготовлених за участі як іммобілізованої, так і нативної закваски. Ефективна в'язкість кисломолочних напоїв із іммобілізованою закваскою не відрізняється від ефективної в'язкості йогуртів, одержаних із додаванням нативної закваски.

Доведено, що впродовж 8-добового зберігання йогуртів за 3–4 °С показник відновлення структури має незначне зменшення. Йогурти, виготовлені за участі іммобілізованої закваски, статистично не відрізняються за даними відновлення структури від контрольних зразків, де використовували нативну закваску.

Досліджуючи зразки кисломолочного продукту, одержані за участі іммобілізованої закваски стрептосану, не встановлено негативного впливу останньої на зниження ефективної в'язкості у дослідних зразках на 2, 4 та 8 добу зберігання щодо контролю. Різниця була в межах похибки.

Отже, за 7 діб зберігання кисломолочних продуктів стрептосану, одержаних за використання нативної та іммобілізованої закваски, проходить незначне зниження ефективної в'язкості.

Експериментально доведено, що використання іммобілізованих заквасок за виробництва кисломолочного продукту стрептосану не має негативного впливу на показник відновлення структури продукту.

На 2, 7 та 14 добу зберігання йогурту, виготовленого за використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, досліджували його мікробіологічний склад.

Встановлено, що вміст молочнокислих бактерій у дослідних зразках йогуртів, виготовлених із використанням іммобілізованої закваски, на 2 добу зберігання був меншим, ніж у контролі, на 23,0 %. Проте цей показник відповідав стандартним вимогам. Доведено, що наприкінці експерименту кількість молочнокислих бактерій не змінилась щодо аналогічного показника у дослідних зразках йогурту встановленого на 7 добу зберігання. Щодо вмісту бактерій у контрольних зразках, то дослідний кисломолочний продукт

містив на 8,3 % більше мікроорганізмів, що може обумовлюватись підвищеною стійкістю іммобілізованих клітин до дії підвищеної кислотності. У йогуртах, виготовлених із використанням іммобілізованої закваски, не було виявлено бактерій групи кишкових паличок та інших патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*.

Вивчаючи зразки кисломолочного продукту стрептосану, одержаного за використання іммобілізованої закваски виявлено, що на 8 добу зберігання кількість КУО молочнокислих бактерій була більшою щодо контролю на 8,3 %.

У дослідних зразках кисломолочних продуктів на 2, 4 та 8 добу зберігання не було ідентифіковано патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій *Salmonella* та кишкових паличок.

Амінокислотний склад йогурту, одержаного за використання іммобілізованої закваски, визначали на 2 добу зберігання. Доведено, що за вмістом аргініну, лізину, фенілаланіну, тирозину, гістидину, ізолейцину, лейцину, метіоніну, цистину, проліну, треоніну, серину, аланіну, гліцину та аспарагіну кисломолочний продукт із дослідних груп статистично не відрізнявся від контролю, де застосовували нативну закваску.

Експериментально встановлено, що під час виготовлення стрептосану застосування іммобілізованої на модифікованому пектині закваски не спричиняє статистичне зменшення незамінних і замінних амінокислот у кисломолочному продукті.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній науковій праці представлено науково-теоретичне обґрунтування і новий підхід щодо вирішення проблеми підвищення ефективності використання заквасок для виготовлення кисломолочних продуктів шляхом розробки біотехнології іммобілізації молочнокислих бактерій *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus salivarius thermophilus* та *Enterococcus faecium*, які застосовують у технологіях йогуртів та стрептосану. Встановлено оптимальні дози використання та стійкість іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану до інгібуючих сполук, які потрапляють у молоко.

1. За модельних досліджень сорбційних властивостей харчових добавок – нативного пектину, желатину та крохмалю, із застосуванням 0,005 % розчину вітаміну В₂ встановлено, що нативний желатин та пектин мали вищі сорбційні показники, відповідно, у 2,5 та 2,4 раза порівняно з нативним крохмалем.

2. Розроблено технології модифікації харчових добавок, які передбачають їх фізико-хімічну обробку із наступним нанесенням зшивок. За рахунок модифікації сорбційні властивості пектину, желатину та крохмалю збільшились на 20,8 % – 26,9 % відносно їх нативних форм.

3. Експериментально, на лабораторних білих мишах, доведено нешкідливість застосування модифікованого пектину, крохмалю та желатину як носіїв для іммобілізації заквасок для кисломолочних продуктів.

4. Токсикологічними експериментами на білих мишах, білих щурах та кролях з використанням біохімічних і патолого-анатомічних даних досліджень встановлено, що модифіковані харчові добавки відносяться до малотоксичних сполук, DL₅₀ є більшим 5000 мг/кг маси тіла тварин. Модифікований пектин, желатин та крохмаль не викликають подразнюючої дії на слизову оболонку очей кролів.

5. Встановлено, що за вмісту в молоці пеніциліну в концентрації 11,8 ОД/см³ та стрептоміцину – 9,6 ОД/см³ нативна закваска для йогурту інактивується, і сквашування не відбувається. Нативна закваска стрептосану втрачає свою активність за вмісту в молоці пеніциліну та стрептоміцину, відповідно, в дозах 5,0 та 1,0 ОД/см³.

6. Розроблено біотехнології іммобілізації закваски йогурту та стрептосану на модифікованих носіях. За використання модифікованого пектину оптимальним співвідношенням є: носій : мікроорганізми заквасок: розчинник - 8 г : 10¹⁰ КУО/мл : 100 см³ для закваски йогурту та 6 г : 10¹⁰ КУО/мл : 100 см³ для закваски стрептосану. За використання модифікованого желатину оптимальним співвідношенням є: носій : закваска : розчинник – 1000 мг : 60 мг : 0,2 см³ для закваски йогурту та 1000 мг : 50 мг : 0,2 см³ для закваски стрептосану.

7. За додавання до 1 дм³ молока 300–450 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту воно сквашується за 6,1–7,3 години. Упродовж 6,5–7,4 години проходить сквашування 1 дм³ молока за додавання до нього іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану. Титрована кислотність кисломолочних продуктів була в межах 85–92 °Т.

8. Іммобілізація заквасок йогурту та стрептосану на модифікованому пектині сприяє пролонгуванню їх активності щодо сквашування молока за температури зберігання 3–4 °С на 12–18 місяців у порівнянні з нативними формами.

9. За наявності в молоці пеніциліну в дозі 20,0 ОД/см³ внесення іммобілізованої закваски йогурту сприяє утворенню молочного згустку. Не виявлено порушення сквашування молока з вмістом у ньому 20,0 ОД/см³ стрептоміцину іммобілізованою закваскою йогурту.

10. Іммобілізована на модифікованому пектині закваска для стрептосану зберігає властивість сквашувати молоко за вмісту в ньому пеніциліну та

стрептоміцину у дозах, відповідно, 10 та 4,0 ОД/см³. Титрована кислотність таких кисломолочних продуктів становить 75–88 °Т.

11. Ефективна в'язкість та відновлення структури йогурту і стрептосану, одержаних за використання іммобілізованих заквасок, не відрізнялись від аналогічних показників кисломолочних продуктів, виготовлених із застосуванням нативних заквасок.

12. На 2 добу зберігання за температури 4,0 °С йогурту та стрептосану, виготовлених за участі іммобілізованих заквасок, вміст у них молочнокислих бактерій становив, відповідно, $1,0 \times 10^8$ та $0,9 \times 10^8$ КУО/см³, що відповідає нормативним документам на ці продукти.

13. Використання іммобілізованих на модифікованому пектині заквасок за технології йогурту та стрептосану сприяє зменшенню собівартості кисломолочних продуктів на 0,2 % відносно технологій де використовували нативні закваски.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. З метою підвищення сорбційних властивостей харчових добавок пектину та желатину, як носіїв для іммобілізації клітин мікроорганізмів, рекомендуємо проводити їх модифікацію розробленим методом із застосуванням фізико-хімічних реакцій та нанесення зшивок.

2. Для пролонгування збереження активності, збільшення стійкості молочнокислих бактерій заквасок йогурту та стрептосану до інгібуючих речовин, які потрапляють у молоко, пропонуємо проводити їх іммобілізацію на модифікованому пектині.

3. Виробництво та використання іммобілізованих заквасок йогурту та стрептосану слід здійснювати згідно з рекомендаціями, затвердженими радою біолого-технологічного факультету Білоцерківського НАУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамова А.А., Семешгаша В.Ф. Подбор штаммов термофильного стрептококка по продуцированию ЭПС для улучшения качества йогурта. Живые системы и биологическая безопасность населения. 2008. С. 171–173.
2. Абрамова А.А. Образование ЭПС термофильными молочнокислыми стрептококами. Разработка и широкая реализация современных технологий производства, переработки и создания пищевых продуктов. Волгогр. науч.-исслед. технол. ин-т мясо-молоч. скотоводства и перераб. продукции животноводства. 2009. С. 329–331.
3. Абрамова А.А., Семенихина В.Ф., Рожкова И.В. Подбор бактериальных культур для производства йогурта с длительным сроком хранения. Вестник ОрелГАУ, 2013. № 2. С. 180–183.
4. Абрамова А.А., Семенихина В.Ф., Рожкова И.В. Разработка заквасок с длительным сроком хранения брамова. Молочная река. 2012. № 3. С. 46–48.
5. Абрамова А.А., Семенихина В.Ф., Рожкова И.В. Разработка и производство заквасок и бактериальных концентратов для кисломолочных и пробиотических продуктов. Материалы Международного научно-практического семинара "Современные технологии продуктов питания: теория и практика производства". 23 апреля 2010 г. Ом. гос. аграр. ун-т, 2010. С. 242–245.
6. Абрамова А.Л. Исследование штаммов термофильного стрептококков по количеству синтезированных ЭПС и получению повышенной вязкости. Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ - 80 лет). Всерос. науч.-исслед. ин-т молоч. пром-сти. 2009. С. 4–7.
7. Абрамова А.Л. Методы определения экзополисахаридов (ЭПС). Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ - 80 лет). Всерос. науч.-исслед. ин-т молоч. пром-сти. 2009. С. 8–12.
8. Аринбасаров А.Е., Филонов А.М. Микробиология. 2007. Т. 76. С. 354–360.

9. Архипов А.Н., Майоров А.А. Структурообразование молочных продуктов. Молочная промышленность. 2012. № 6. С. 74.
10. Бабошин М.А., Головлева Л.А. Стратегия подбора штаммов для смешанной культуры, осуществляющей быструю конверсию смеси полиароматических соединений. Микробиология. 2010. Т. 79. № 1. С. 79–88.
11. Био- и фитосорбенты для защиты окружающей среды / Б.А. Величко и др. Экология и промышленность России. 1997. № 8. С. 32–36.
12. Биосинтез биологически активных веществ иммобилизованными клетками микроорганизмов / Н.С. Егоров и др. Прикладная биохимия и микробиология. 1984. Т. 20. № 5. С. 579–592.
13. Биотехнология. Иммобилизованные ферменты / И.В. Березин и др.; под ред. Н.С.Егорова, В.Д. Самуилова. Москва: Высш. шк., 1987. 159 с.
14. Биотехнология. Принципы и применение.; под ред. И. Хиггинса, Д. Беста, Дж. Джонса. Москва: Мир, 1988. 480 с.
15. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. Москва: КолосС, 2004. 269 с.: ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
16. Біотехнологічні аспекти підвищення ефективності використання екзогенних ферментів у тваринництві / М.В. Зубець та ін. Вісник аграрної науки, 1998. № 1. С. 33–36.
17. Біотехнологія / В.Г. Герасименко та ін.; за ред. В.Г. Герасименка. Київ:ІНКОС, 2006. 647 с.
18. Бітюцький В.С. Вплив іммобілізованих ферментів на біохімічні процеси, продуктивність і якість м'яса курчат-бройлерів. Вісник Білоцерків. держ. аграр. ун-ту: зб. наук. праць, 1997. Вип. (3). С. 205–207.
19. Бредихин С. А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки молока. Москва: Колос, 2001. 400 с.
20. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В. Н. Технология и техника переработки. Москва: Колос, 2003. С. 260–271.

21. Бронникова В.В. Особенности производства и формирования ассортимента йогурта на современном этапе. Товаровед продовольственных товаров. 2015. № 3. С. 28–33.

22. Буянова И.В. Технология цельномолочных продуктов. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. С. 88–92.

23. Вальчук О., Столюк В. Мастит корів – ефективні шляхи вирішення проблеми. Здоровя продуктивних тварин. 2009. № 4. С. 30–34.

24. Власенко В. В., Машкін М. І., Бігун П. П. Технологія виробництва і переробки молока та молочних продуктів. Вінниця: ГПАНІС, 2000. 306 с.

25. Влияние новых химических соединений, острой гипоксии с гиперкапнией и их сочетанного действия на некоторые показатели гликолитического пути обмена углеводов у мышей / Н.П. Катунина и др. Вестник Брянского государственного университета, 2015. 39–40.

26. Вовкогон А.Г. Вивчення показників нешкідливості модифікованого крохмалю на білих мишах. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ вет. препаратів та кормових добавок і інституту біології тварин. Львів, 2019. Вип. 20. №2. С. 303–310.

27. Вовкогон А.Г. Вплив різних доз стрептоміцину у молоці на дію закваски стрептосану. Збірник наукових праць ВНАУ, 2018. Вип.3(102). С.143–151.

28. Вовкогон А.Г. Вплив часу і умов зберігання на активність нативної та іммобілізованої на модифікованому пектині закваски стрептосану. Таврійський науковий вісник Херсонського ДАУ, 2020. Т. 2. № 111. С. 16–23.

29. Вовкогон А.Г. Встановлення гострої токсичності модифікованого пектину на лабораторних тваринах. Збірник наукових праць БНАУ, 2018. №1 (141). С. 32–37.

30. Вовкогон А.Г. Встановлення нешкідливості модифікованого пектину. Збірник наукових праць ВНАУ, 2018. Вип. 1 (100). С.101–106.

31. Вовкогон А.Г. Вуглеводневий обмін у мишей за до клінічних досліджень модифікованого крохмалю. Науковий вісник Львівського НУВМ та Б ім. С.З. Гжицького. Львів, 2019. Вип. 21. № 91. С. 33–36.

32. Вовкогон А.Г. Деякі показники білкового обміну у організмі білих мишей за визначення гострої токсичності модифікованого желатину. Тваринництво та технологія харчових продуктів. 2018. Вип. 289. С.7–14.

33. Вовкогон А.Г. Дія різних доз бензилпеніциліну натрієвої солі у молоці на закваску стрептосану. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2018. № 6 (76). С. 1–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.06.021>.

34. Вовкогон А.Г. Ефективність сквашування йогурту з молока із різним вмістом стрептоміцину. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ вет. препаратів та кормових добавок і інституту біології тварин. Львів, 2018. Вип. 19. № 2. С. 98–104.

35. Вовкогон А.Г. Оптимальні біотехнологічні параметри іммобілізації клітин закваски йогурту на модифікованому желатині. Theoretical and Applied Veterinary Medicine Дніпровський ДАЕУ. Дніпро, 2019. Вип. 7 (2). С. 107–110.

36. Вовкогон А.Г. Перевірка гострої токсичності модифікованого крохмалю за використання лінійних мишей. Науково-практичний журнал Харківської ДЗА. Харків, 2019. Вип. 4. С. 23–27.

37. Вовкогон А.Г. Порівняльна характеристика нативної і іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту за різного часу і умов зберігання. Вісник Полтавської ДАА. Полтава, 2019. Вип. 3 (94). С. 117–124.

38. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Визначення гострої токсичності модифікованого желатину на білих мишах. Збірник наукових праць БНАУ, 2017. № 1–2 (134). С. 37–41.

39. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Вплив модифікованого желатину як харчової добавки на організм білих мишей. Збірник наукових праць ВНАУ, 2017. Вип.4 (98). С. 227–232.

40. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Перевірка місцевої дій на слизові оболонки кролів модифікованого крохмалю. Науковий вісник НУБіП України, 2019. Т. 2. № 110. С. 16–23.

41. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Показники сквашування молока за використання іммобілізованих заквасок стрептосану. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ вет. препаратів та кормових добавок і інституту біології тварин. Львів, 2019. Вип. 20. №1. С. 43–48.

42. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Показники сорбції носіїв – пектину та крохмалю. Збірник наукових праць ВНАУ, 2017. Вип.5 (99),Т.1. С. 109–114.

43. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Порівняння показників сорбції носіїв – желатину та крохмалю. Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету, 2016. Вип. 2 (129). С. 51–55.

44. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Сорбційні показники модифікованого і нативного желатину як носія для іммобілізації заквасок. Збірник наукових праць ВНАУ, 2017. Вип. 3 (97). С. 229–234.

45. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Сорбційні показники нативного і модифікованого пектину як носія для іммобілізації заквасок. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2018. Вип. 28. С. 34–38.

46. Вовкогон А.Г., Мерзлов С.В. Стійкість нативної та іммобілізованої закваски йогурту до різних доз пеніциліну в молоці. Таврійський науковий вісник Херсонського ДАУ, 2019. Т. 2. № 110. С. 16–23.

47. Войшвилло Н.Е., Камерницкий А.В. Методы иммобилизации. Иммобилизованные клетки микроорганизмов. Пущино: Изд-во отдел научно-технической информации НЦБИ, 1978. С. 36–46.

48. Гвоздяк П.И. Иммобилизованные микроорганизмы в очистке сточных вод от ксенобиотиков. Иммобилизованные клетки в биотехнологии. Сборник научных трудов. Пущино: Отдел научно-технической информации НЦБИ, 1987. С. 56–62.

49. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., Злочевський М.В. Біотехнологічні прийоми іммобілізації екзогенної глюкоамілази на аеросилі. Вісник Білоцерків. держ. аграр. ун-ту: зб. наук. праць, 1998. Вип. 4. Ч. 1. С. 194–199.
50. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., Злочевський М.В. Модифікація способу іммобілізації екзогенної глюкоамілази на цеоліті. Вісник Білоцерків. держ. аграр. ун-ту: зб. наук. праць, 1998. Вип. 4. Ч. 1. С. 199–200.
51. Герасименко М.О. Ферменти-стимулятори. Тваринництво України, 1994. № 5. С. 24.
52. Горбатова К. К. Химия и физика молока. СПб.: ГИОРД, 2003. 288 с.
53. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. Москва: ДеЛи-принт, 2001. 115 с.
54. ГОСТ 12.1.007–76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.: – [Введен в действие 1977-01-01]. Москва: Изд-во стандартов, 1976. 7 с.
55. ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты Титриметрические методы определения кислотности / О.А. Гераймович и др. 8 с.
56. ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. 7 с.
57. Гриненко Т.В., Третьяченко В.Г. Иммобилизация стрептокиназы на нерастворимых носителях и свойства иммобилизованого белка. Украинский биохимический журнал. 1983. Т. 55. № 3. С. 307–310.
58. Громов Б.В., Павленко Н.С. Экология бактерий. Ленинград: Изд-во ленинградского университета, 1989. 346 с.
59. Дементьева Т.А., Истинова В.И. Энзиматическая активность митохондрий печени крыс при введении в рацион нетрадиционного белкового корма. Совершенствование методов кормления и содержания с.-х. животных. Новосибирский гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 1995. С. 23–26.

60. Дієтологія. / за ред. Н.В.Харченко, Г.А.Анохіної. Київ, 2012. 526 с.
61. До Ле Хыу Нам. Перспективы использования желатина в косметике и пищевых продуктах. Материалы межд. науч. конф.: «Биотехнологические системы в производстве пищевого сырья и продуктов: инновационный потенциал и перспективы развития». Воронеж. гос. универ. инж. тех. Воронеж, 2011. С. 76–77.
62. До Ле Хыу Нам., Антипова Л.В. Технология получения желатина из продуктов разделки прудовых рыб. Международная научно-техническая интернет конференция «Актуальные проблемы выращивания и переработки прудовой рыбы». КГТУ. Краснодар, 2012. С. 100–103.
63. Доклінічні дослідження ветеринарних лікарських засобів / Коцюмбас І.Я. та ін.; під ред. І.Я. Коцюмбаса. Львів: Триада плюс, 2006. 360 с.
64. Донченко Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов. Москва: ДеЛи принт, 2000. 256 с.
65. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. Москва: ДеЛи принт, 2007. 276 с. (взято из диссертации НУХТ ясен)
66. ДСТУ 4305:2004 Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення каротину. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 6 с.
67. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. Г. Єресько та ін. 10 с.
68. ДСТУ IDF 149А: 2003 Культури молочних заквасок. Визначення видового складу:. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
69. ДСТУ 4954:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення цукрів. [Чинний від 2008-03-26]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 17 с.

70. ДСТУ 4957:2008 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності. [Чинний від 2008-04-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 13 с.

71. ДСТУ 7803:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення вітаміну С. [Чинний від 2016-04-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 24 с.

72. ДСТУ 8069:2015 Продукти перероблення фруктів та овочів. Титриметричний метод визначення пектинових речовин. [Чинний від 2016-02-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 14 с.

73. ДСТУ IDF 117В:2003 Йогурт. Визначення кількості характерних мікроорганізмів. Метод підрахунку колоній за температури 37°C. 12 с.

74. Егорова Т.А., Клунова С.М., Живухинв Е.А. Основы биотехнологии: Учеб. пособие для высш. пед. учеб. Заведений. Москва: Издательский центр «Академия», 2003. 208 с.

75. Еремина И.А. Микробиология молока и молочных продуктов. Кемерово, 2004. С. 3–47.

76. Зависимость структурно-механических свойств ферментированных сгустков от микрофлоры закваски / И.С. Хамагаева и др. Молочная промышленность. 2013. № 7. С. 60–61.

77. Закваски с низкой постокислительной активностью / А.А. Абрамова та ін. Молоч. пром-сть. 2009. № 5. С. 61–62.

78. Злочевський М.В. Біотехнологія одержання і застосування екзогенної іммобілізованої глюкоамілази у годівлі молодняку великої рогатої худоби: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.20 “Біотехнологія”. Біла Церква, 1999. 19 с.

79. Злочевський М.В. Біотехнологія одержання і застосування екзогенної іммобілізованої глюкоамілази у годівлі молодняку великої рогатої худоби: дис. канд. с.-г. наук: 03.00.20 “Біотехнологія”. Біла Церква, 1999. 159 с.

80. Зобкова З.С., Фурсова Т.П. Особенности технологии йогурта. Молочная промышленность. 2006. № 11. С. 43–46.
81. Зубарева Г.И., Гуринович А.В., Дегтев М.И. Способы очистки сточных вод от катионов тяжелых металлов. Экология и промышленность. 2008. № 1. С. 18–20.
82. Иллялетдинов А.Н., Алимова Р.М. Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод. Алма-Ата: Галым, 1990. 224 с.
83. Иммуобилизация фосфолипазы D металлохелатным методом на стекле и углеродном волокне / Е. В. Шумилина и др. Биотехнология. 1997. № 2. С. 24–31.
84. Иммуобилизованные на кремнеземах ферменты и их применение. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния / под. ред. акад. НАН Украины А.А. Чуйко. Киев: Наук. думка, 2003. 416 с.
85. Иммуобилизованные клетки и ферменты / под ред. Дж. Вудворда. Москва: Мир, 1988. 215 с.
86. Иммуобилизованные клетки микроорганизмов / А.П. Сеницын и др. Москва: МГУ, 1994. 288 с.
87. Использование иммуобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти / Т.П. Пирог и др. Прикладная биохимия и микробиология. 2005. Т. 41. № 1. С. 58–63.
88. Исследование иммуобилизации альбумина на синтетических активниx углях / С.В. Михайловский и др. Украинский биохимический журнал, 1987. Т. 59. № 1. С. 100–104.
89. Исследование инновационных технологий производства бактериальных концентратов и пробиотических продуктов на их основе / А.А. Абрамова та ін. Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Поволж. науч.-исслед. ин-т пр-ва и перераб. мясомолоч. продукции. 2010. № 4 (2). С. 162–166.

90. Інструкція до набору реактивів для визначення глюкози в біологічних рідинах по кольоровій реакції з орто-толуїдиновим реактивом (кат. № НР009.01). Затверджена Інститутом хірургії та трансплантології АМН України від 10 жовтня 2003 р. Київ, 2003. 2 с.

91. Інструкція до набору реактивів для визначення концентрації гемоглобіну у крові (кат. № НР008.01.) Затверджена Інститутом АМН України від 10 жовтня 2003 року. Київ, 2003. 2 с.

92. Інструкція до набору реактивів для визначення сечовини в біологічних рідинах діацетилмонооксимним методом (кат. № НР018.01.) Затверджена Інститутом АМН України від 10 жовтня 2003 року. Київ, 2003. 2 с.

93. Інструкція до набору реактивів для визначення сечової кислоти в біологічних рідинах (кат. № НР017.01.) Затверджена Інститутом АМН України від 10 жовтня 2003 року. Київ, 2003. 3 с.

94. Йогурт соєвий. Технічні умови / ТУ У 01193627.066:2000. – Київ: ДП «Укрметртестстандарт», 2001. 56 с

95. Кашина Е.Д. Вкус традиций: йогурт. Молочная промышленность. 2013. № 6. С. 63.

96. Кащенко В.Е., Преображенская Е.Н., Шавловский Г.М. Получение и свойства иммобилизированной рибофлавинкиназы из дрожжей *Pichia Guilliermondii*. Украинский биохимический журнал, 1989. Т. 61. № 1. С. 32–36.

97. Клепкер В. М. Разработка технологии творожных изделий с бифидогенной активностью : Дис. канд. техн. наук: 05.18.04: Ставрополь, 2005. 162 с.

98. Клинико-экспериментальное изучение возможностей применения иммобилизованных ферментов для локального тромболиза и тромбообразования / В.Н. Смирнов и др. Украинский биохимический журнал. 1983. Т. 55. № 3. С. 311–316.

99. Ковалева Т.А., Холявка М.Г., Таха А.С. Разработка гетерогенного катализатора на основе иммобилизованного препарата инулиназы из *Kluuyveromyces marxianus*. Биотехнология. 2007. № 3. С. 80–87.

100. Козлова Н.Я., Мельниченко И.В., Ясников А.А. Исследование некоторых свойств иммобилизованной альдолазы. Украинский биохимический журнал. 1984. Т. 56. № 2. С. 194–197.

101. Коптилова О.В., Филатова Н.М., Асулян Л.Д. Успехи современного естествознания. 2011. №8. С. 44–45.

102. Коркач А.В., Егорова А.В., Киртока И.О. Изменение качества желеиногo мармелада с синбиотическим комплексом в процессе хранения. Пищевая наука и технология. 2012. №1 (18). С. 7–11.

103. Коркач А.В., Крусир Г.В., Боровик И.А. Перспективы использования синбиотического комплекса в технологии зефира функционального назначения. [Восточно-Европейский журнал передовых технологий](#). 2014. № 2 (12). С. 127–133.

104. Коркач А.В., Крусир Г.В., Егорова А.В. Обоснование метода иммобилизации микроорганизмов и их применение в технологии кондитерских изделий. Харчова наука і технологія. 2013. № 1 (22). С. 35–38.

105. Корми та кормова сировина. Визначення вмісту амінокислот методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «Капель-105/105М»: метод. реком. / І. Я. Коцюмбас та ін.; за ред. І. Я. Коцюмбас. Львів, 2013. 26 с.

106. Коротченко Н.Ф. Технология производства кисломолочного продукта, обогащенного кальцием и пробиотической микрофлорой. Могилёв: Могилёвский государственный университет продовольствия, 2010. С. 10–12.

107. Косой В.Д., Дунченко Н.И., Меркулов М.Ю. Реология молочных продуктов. Москва: ДеЛи принт, 2010. 826 с.

108. Кощеенко К.А. Живые иммобилизованные клетки как биокатализаторы процессов трансформации и биосинтеза органических

соединений. Прикладная биохимия и микробиология. 1981. Т. 17. № 4. С. 477–493.

109. Крапивницкая И.А., Оболкина В.И. Особенности применения пектинов и пектинсодержащих продуктов при производстве кондитерских изделий. Продукты та ингредиенты. 2009. № 11 (64). С. 38–40.

110. Красникова Л.В., Гунькова П.И., Маркелова В.В. Микробиология молока и молочных продуктов. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 85 с.

111. Крусъ Г.Н., Тиняков В.Г., Фофанов Ю.Ф. Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности. Москва: Агропромиздат, 1986. 280 с.

112. Кугушева Л.И., Никольская Е.Б. Реактивация фосфорилированной холинэстеразы, иммобилизованной в желатиновой мембране. Украинский биохимический журнал. 1990. Т. 62. № 2. С. 93–96.

113. Кугушева Л.И., Никольская Е.Б. Стабилизация холинэстеразы голов мух, иммобилизованной в желатиновой мембране. Украинский биохимический журнал. 1989. Т. 61. № 6. С. 92–94.

114. Кузнецова Л.П., Кугушева Л.И., Никольская Е.Б. Каталитические свойства холинэстераз, иммобилизованных в желатиновой мембране. Украинский биохимический журнал. 1990. Т. 62. № 6. С. 42–48.

115. Кушнір О.Ю. Вплив мелатоніну на показники вуглеводного обміну в щурів з алоксановим діабетом: авто- реф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед наук: спец. 03.00.04 «Біохімія». Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова. Київ, 2010. 21 с.

116. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Москва, 1962. 231 с.

117. Лисин П.А., Пасько О.В., Есипова М.С. Реологическая оценка структуры йогурта обоготенного. Весник Омского ГАУ, 2017. № 26. С. 111–120.

118. Луста К.А. Микрокультурный метод определения жизнеспособности иммобилизованных клеток микроорганизмов.

Иммобилизованные клетки микроорганизмов. Пушино: Из-во отдел научно-технической информации НЦБИ, 1978. С. 164–173.

119. Ляковський Т.М., Підгорський В.С., Коваленко Н.К. Ідентифікація пробіотичних штамів молочнокислих бактерій. Мікробіологічний журнал. 2008. Т. 70. № 6. С. 3–10.

120. Мерзлов С.В., Герасименко В.Г. Встановлення концентрацій мінеральних носіїв і екзогенного амілосубтиліну для досягнення максимальної активності під час його іммобілізації. Ветеринарна біотехнологія. Київ, 2008. Т. 2. № 13. С. 127–131.

121. Мерзлов С.В., Герасименко В.Г. Рекомендації щодо біотехнології конструювання і використання іммобілізованого амілолітичного препарату Сапоензим-1 під час вирощування перепелів породи фараон. Біла Церква, 2009. 10 с.

122. Мерзлов С.В., Герасименко В.Г. Рекомендації щодо біотехнології одержання і застосування стабілізованого протеолітичного ферментного препарату Сапоензим-2 під час вирощування м'ясних перепелів. Біла Церква, 2010. 10 с.

123. Мерзлов С.В. Іммобілізація екзогенної фітази за участі вітчизняних природних мінералів та використання отриманої кормової добавки у раціонах курчат-бройлерів. Наук.-техн. бюлетень Ін-ту біології тварин та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. Львів, 2009. Вип. 10. № 3. С. 229–232.

124. Мерзлов С.В., Сніжко О.О. Підбір оптимальної закваски за біотехнології нового кисломолочного напою – йогурту. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Біла Церква, 2013. Вип. 10 (105). С. 76–79.

125. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. Москва: Колос, 1970. 422 с.

126. Микробиологическое производство биологически активных веществ и препаратов / В.А. Быков и др. Москва: Высшая школа, 1987. 143 с.

127. Мікробіологія молока і молочних продуктів з основами ветеринарно-санітарної експертизи / О.М Бергілевич та ін. Суми: Університетська книга. 2010. С. 151–180.

128. Момчева А.М. Молочний ринок України: сучасний стан та перспективи розвитку. Науковий вісник Ужгородського університету. Економіка. 2010. С. 164–168.

129. Науменко О.В. Науково-практичні аспекти виявлення інгібуючих речовин у молочній сировині. Науковий вісник ЛНУВМБЕ ім. С.З. Гжицького. Технічні науки. Серія «Харчові технології». 2014. Том 16. № 2 59. С. 119-124.

130. Некоторые свойства галактооксидазы из *Fusarium Graminearum* ИМВ-F-№1060, иммобилизованной на аминоканалохромах / Л.В. Кондакова и др. Украинский биохимический журнал. 1984. Т. 56. № 4. С. 394–398.

131. Огий С.А., Янишпольский В.В., Тертых В.А. Свойства папаина, иммобилизованного на органокремнеземе. Украинский биохимический журнал. 1990. Т. 62. № 6. С. 48–52.

132. Оноприйко А.В., Хромцов А.Г. Производство молочных продуктов. Практическое пособие. Москва: ИКЦ "Март", Ростов н/Д: издательский центр "Март", 2004. 384с.

133. Определение генетических детерминантов, ответственных за проявление технологических свойств у стартовых культур молочнокислых бактерий: тестирование наличия генов синтеза экзополисахаридов у производственных штаммов *Lactobacillus helveticus*. Научно-инновационный подход при моделировании технологического процесса производства заквасок прямого внесения / А.А. Абрамова та ін.: сб. матер. всероссийской научно-практической конференции «Принципы пищевой комбинаторики - основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов». Углич, 2010. С. 30–34.

134. Определение раздражающего действия модифицированного пектина / А.Г. Вовкогон и др. Ученые записки УО «Витебская Ордена «Знак Почета» ГАВМ». Витебск, 2019. Том 55. Вып. 4. С. 165–170.
135. Оценка качества и микробиологических показателей йогуртов, обогащенных прополисом / V. Krupitsin et al. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (48). С. 148–155.
136. Оцінка безпечності кормових добавок, загальні підходи: методичні рекомендації / І. Я. Коцюмбас та ін. 2011. С. 3–21.
137. Очистка сточных вод от дизельного топлива с помощью иммобилизованных микроорганизмов-деструкторов / А.С. Самсонова и др. Биотехнология. 2003. № 4. С. 83–87.
138. Париш Н.М. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання. Київ: Вища освіта, 2006. 351 с.: і.і. ISBN 9668081-53-6.
139. Пасько О.В. Научное и экспериментальное обоснование технологии ферментированных молокосодержащих продуктов: дис. д-ра техн. наук. Кемерово, 2011. 511 с.
140. Пат. 18905 UA, МПК (2006) A23K 1/00. Спосіб одержання стабілізованого ферментного препарату з амілолітичною активністю Сапоензим-1 / В.Г. Герасименко, С.В. Мерзлов. № и 2006 06725; заявл. 16.06.06; опубл. 15.11.06, Бюл. № 11.
141. Пат. № 104745. Спосіб лікування маститів та ендометритів тварин / Бовкун Т.В., Погасій А.М. – завл. 09.10. 2015; опубл. 10.02 2016. бюл № 3. 5 с.
142. Пат. СО9Н3/00. Способ получения желатина / Водолазов Л.И., Ковалкина Н.В., Пеганов В.А. РФ 2035483; заявл. 27.01.92; публ. 20.05.95.
143. Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток; под ред. И.Л. Работновой. Москва: Мир, 1978. 331 с.
144. Перцовская А.Ф. Адсорбция (адгезия) микроорганизмов (влияние характера взаимодействующих поверхностей и определение силы адгезии). Автореф. дис. канд. биологических наук. Москва: 1971. 20 с.

145. Печуркин Н.С. Популяционные аспекты биотехнологии. Москва: Наука, 1990. 240 с.
146. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія. Київ: НУХТ, 2004. С. 448–450.
147. Поліщук Г.А., Грек О.В., Кочубей О.В. Технологія незбираномолочних продукті; за ред. Е.А. Скорченко. Вінниця: Нова Книга, 2005. 264 с.
148. Потенциометрическое определение состава и степени этерификации молекул пектина. / И. М. Бодякина и др. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, 2012. № (2). С. 9–13.
149. Похиленко В.Д., Перельгин В.В. Бактериоцины: их биологическая роль и тенденции применения [Электронный ресурс]. Исследовано в России. 2011. С. 164–198. Режим доступа до журн.: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/016>
150. Похлебкин В.В. Национальные кухни наших народов (Основные кулинарные направления, их история и особенности. Рецептура). Москва: Пищевая пром-сть, 1980. 304 с.
151. Практикум по биохимии сельскохозяйственных животных / А.В. Чечеткин и др. Москва: Высшая школа, 1980. 303 с.
152. Применение криогелей поливинилового спирта в биотехнологии VII. Композитные иммобилизованные биокатализаторы с частицами ферментного препарата, включенного в матрицу криогеля поливинилового спирта / Б.Л. Шаскольский и др. Биотехнология. 2009. № 1. С. 71–82.
153. Продукт функциональный кисломолочный «Геролакт» питьевой 3,2% жира ТУ У 10.8-00419880-119:2013.
154. Пяткова Н.П., Овсянникова А.В., Анадская А.Г. Медико-биологические обоснования разработки технологии производства кисломолочного продукта «Медок». Разработка комбинированных продуктов питания: тр. 4-й Всесоюз. науч.-техн. конф. Раздел 1. Кемерово, 1991. С. 45–46.

155. Ребриев А.В. Оптимізація умов іммобілізації ферментів у фотополімерній мембрані. Український біохімічний журнал. 2002. Т. 74. № 46. С. 194.
156. Рекомендації щодо одержання та використання екзогенної іммобілізованої глюкоамілази у годівлі молодняку великої рогатої худоби / М.В. Зубець та ін. Біла Церква, 1999. 10 с.
157. Риянова Э.Э., Кострюкова Н.В. Получение пектина из свекловичного жома. Международный научно-исследовательский журнал. 2017. 4 (58) 1. С. 98–101.
158. Романков П.Г. Адсорбенты, их получение, свойства и применение. Актуальные задачи теории и практики адсорбционных процессов. Ленинград: Наука, 1978. 239 с.
159. Романчук І.О., Гондар О. П., Моїсеєва Л. О. Оцінка якості кисломолочного продукту геродієтичного призначення. Проблеми старения и долголетия. 2016. 25. № 2. С. 269–272.
160. Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Обоснование применения ударно-активаторно-дезиграторной обработки в технологиях получения сиропов из крахмалсодержащего сырья. Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2017. Т. 5. № 2. С. 60–66. doi: 10.14529/food170208.
161. Сазыкин, Ю.О., Орехов С.Н., Чакалева И.И. Биотехнология. Москва: Издательский центр «Академия», 2006. 256 с.
162. Салеева И. Нутрикем – ферментный комплекс на фосфолипидной основе. Птицеводство. 2007. № 6. С. 58.
163. Сапожникова А.И. Применение коллагеновой пасты в ветеринарной практике. Ветеринарный консультант. 2005. № 4. С. 25–27.
164. Семинихина В.Ф., Абрамова А.А. Влияние сезона на свойства *Streptococcus thermophilus*. Молочная промышленность. 2013. № 7. С. 41–42.
165. Скородумова О.В., Рыбальский Н.Г. Инженерная энзимология (иммобилизованные ферменты и другие биологические активные вещества). Москва: ВНИИПИ, 1990. 87 с.

166. Скрябин Г.К., Кощеев К.А. Имобилизованные клетки микроорганизмов. Биотехнология. Москва: Наука, 1984. С. 70–72.
167. Смирнов В. В., Коваленко Н.К., Сорокулова И.Б. Пробиотики на основе живых культур микроорганизмов. Микробиол. журн. 2002. Т. 64. №4. С. 62–81.
168. Смиян Ю.П. Справочник специалиста ветеринарной лаборатории. Київ: Урожай, 1982. 112 с.
169. Сычева О.В. Молоко. Качество, состав, свойства. Проблемы и решения: монография. М.: Берлин, 2014. 70 с.
170. Тарасова О.А., Редников В.Л., Доронина С.А. Экономическая эффективность профилактики и лечения мастита у коров в лактационный и сухостойный период. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, 2017. 4 (33). С. 46–48.
171. Татарникова Н.А., Мауль О.Г. Антибиотики в пищевых продуктах. Биологические науки. 2014. С. 208–211.
172. Термін сквашування молока залежно від дози іммобілізованих заквасок йогурту / А.Г Вовкогон та ін. Збірник наукових праць БНАУ, 2019. Вип.1 (147). С. 126–134.
173. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб и др. Москва: Агропромиздат, 1991. 463 с.
174. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н Крусь и др.; под ред. А.М. Шалыгиной. Москва: Колос, 2004. 455 с.
175. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь и др.; под ред. А.М. Шалыгиной. Москва: Колос, 2006. 455 с.
176. Технология производства молочных продуктов. Молокопереработка. 2009. № 12. С. 46–48.
177. Технология сыра: Справочник / Г.А. Белова и др; под общ. ред. Г.Г. Шиллера. Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. 312 с.
178. Технологія незбираномолочних продуктів / Т.А. Скорчено та ін.; за ред. Т.А. Скорчено. Навч. Посібник. Вінниця: Нова книга, 2005. 246с.

179. Тихомирова Н.А. Технология и организация производства молока и молочных продуктов. Москва: ДеЛи принт, 2007. 560 с.
180. Токсикологическая оценка медико-биологической безопасности сырья для производства нового вида продукции – быстро растворимого чайно-молочного напитка / Е.Н. Гинатуллина и др. Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 43–47.
181. Трахтенберг И.М. Книга о ядах и отравлениях. Київ. Наукова думка, 2000. 368 с.
182. Тривен М. Имобилизованные ферменты. Москва: Мир, 1983. 213 с.
183. Удворгелі Л., Дробот В. Пектиновмісні порошки. Харчова і переробна промисловість. 2004. № 1. С. 22–23.
184. Устименко І.М., Поліщук Г.Є. Наукове обґрунтування складу сметаного продукту. Наукові праці НУХТ., 2019. Вип. 25. № 2. С. 267–275.
185. Халиков Р.М., Нигаматуллина Г.Б. Трансформации макромолекул амилозы и амилопектина при технологической переработке крахмальных гранул растительного сырья в пищевой промышленности. Nauka-rastudent.ru. 2015. № 01. С 9-14.
186. Харчова цінність функціонального кисломолочного продукту геродієтичного призначення / І. О. Романчук та ін. Продовольчі ресурси. Серія: Технічні науки. 2015. № 4. С. 23–25.
187. Цар Г.В. Основні тенденції та перспективи розвитку харчової промисловості України. Науковий вісник НЛТУ України, 2010. Вип. 20 (13). С. 262–267.
188. Цісарик О.Й., Сливка І.М., Скульська І.В. Традиції та інновації у технології бринзи. Журнал «Мир продуктов. Молочная индустрия». 2014. № 4. С. 26–29.
189. Чагаровский В.П., Жолкевская И.Г. Биологическая активность заквасочных культур, используемых в технологии получения кисломолочных

продуктов с пробиотическими свойствами. Молоч. пром-сть. 2009. №1. С. 24–25

190. Шидловская В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов. Справочник. Москва: Колос, 2000. 280 с.

191. Экологическая биотехнология: Пер. с англ.; под ред. К.Ф. Форстера, Д.А.Дж. Вейзера: Л.: Химия, 1990. 384 с. Пер. изд: Великобритания, 1987.

192. Юрин В.М. Имобилизованные клетки и ферменты: курс лекций. Минск: БГУ, 2006. 133 с.

193. Який йогурт найкращий?: Споживча експертиза. Молочна промисловість. 2014. № 40. С. 5.

194. A longitudinal field trial assesing the impact of feeding waste milk containing antibiotic residues on the prevalence of ESBL-producing *Escherichia coli* in calves / LA. Brunton et al. *Prev Vet Med.* 2014. Vol. 15. 117(2). P. 403–12. doi: 10.1016

195. A method or manufacturing superior set yogurt under reduced oxygen conditions / H.N. Horiuchi et al. *Journal of Dairy Science.* 2009. Vol. 92. P. 4112–4121.

196. A practical approach to crosslinking / G. Mattson et al. *Mol. Biol. Rep.* 1993. Vol. 17. P. 167–183. doi: 10.1007/BF00986726.

197. A survey of antimicrobial usage on dairy farms and waste milk feeding practices in England and Wales / LA Brunton et al. *Vet Rec.* 2012. Vol. 22. 171 (12). P. 296.

198. Abdalbasit A.M., Hadia F.A. Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Sci. Pol., Technol. Aliment.* 2013. 12(2). P. 135–147.

199. Abd Elgadir M., Ain N.M. Preparation and characterisation of gelatin from two Sudanese edible in-sects. *J. Food Sci. Eng.,* 2011(b). Vol. (1). P. 45–55.

200. Abdel Moneim E. Sulieman, Kawther M. Y. Khodari, Zakaria A. Salih. Extraction of Pectin from Lemon and Orange Fruits Peels and its Utilization in Jam

Making. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 2013. Vol. 3 (5). P. 81–84.

201. Adolfsson O., Meydani S. N., Russell R. M. Yogurt and gut function. *Am J Clin Nutr*. 2004. Vol. 80. P. 245–256.

202. Afaq S., Iqbal J. Immobilization and stabilization of papain on chelating sepharose: a metal chelate regenerable carrier. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2001. Vol. 4. № 3. P. 120–124.

203. Akalin A. S., Unal G., Dalay M. C. Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Ital. J. Food Sci*. 2009. Vol. 21. P. 356–364.

204. Alias A. K., Rajeev B. Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23 (3). P. 563–576.

205. Alcázar-Alay S.C., Almeida Meireles M.A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Sci. Technol (Campinas)*. 2015. Vol. 35, no. 2. doi.org/10.1590/1678-457X.6749.

206. Al-Hakkak J., Al-Hakkak F. Functional egg white–pectin conjugates prepared by controlled Maillard reaction. *J. Food Eng*. 2010. Vol. 100. P. 152–159. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.03.040.

207. Al-Hakkak J., Kavale S. Improvement of emulsification properties of sodium caseinate by conjugating to pectin through the Maillard reaction. *Int. Congr. Ser*. 2002. Vol. 1245. P. 491–499. doi: 10.1016/S0531-5131(02)00887-7.

208. Aljahdali N., Carbonero F. Impact of Maillard reaction products on nutrition and health: Current knowledge and need to understand their fate in the human digestive system. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2017. P. 1–14. doi: 10.1080/10408398.2017.1378865.

209. An Efficient and Regenerable Quaternary Starch for Removal of Nitrate from Aqueous Solutions / K. Chauhan et al. *Industrial and Ingegnering Chemistry Research*. 2015. Vol. 55 (9). P. 2507–2519.

210. Antimicrobial drug residues in milk and meat: causes, concerns, prevalence, regulations, tests and test performance / J.M. Mitchell et al. *J Food Protect.* 1998. Vol. 61. P. 742–756.
211. Antimicrobial drug use in bovine mastitis / S. Giguère et al. Editor. Oxford. Blackwell. 2006.
212. Aspects of microbial quality of some milk products in Abuja / J. Okpalugo et al. *Niger. J. Pharm. Res.* 2008. Vol. 7 (4). P. 1169–1177.
213. Assessment of the Benefits of Live Yogurt: Methods and Markers for *in vivo* Studies of the Physiological Effects of Yogurt Cultures / M. Piaia et al. *Microbial Ecology in Health and Disease.* 2009. Vol. 15 (2–3). P. 79–87. doi:10.1080/08910600310019336.
214. Association of dry cow therapy with the antimicrobial susceptibility of fecal coliform bacteria in dairy cows / D.F Mollenkopf et al. *Prev Vet Med.* 2010. Vol. 1. 96 (1–2). P. 30–5. doi: 10.1016
215. Astrup A. Yogurt and dairy product consumption to prevent cardiometabolic diseases: epidemiologic and experimental studies. *Am J Clin Nutr.* 2014. Vol. 99 (5). P. 1235S–42S. doi:10.3945/ajcn.113.073015.PMID 24695891.
216. Bacteria used for the production of yogurt inactivate carcinogens and prevent DNA damage in the colon of rats / I.S.-T. Wollowski et al. *J. Nutr.* 1999. Vol. 129. P. 77–82.
217. Barkema H., Schukken Y.H., Zadoks R.N. Invited review: the role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *J Dairy Sci.* 2006. Vol. 89. P. 1877–1895. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72256.
218. Bates D., Watts D. *Nonlinear Regression and its Applications.* John Wiley and Sons. NY, 1988. P. 102.
219. Bautista CS., Dahiya RS., Speck ML. Identification of compounds causing symbiotic growth of *Streptococcus thermophiles* and *Lactobacillus bulgaricus* in milk. *J Dairy Res.* 1966. Vol. 33. P. 299–307.

220. Bayat Z., Hassanshahian M., Cappello S. Immobilization of Microbes for Bioremediation of Crude Oil Polluted Environments: A Mini Review Open Microbiol J. 2015. Vol. 9. P. 48–54. doi:10.2174/1874285801509010048.

221. Caffall K.H., Mohnen D. The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 344. I (14). P. 1879–1900.

222. Carr F.J. The lactic acid bacteria: a literature survey. Critical Reviews in Microbiology. 2002. Vol. 28. P. 281–370.

223. Çelem E. B., Seçil O. Immobilization of phytase on epoxy-activated Sepabead EC-EP for the hydrolysis of soymilk phytate. Journal of Molecular Catalysis. 2009. Vol. 61. № 3–4. P. 150–156.

224. Çelem E.B., Önal S. Immobilization of Avocado Phytase on Epoxy-Activated Sepabead EC-EP and its Application in Soymilk Phytate Hydrolysis. Artificial cells, blood substitutes, and immobilization biotechnology. 2009. Vol. 37 (5). P. 195–202.

225. Çelem E.B., Önal S. Immobilization of phytase on epoxy-activated Sepabead EC-EP for the hydrolysis of soymilk phytate. Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic. 2011. Vol. 61. № 3–4. P. 150–156.

226. Chan S., Chao W. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. Food Chemistry. 2013. Vol. 141. P. 3752–3758.

227. Chatterjee E., Manuel G.A.S., Hassan S. S. Effect of fruit pectin on growth of lactic acid bacteria. Journal of Probiotics and Health. 2016. Vol. 4. P. 147

228. Chemical and physical basics of routine formaldehyde fixation / R. Thavarajah et al. J. Oral Maxillofac. Pathol. 2012. Vol. 16. P. 400–405. doi: 10.4103/0973-029X.102496.

229. Chinedu E., Arome D., Ameh F.S. A New Method for Determining Acute Toxicity in Animal Models. Toxicol Int. 2013. Vol. 20 (3). P. 224–226.

230. Comparison of alginate and pectin based beads for production of poultry probiotic cells / W.P.Voo et al. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2011. Vol. 111, no. 3. P. 294–299.
231. Comparison of Cassava Starch with Corn as a Feedstock for Bioethanol Production / S. Pradyawong et al. *Energies*. 2018. Vol. 11. P. 3476–3484. doi:10.3390/en11123476.
232. Composition and metabolism of the intestinal microbiota in consumers and non-consumers of yogurt / E. Alvaro et al. *British Journal of Nutrition*. 2007. Vol. 97. P. 126–133.
233. Concentrations of penicillin, streptomycin, and spiramycin in bovine udder tissue liquids. / A. Franklin et al. *Am J Vet Res*. 1986. Vol. 47. P. 804–807. [PubMed].
234. Dean W. Modified Citrus Pectin. *Nutrition Review*.—<http://www.nutritionreview.org/library/citrus.pectin.html>. 28.04.2011, 2010.
235. Debra M. Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*. 2008. Vol. 11. P. 266–277.
236. Detection of *Kluyveromyces marxianus* and other spoilage yeasts in yogurt using a PCR-culture technique / M.B. Mayoral et al. *Int. J. Food Microbiol*. 2005. Vol. 105. P. 27–34.
237. Dextran cross-linked microspheres as drug delivery system / R. Cortesi et al. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 1996. Vol. 47. P. 153–160.
238. Diener W., Mischke U., Kayser D. The Biometric Evaluation of the OECD Modified Version of the Acute-Toxic-Class Method (Oral). *Arch. Toxicol*. 1995. Vol. 69. P. 729–734.
239. Diener W., Schlede E. Acute Toxicity Class Methods: Alternatives to LD/LC50 Tests. *ALTEX*, 1999. Vol. 16. P. 129–134.
240. Dinu D. Extraction and characterization of pectins from wheat bran. *Roumanian Biotechnology Letter*. 2001. Vol. 6. P. 37–43.

241. Djagnya K.B., Wang Z., Xu S. Gelatin: A Valuable Protein for Food and Pharmaceutical Industries: Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Online. 2010. Vol. 41 (6). P. 481–492.

242. Dominiak M. M., Mikkelsen J. D., Marie Søndergaard K. A novel perspective on pectin extraction. 2014. 112 p.

243. Dry a matter content, starch content and starch yield variability and stability of potato varieties in Amhara Region of Ethiopia / A. Tesfaye et al. *Kasetsart J. (Natural Sci.)*. 2012. Vol. 46 (5). P. 671–683.

244. Effect of carbonyl content on the properties of thermoplastic oxidized starch / Y.R. Zhang et al. *Carbohydrate Polymers*. 2009. Vol. 78 (1). P. 157–161.

245. Effects of fructooligosaccharide and whey protein concentrate on the viability of starter culture in reduced-fat probiotic yogurt during storage / A. S. Akalin et al. *Journal of Food Science*. 2007. Vol. 72. P. 222–227.

246. Effects of ingesting Lactobacillus- and Bifidobacterium-containing yogurt in subjects with colonized *Helicobacter pylori* / K.-Y. Wang et al. *Am J Clin Nutr*. 2004. Vol. 80. P. 737–741.

247. Effects of pectin structure and crosslinking method on the properties of crosslinked pectin nanofibers / S. Cui et al. *Carbohydrate polymers*. 2017. Vol. 157. P. 766–774.

248. Effect of procaine benzylpenicillin alone or in combination with dihydrostreptomycin on udder pathogens in vitro and in experimentally infected bovine udders / A. Franklin et al. *Am J Vet Res*. 1984. Vol. 45. P. 1398–1402. [[PubMed](#)].

249. Effects of yogurt with and without active cultures on vaginal Candidal infection in women with diabetes mellitus / K.B. Chauncey et al. *Journal of the American Dietetic Association*. 1999. Vol. 99. P. 100.

250. Efficacy of targeted five day parenteral and intramammary treatment of clinical *Staphylococcus aureus* mastitis caused by penicillin-susceptible or penicillin-resistant bacterial isolate / S. Taponen et al. *Acta vet Scand*. 2003. Vol. 44. P. 53–62. doi: 10.1186/1751-0147-44-53.

251. El-Abbadi N. H., Dao M.C., Meydani S.N.Y. *Role in healthy and active aging*. Am J Clin Nutr. 2014. Vol. 99 (5) P. 1263S–70S. doi:10.3945/ajcn.113.073957. PMC 6410895. PMID 24695886.
252. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl. Arch. Biochem. Biophys. 1959. Vol. 82. № 1. P. 70–77.
253. El-Malt L.M., Abdel Hameed K.G., Mohammed A.S. Microbiological Evaluation of Yoghurt Products in Qena City. Egypt. Vet. World. 2013. Vol. 6 (7). P. 400–404.
254. Environmentally Friendly Gelatin/ β -Cyclodextrin Composite Fiber Adsorbents for the Efficient Removal of Dyes from Wastewater / Yu J. C. et al. Chemistry, 2018. P. 234–241.
255. Erdogan A., Gurses M., Sert S. Some Quality Criteria of Yogurt Made from Milk Added with Antibiotic at Different Levels. 2001. Vol. 4 (7), P. 886–887.
256. Extraction and Characterization of pectin from citric / W.B.M. V. da Gamaa et al. Chemical engineering transactions. 2015. Vol. 44. P. 259–264.
257. Extraction and Characterization of Pectin from Orange Peels / Alok Kumar Tiwari et al. International Journal of Biotechnology and Biochemistry. 2017. Vol. 13 (1). P. 39–47.
258. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels / N.L. Chin et al. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2014. Vol. 2. P. 231–236.
259. Extraction of Green Labeled Pectins and Pectic Oligosaccharides from Plant Byproducts / Agata Z et. al. Agricultural and food chemistry. 2008. Vol. № 56. P. 8926–8935.
260. Extraction of Pectin From Apple / P.M.H. Canteri-Schemin et al. Brazilian archives of biology and technology. 2005. Vol.48, n. 2. P. 259–266.
261. Factors associated with cure after therapy of clinical mastitis caused by *Staphylococcus aureus* / J. Sol et al. J Dairy Sci. 2000. Vol. 83. P. 278–284. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)74875-2.

262. Fe²⁺ adsorption on citrus pectin is influenced by the degree and pattern of methylesterification / M. Celus et al. *Food Hydrocolloids*. 2017. Vol. 73. P. 101–109.

263. Features of the HACCP plan development of the curd production / A. Vovkogon et al. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2018. Vol. 13 (3). P. 327–335.

264. Fermented Milk in Protection Against Inflammatory Mechanisms in Obesity / R. Pothuraju et al. *Immunity and Inflammation in Health and Disease*. 2018. P. 389–401. doi.org/10.1016/B978-0-12-805417-8.00029-9.

265. Fernandez M.A., Murette A. Potential Health Benefits of Combining Yogurt and Fruits Based on Their Probiotic and Prebiotic Properties. *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.). U.S. National Library of Medicine, 2017. 17 Jan. Web. 03 July.

266. Flemming H.-C., Wingender J. The biofilm matrix. *Nat. Rev. Microbiol.* 2010. Vol. 8. P. 623–633.

267. Form and functionality of starch / L. Copeland et al. *Blazek Food Hydrocolloids*. 2008. Vol. 23. P. 1527–1534.

268. Formaldehyde and glutaraldehyde and nasal cytotoxicity: Case study within the context of the 2006 IPCS Human Framework for the Analysis of a cancer mode of action for humans / D. McGregor et al. *Crit. Rev. Toxicol.* 2006. Vol. 36. P. 821–835. doi: 10.1080/10408440600977669

269. Freitas M. The Benefits of Yogurt, Cultures, and Fermentation. *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology*. 2017. P. 209-223. doi.org/10.1016/B978-0-12-804024-9.00024-0.

270. Fruits of new selection forms and varieties of snowball tree for manufacture of products of therapeutic and prophylactic purpose / T.Z Moskalets et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. Vol. 10 (4). P. 432–437. doi:10.15421/021964

271. Gandhi D. N, Marwaha S.S., Arora J.K. Fermented Dairy Products and Their Role in Controlling Food Borne Diseases. Food Processing: Biotechnological Applications. Asiatech Publishers Inc. New Delhi, 2000. P. 209–220.

272. Ghotaslou R., Salahi B. Effects of oxygen on in vitro biofilm formation and antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa*. Pharm. Sci. 2013. Vol. 19. P. 96–99.

273. Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation / E.R. Farnworth et al. Journal of Food Microbiology. 2007. Vol. 116. P. 174–181.

274. Guorfi L., Kohler M., Krzyzak A. and Walk H. A. Distribution-Free Theory of Nonparametric Regression. Springer, New York, 2002. (ВЫД НЕПОЧАТЕНКА)

275. Haffner F. B., Diab R., Pasc A. Encapsulation of probiotics: insights into academic and industrial approaches. AIMS Materials Science, 2016. Vol. 3(1). P. 114–136.

276. Health benefits and health claims of probiotics: Bridging science and marketing / G.T Rijkers et al. British Journal of Nutrition. 2011. Vol. 106 (9). P. 1291–6. doi:10.1017/S000711451100287X. PMID 21861940.

277. High carbonyl content oxidized starch prepared by hydrogen peroxide and its thermoplastic application / S.D Zhang et al. *Starch-Stärke*, 2009. Vol. 61 (11). P. 646–655.

278. Highly efficient immobilization of endo-1,3- β -D-glucanases (laminarinases) from marine mollusks in novel hybrid polysaccharide-silica nanocomposites with regulated composition / Y. Shchipunov et al. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2006. P. 1–8.

279. How do bifidobacteria counteract environmental challenges? Mechanisms involved and physiological consequences / L. Ruiz et al. Genes Nutr. 2011. Vol. 6. P. 307–318. doi: 10.1007/s12263-010-0207-5.

280. Hussain Q. β -galactosidases and their potential applications: a review. Crit. Rev. Biotechnol. 2010. Vol. 3 (1). P. 41–62.

281. Hyaluronic acid-serum albumin conjugate-based nanoparticles for targeted cancer therapy / R. Edelman. Et al. *Oncotarget*. 2017. Vol. 8. 24337–24353. doi: 10.18632/oncotarget.15363.

282. Immobilization of glycolate oxidase from *Medicago falcata* on magnetic nanoparticles for application in biosynthesis of glyoxylic acid / H. Zhu et al. *Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic*. 2011. Vol. 61. № 3–4. P. 174–179.

283. Immobilization of microbial cells: A promising tool for treatment of toxic pollutants in industrial wastewater / S.C.S. Martins et al. *Afr. J. Biotechnol.* 2013. Vol. 12. P. 4412–4418.

284. Improved creaminess of low-fat yogurt: The impact of amyloamylase-treated starch domains / Alting Arno C et al. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23 (3). P. 980–987. doi:10.1016/j.foodhyd.2008.07.011.

285. Improvement of water solubility and humidity stability of tapioca starch film by incorporating various gums / S.R.B. Kim et al. *LWT - Food Science and Technology*. 2015. Vol. 64 (1).P. 475–482.

286. Influence of encapsulation and coating materials on the survival of *Lactobacillus plantarum* and *Bifidobacterium longum* in fruit juices / S. Nualkaekul et al. *Food Research International*. 2013. Vol. 53, no. 1. P. 304–311.

287. Influence of pectin structural properties on interactions with divalent cations and its associated functionalities. / M. Celus et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17 (6). P. 1576–1594.

288. Interactions between citrus pectin and Zn^{2+} or Ca^{2+} and associated in vitro Zn^{2+} bioaccessibility as affected by degree of methylesterification and blockiness / M. Celus et al. *Food Hydrocolloids*. 2018. Vol. 79. P. 319–330.

289. International Dairy Federation / International Organization for Standardization Yogurt - determination of titratable acidity. IDF 150:1991. 8 p.

290. Isothermal titration calorimetry to study the influence of citrus pectin degree and pattern of methylesterification on Zn^{2+} interaction / M. Celus et al. *Carbohydrate Polymers*. 2018. Vol. 197. P. 460–468.

291. Junter G.-A., Jouenne T. Immobilized viable microbial cells: From the process to the proteome or the cart before the horse. *Biotechnol. Adv.* 2004. Vol. 22. P. 633–658.

292. Kalantzopoulos G. Fermented Products with Probiotic Qualities. *Anaerobe.* 1997. Vol. 3 (2–3). P. 185–190. *doi:10.1006/anae.1997.0099*. *PMID 16887587*.

293. Kamath K.R., Park K. Biodegradable hydrogels in drug delivery. *Advanced Drug Delivery.* 1993. Vol. 11. P. 59.

294. Karim A.A., Bhat R. Gelatin alternatives for the food industry: Recent developments, challenges and prospects. *Trends Food Sci. Techn.* 2008. Vol. 19. P. 644–656.

295. Karim A.A., Bhat R. Review fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll.* 2009. Vol. 23. P. 563–576.

296. Kehrl M., Harp J. Immunity in the mammary gland. *Vet Clinics North Am - Food Animal Practice.* 2001. Vol. 17. P. 495–516.

297. Khamkeaw A.; Phisalaphong M. Hydrolysis of cassava starch by co-immobilized multi-microorganisms of Loog-Pang (Thai rice cake starter) for ethanol fermentation. *Food Sci. Biotechnol.* 2016. Vol. 25. P. 502–516.

298. Kind P. R.N., King E.J. Estimation of plasma phosphatase by determination of hydrolysed phenol with aminoantipyrine. *J. Clin. Pathol.* 1954. Vol. 7. P. 322–326.

299. Kinetics of starch oxidation using hydrogen peroxide as an environmentally friendly oxidant and an iron complex as a catalyst / P. Tolvanen et al. *Chemical Engineering Journal.* 2009. Vol. 154 (1–3). P. 52–59.

300. Kirmaci Y.A., Ozer B.H., Turkoglu H. Effect of enzymatic cross-linking of proteins on textural properties of non-fat yogurt. *Proceedings of recent developments in dairy science and technology: international dairy symposium.* May 24–28. – Isparta. Turkey, 2004. P. 37–40.

301. Krasowska A., Sigler K. How microorganisms use hydrophobicity and what does this mean for human needs? *Front. Cell Infect. Microbiol.* 2014. Vol. 4. P. 1–7.
302. Landfeld A., Houška M., Hoke K. Sorption and thermal properties of rice, potato starch, and oat flakes. *Czech J. Food Sci.* 2008. Vol. 26. P. 413–420.
303. Li J., Yao P. Self-Assembly of Ibuprofen and Bovine Serum Albumin–Dextran Conjugates Leading to Effective Loading of the Drug. *Langmuir.* 2009. Vol. 25. P. 6385–6391. doi: 10.1021/la804288u.
304. Lim Y.P., Mohammad A. Physicochemical properties of mammalian gelatin in relation to membrane process requirement. *Food Bioproc. Techn.* 2011. Vol. 4 (2). P. 304–311.
305. Lowry O.H., Rosenbrough N.I., Farr A.L. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193. P. 265–315.
306. Maisonneuve S., Ouriet M-F., Duval-Iflah Y. Comparison of yogurt, heat treated yogurt, milk and lactose effects on plasmid dissemination in gnotobiotic mice. *Antonie van Leeuwenhoek.* 2001. Vol. 79 (2). P. 199–207. doi:10.1023/A:1010246401056. PMID 11520006.
307. Mariod A.A., Adam H.F. Review: Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria.* 2013. Vol. 12 (2). P. 135–147.
308. McKay T.B., Priyadarsini S., Karamichos D. Mechanisms of Collagen Crosslinking in Diabetes and Keratoconus. *Cells*, 2019. Vol. 8 (10). P. 1239.
309. Mercola J. Benefits of Homemade Yogurt Versus Commercial. *Organic Consumers Association.* N.p., n.d. Web. 03 July 2017.
310. Metagenomic and metaproteomic analyses of *Accumulibacter phosphatis*-enriched floccular and granular biofilms / J.J. Barr et al. *Environ. Microbiol.* 2016. Vol. 18. P. 273–287.
311. Meurman J., Stamatova I. Probiotics contributions to oral health. *Oral Diseases.* 2007. Vol. 13. P. 443–451.

312. Miceli-Garcia L.G. Pectin from apple pomace: extraction, characterization, and utilization in encapsulating alpha-tocopherol acetate. 2014. P. 49–63.
313. Microalgae as New Sources of Starch: Isolation and Characterization of Microalgal Starch Granules / I. Gifunia et al. *Chemical engineering transactions*. 2017. Vol. 57. P. 1423–1428. doi: 10.3303/CET1757238.
314. Microalgae-novel highly efficient starch producers / I. Brányiková et al. *Biotechnology and Bioengineering*. 2011. Vol. 108 (4). P. 766–776.
315. Microencapsulation in alginate and chitosan microgels to enhance viability of *Bifidobacterium longum* for oral delivery / T.W. Yeung et al. *Frontiers in Microbiology*. 2016. Vol. 7. P. 494.
316. Microencapsulation of bacteria: a review of different technologies and their impact on the probiotic effects / M.J. Martin et al. *Innovative Food Science Emerging Technologies*. 2015. Vol. 27. P. 15–25.
317. Microencapsulation of probiotic bacteria and its potential application in food technology / D. Arpita et al. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 2014. Vol. 7 (1). P. 47–53.
318. Microencapsulation of probiotics using sodium alginate / M.A. Etchepare et al. *Ciência Rural*, 2015. Vol. 45 (7). P. 1319–1326.
319. Minervini F., De Angelis M., Gobbetti M. Functional dairy products including Pro/Pre/Symbiotics. In: Conto F, Del Nobile MA, Faccia M, Zambrini AV, Conte A, editors. *In Advances in dairy products*. John Wiley & Sons, Hoboken: NJ, USA. 2017. P. 216–247.
320. Modified hydroxyethyl starch protects cells from oxidative damage / S.K. Filippov et al. *Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 134. P. 314–323.
321. Modified pectin compounds exert different effects Ehrlich Ascites tumor cells and Lewis Lung. Carcinoma and on efficiency of cyclophosphamide in mice / M. Khotimchenko et al. *Journal Medical Science*. 2007. Vol. 7. P. 383–389.

322. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review / N.L Vanier et al. *Food chemistry*. 2017. Vol. 221. P. 1546–1559.
323. Moretain J.P, Boisseau J. Excretion of penicillins and cephalixin in bovine milk following intramammary administration. *Food Add Contamin.* 1989. Vol. 6. P. 79–90.
324. Motawee E.M.M., Neveen S.M. Effect of Starter Culture as a Source of Microbial Contamination on the Quality and Safety of Yogurt in Giza. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 2016. Vol. 6 (5). P. 103–111 doi: 10.5923/j.food.20160605.01
325. Munarin F., Tanzi M.C., Petrini P. Advances in biomedical applications of pectin gels. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2012. Vol. 51. P. 681–689.
326. Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings / V. Arantzazu et. al. *Coatings*. 2015. Vol. №5 (4). P. 865–886.
327. Nawani N., Singh R., Kaur J. Immobilization and stability studies of a lipase from thermophilic *Bacillus* sp: The effect of process parameters on immobilization of enzyme. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2006. Vol. 9. № 5. P. 559–565.
328. Nedovic V., Willaert R. *Applications of Cell Immobilisation Biotechnology*. Springer. 2005. 573 p.
329. Nepochatenko A., Nepochatenko V. Ekonomiko-matematichne modelyuvannya velichini vitrat pId chas zboru vrozhayu zalezho vId potuzhnosti dviguna zernozbiralnogo kombaynu. *Ekonomika ta upravlinnya APK: zb. nauk. prats.Bila Tserkva*, 2013. Vol. 11 (106). P. 130–136.
330. Novel and efficient method for immobilization and stabilization of β -d-galactosidase by covalent attachment onto magnetic Fe₃O₄–chitosan nanoparticles / Chenliang Pan et al. *Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic*. 2011. Vol. 61, № 3–4. P. 208–215.

331. Nwagu T.N., Amadi E.C. Bacterial population of some commercially prepared yogurt sold in Enugu state. Eastern Nigeria. *Afr. J. Micro. Res.* 2010. Vol. 4. P. 984–988.
332. Oliver C.M., Melton L.D., Stanley R.A. Creating Proteins with Novel Functionality via the Maillard Reaction: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2006. Vol. 46. P. 337–350. doi: 10.1080/10408690590957250.
333. Olson D.W., Aryana K.J. An excessively high *Lactobacillus acidophilus* inoculation level in yogurt lowers product quality during storage. *LWT-Food Sci. and Tech.* 2008. Vol. 41. P. 911–918.
334. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology / T.Í.S. Oliveira et al. *Food Chemistry.* 2016. Vol. 198. P. 113–118.
335. Optimization of Pectin Extraction from Peel of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) / P.Y Tang et al. *Asian Journal of Biological Sciences.* 2011. Vol. 4. P. 189–195.
336. Ott A., Fay L.B., Chaintreau A. Determination and origin of the aroma impact compounds of yogurt flavor. *J Agric Food Chem.* 1997. Vol. 45. P. 850–858.
337. Parmjit S. Panesar Fermented Dairy Products: Starter Cultures and Potential Nutritional Benefit Food and Nutrition Sciences. 2011. Vol. 2. P. 47–51 doi:10.4236/fns.2011.21006.
338. Parnell-Clunies E.M, Kakuda Y., Smith A.K. Gelation profiles of yoghurt as affected by heat treatment of milk. *J Dairy Sci.* 1988. Vol. 71. P. 582–588.
339. Passantino A. Ethical aspects for veterinarians regarding antimicrobial drug use in Italy. *Int J Antimicrob Agents.* 2007. Vol. 29. P. 240–244. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2006.09.023.
340. Paul M., Somkuti G.A. Degradation of milk-based bioactive peptides by yogurt fermentation bacteria. *Lett Appl Microbiol.* 2009. Vol. 49. P. 345–350.

341. Paul M., Somkuti G.A. Hydrolytic breakdown of lactoferricin by lactic acid bacteria. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2010. Vol. 37. P. 173–178.
342. Pectin Production and Global / M. Pagliaro et al. *Agro Food Industry Hi Tech*. Vol. 27 (5). P. 17–20.
343. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls / A.G.J. Voragen et al. *Structural Chemistry*. 2009. Vol. 20. P. 263–275.
344. Pectin-based systems for colon-specific drug delivery via oral route / L. Liu et al. *Biomaterials*. 2003. Vol. 24(19). P. 3333–3343.
345. Perez S., Bertoft E., The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. *Starch Journal*. 2010. Vol. 62. P. 389–420.
346. Physical Properties of Yogurt: A Comparison of Vat Versus Continuous Heating Systems of Milk / E.M. Parnell-Clunies et al. *Journal of Dairy Science*. 1986. Vol. 69 (10). P. 2593. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80706-8.
347. Physicochemical, microbial, and sensory properties of yogurt supplemented with nanopowdered chitosan during storage / M.H. Seo et al. *J. Dairy Sci*. 2009. Vol. 92. P. 5907–5916.
348. Picard C. Review article: bifidobacteria as probiotic agents – physiological effects and clinical benefits. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2005. Vol. 22. P. 495–512.
349. Potential use of the maillard reaction for pharmaceutical applications: Gastric and intestinal controlled release alginate-albumin beads / M. Khoder et al. *Pharmaceutics*. 2019. Vol. 11 (2). P. 83.
350. Preparation and properties of oxidized starch with high degree of oxidation / Y.R. Zhang et al. *Carbohydrate Polymers*. 2012. Vol. 87 (4). P. 2554–2562.
351. Preparation, characterization and toxicology properties of α - and β -chitosan Maillard reaction products nanoparticles / H. Zhang et al. *Int. J. Biol. Macromol*. 2016. Vol. 89. P. 287–296. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.04.079.

352. Probiotic bacteria in prevention and treatment of diarrhea / D. Samaržija et al. *Mljekarstvo*. 2009. Vol. 54. P. 28–32.
353. Probiotics intake and metabolic syndrome: A proposal / C. S. B. Bogsan et al. *Trends Food Sci. Technol*, 2011. Vol. 22. P. 457–464.
354. Production of Pectin-Cellulose Biofilms: A New Approach for Citrus Waste Recycling /V. Bátori et al. *International Journal of Polymer Science*. 2017. P. 456–465.
355. Pyörälä S., Pyörälä E. Efficacy of parenteral administration of three antimicrobial agents in treatment of clinical mastitis in lactating cows: 487 cases: (1989-1995) *J Am Vet Med Assoc*. 1998. Vol. 212. P. 407–412.
356. Quality of Irradiated Plain Yogurt during Storage at Different Temperatures / J.S. Ham et al. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 2009. Vol. 22 (2). P. 289–295.
357. Quantifying the spoilage and shelf-life of yoghurt with fruits / M. Mataragas et al. *Food Microbiology*. 2011. Vol. 28 (3). P. 611–616.
358. Ramchandran L., Shah N.P. Effect of Versagel on the growth and metabolic activities of selected lactic acid bacteria. *Journal of Food Science*. 2008. Vol. 73. P. M21–M26.
359. Ramos R. Logistic function as a forecasting model: it's application to business and economics. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2013. Vol. 2 (3). P. 29–36.
360. Reitman S., Frankel S. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Amer. J. Clin. Pthol*. 1957. Vol. 28. P. 56.
361. Roberfroid M.B. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am J Clin Nutr*. 2000. Vol. 71. P. 1682S–7S.
362. Robins S.P. Biochemistry and functional significance of collagen cross-linking. *Biochem. Soc. Trans*. 2007. Vol. 35. P. 849–852. doi: 10.1042/BST0350849.

363. Robinson R.K., Tamime A.Y. Recent developments in yoghurt manufacture. In *Modern Dairy Technology*. Edited by B.J.F. Hudson. London: Elsevier Applied Science Publishers. 1986. P. 1–36.

364. Sady C., Khosrof S., Nagaraj R. Advanced Maillard Reaction and Crosslinking of Corneal Collagen in Diabetes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1995. Vol. 214. P. 793–797. doi: 10.1006/bbrc.1995.2356.

365. Schrezenmeir J., Vrese M. Probiotics, prebiotics, and synbiotics—approaching a definition. *Am J Clin Nutr.* 2001. Vol. 73. P. 361S–4S.

366. Sell D.R., Monnier V.M. Structure elucidation of a senescence cross-link from human extracellular matrix. Implication of pentoses in the aging process. *J. Biol. Chem.* 1989. Vol. 264. P. 21597–21602.

367. Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures / M.D Folkenberg et al. *Int Dairy J.* 2006. Vol. 16. P. 111–118.

368. Sfakianakis P., Tzia C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. *Foods.* 2014. Vol. 3. P. 176–193.

369. Shah N.P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. *J Dairy Sci.* 2000. Vol. 83 (4). P. 894–907.

370. Should yoghurt cultures be considered probiotic? / F. Guarner et al. *Brit. J. or Nutr.* 2005. Vol. 93. P. 783–786.

371. Sodini I., Corrieu G., Lacroix C. Practical Use of an Immobilized Cell Bioreactor for Continuous Prefermentation of Milk. *Progress in Biotechnology.* 1996. Vol. 11. P. 687–694.

372. Soto D., Urdaneta J., Pernia, K. Characterization of native and modified starches by potentiometric titration. *Journal of Applied Chemistry.* 2014.

373. Sriamornsak P. Application of pectin in oral drug delivery. *Expert Opinion on Drug Delivery.* 2011. Vol. 8. P. 1009–1023.

374. Srivastava P., Malviya R. Extraction, characterization and evaluation of orange peel waste derived pectin as a pharmaceutical excipient. *J. Natural Products*. 2011. Vol. 1. № 1. P. 65–70.

375. Srivastava P., Malviya R. Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry - An overview. *Indian Journal of Natural Products and Resources*. 2011. Vol. 2. P. 11–18.

376. Starch-based films and food coatings: an overview / F Versino et al. *Starch/Staerke*. 2016. Vol. 68. (11-12). P. 1026–1037.

377. Structural stability and viability of microencapsulated probiotic bacteria: a review / R.I. Corona-Hernandez et al. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. Vol. 12, no. 6. P. 614–628.

378. Study of gelatin renaturation in aqueous solution by AFIFFFMALS: Influence of a thermal pre-treatment applied on gelatin / K. Rbii et al. *Food Hydrocoll.* 2011. Vol. 25. P. 511–514.

379. Suroño Ingrid S. Traditional Indonesian dairy foods. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2015. Vol. 24 (1). P. S26–30. doi:10.6133/apjcn.2015.24.s1.05. PMID 26715081.

380. Suryanti Suroño I. Fermented Milks. Starter Cultures. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2011. P. 477–482. DOI: 10.1016/B978-0-12-374407-4.00181-3.

381. Synthetic surfactant- and cross-linker-free preparation of highly stable lipid-polymer hybrid nanoparticles as potential oral delivery vehicles / T. Wang et al. *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7. P. 2750. doi: 10.1038/s41598-017-02867-x.

382. Tamanna N., Mahmood N. Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *Int. J. Food Sci.* 2015. Vol. 6. doi: 10.1155/2015/526762.

383. Terzaghi B.E., Sandine W.E. Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages. *J Appl Microbiol.* 1975. Vol. 29. P. 807–813.

384. The impact of rhamnogalacturonan I side chain monosaccharides on the rheological properties of citrus pectin / A.G. Sousa et al. *Food Hydrocolloids*, 2015. Vol. 47. P. 130–139.

385. The role of bacterial biofilms and surface components in plant-bacterial associations / P.C. Bogino et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. Vol. 14. P. 15838–15859.

386. The usage of veterinary antibacterial drugs for mastitis in cattle in Norway and Sweden during 1990-1997 / T. Grave et al. *Prev Vet Med.* 1999. Vol. 42. P. 45–55. doi: 10.1016/S0167-5877(99)00057-4.

387. Tribby D. Yogurt". Chapter 8 in *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Eds. Stephanie Clark, et al. Springer Science & Business Media. ISBN 9780387774084. 2009. 191 p.

388. Use of Glucose Oxidase Immobilized on Magnetic Chitosan Nanoparticles in Probiotic Drinking Yogurt / M. E. A. Afjeh et. al. *Food Science of Animal Resources*. 2019. Vol. 39 (1) P. 73.

389. Vasiljevic T., Kealy T., Mishra V.K. Effects of β -glucan addition to a probiotic containing yogurt. *J. Food Sci.* 2007. Vol. 72. P. 405–411.

390. Ventura I., Jammal J., Bianco Peled H. Insights into the nanostructure of lowmethoxyl pectincalcium gels. *Carbohydrate Polymers*. 2013. Vol. 97 (2). P. 650–658.

391. Verma G., Mishra M.K. Formulation development of natural sugars crosslinked gelatin microspheres of paracetamol. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2016. Vol. 5. P. 11.

392. Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F. Plant Hydrocolloids as Replacements of Gelatin. 2001. <https://www.czytelniamedyczna.pl/3228,hydrokoloidy-pochodzenia-roslinnego-jako-zamienniki-zelatyny.html>.

393. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect / S. Mali et al. *Carbohydrate Polymers*. 2005. Vol. 60, no. 3. P. 283–289.

394. Water Sorption and Mechanical Properties of Starch / Siti H. Othman et al. Chitosan Nanoparticle Films. *Journal of Nanomaterials*. 2019. P. 132-139. doi.org/10.1155/2019/3843949.

395. Worsfold Enzymatic flow-injection determination of phytase-hydrolysable phosphorus (PHP) in natural waters using immobilized 3-phytase / Omaka N. Omaka et al. *I. Journ. Env. Analytical Chemistri*. 2008. Vol. 88. P. 91–101.
396. Yanli Ma, Xiaofang Zeng, Xiaotian Ma Ruijin Yang. A simple and eco-friendly method of gelatin production from bone: One-step biocatalysis. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 209. P. 916–926.
397. Ye Peng, Wan Rong-Bing, Wang Xin-Ping. Quantitative enzyme immobilization: Control of the carboxyl group density on support surface. *Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic*. 2011. Vol. 61, № 3–4. P. 296–302.
398. Yerlikaya O., Akpınar A., Kiliç S. Microbiological Properties of Torba Yoghurts Sold in İzmir Province. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg*, 2015. Vol. 52. P. 63–68.
399. Yogurt protects against growth retardation in weanling rats fed diets high in phytic acid / L.M. Gaetke et al. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2010. Vol. 21. P. 147–152.
400. Yogurt. *Collins English Dictionary – Complete & Unabridged 10th Edition*. HarperCollins Publishers. 2012.
401. Ziv G. Drug selection and use in mastitis: systemic vs. local therapy. *J Am Vet Med Assoc*. 1980. Vol. 176. P. 1109–1115.
402. Zourari A., Accolas J.P., Desmazeaud M.J. Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. *Lait*. 1992. Vol. 72. P. 1–34.

ДОДАТКИ

Додаток А.1

ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконавчий директор

ПП "ОЛВІ БЦ"

Г.І. Силенко

2018 р.



Акт

щодо проведення науково-технологічного дослід з вивчення ефективності використання імобілізованої на модифікованому пектині закваски за технології йогурту

Ми, що нижче підписались головний технолог структурного підрозділу ПП "ОЛВІ БЦ" М.В. Цвинтарний, оператор цеху переробки молока Л.В. Корнієнко, докторант кафедри харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ) А.Г. Вовкогон, професор кафедри харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва БНАУ С.В. Мерзлов стверджуємо, що у ПП "ОЛВІ БЦ" в цеху переробки молока в відділенні в с. Озірне Білоцерківського району Київської обл. було проведено науковий дослід щодо вивчення ефективності виготовлення йогурту за використання імобілізованої на модифікованому пектині закваски.

З цією метою у контролі із 800 кг молока виготовляли йогурт використовуючи нативну закваску. У дослідному варіанті таку саму кількість молока сквашували імобілізованою закваскою.

Результати досліджень і їх економічна оцінка наведена у таблиці 1.

Аналізуючи економічну ефективність встановлено, що застосування імобілізованої закваски сприяє скороченню часу сквашування молока на 0,5 години, а відповідно знижується витрата електроенергії (11 кВт/год на 1000 л молока).

Заощадження на 1 т готового продукту становить 32,8 грн.

Продовження додатку А.1

Таблиця 1. Застосування іммобілізованої закваски йогурту

Показник	Контрольний варіант	Дослідний варіант
Нормалізовано молока для виготовлення йогурту, кг	800	800
Масова частка жиру, %	3,2	3,2
Внесено закваски, мг/дм ³	160	450
Час утворення молочного згустку, год	6,5	6,0
Заощаджено електроенергії, кВт/год	-	11,4
Заощаджено коштів на виробництві 1 т йогурту за рахунок електроенергії, грн	-	32,8
Собівартість 1 т кисломолочного продукту, грн	16710,0	16677,2

За виробництва йогурту із застосуванням іммобілізованої закваски собівартість 1 т напою знижується на 0,2 %.

Висновки

1. Застосування іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для йогурту сприяє скороченню часу формування молочного згустку та зменшенню витрат електроенергії на підігрів молока та підтримку стабільної температури у ферментері.

2. За використання іммобілізованої закваски собівартість готового продукту знижується на 0,2 %.

Головний технолог



М.В. Цвинтарний

Оператор цеху переробки молока



Л.В. Корнієнко

Доктор сільськогосподарських наук, професор
Білоцерківського НАУ



С.В. Мерзлов

Докторант кафедри харчових технологій та
ТШПТ



А.Г. Вовкогон

Додаток А.2

ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконавчий директор



**щодо проведення науково-технологічного
дослід з вивчення ефективності використання
імобілізованої на модифікованому пектині закваски
за технології стрептосану**

Ми, що нижче підписались головний технолог структурного підрозділу ПП“ОЛВІ БЦ” М.В. Цвинтарний, оператор цеху переробки молока Л.В. Корнієнко, докторант кафедри харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ) А.Г. Вовкогон, професор кафедри харчових технологій та технологій переробки продукції тваринництва БНАУ С.В. Мерзлов стверджуємо, що у ПП“ОЛВІ БЦ” в цеху переробки молока в відділенні в с. Озірне Білоцерківського району Київської обл. було проведено науковий дослід щодо вивчення ефективності виготовлення стрептосану за використання імобілізованої на модифікованому пектині закваски.

У контрольному варіанті для виготовлення кисломолочного напою застосовували нативну закваску для стрептосану. У дослідному варіанті для сквашування молока застосовували імобілізовану закваску стрептосану. У обох варіантах кількість молока становила по 1000 кг.

Аналізуючи таблицю 1 видно, що за використання імобілізованої закваски час сквашування зменшується на 30 хвилин. Також виявлено зниження собівартості 1 т готового продукту на 0,2 %.

Таблиця 1 Застосування імобілізованої закваски стрептосану

Продовження додатку А.2

Показник	Контрольний варіант	Дослідний варіант
Нормалізовано молока для виготовлення стрепосану, кг	1000	1000
Масова частка жиру у готовій суміші, %	3,2	3,2
Внесено закваски, мг/дм ³	180	380
Час утворення молочного згустку, хв	390	360
Заощаджено електроенергії, кВт/год	-	12,6
Заощаджено коштів на виробництві 1 т стрептосану за рахунок електроенергії, грн	-	36,3
Собівартість 1 т кисломолочного продукту, грн	18300,0	18263,7

Висновки

1. Використання іммобілізованої на модифікованому пектині закваски для стрептосану сприяє скороченню часу формування молочного згустку та зменшенню витрат електроенергії на підігрів молока та підтримку стабільної температури у ферментері.

2. Під час застосування іммобілізованої закваски стрептосану собівартість готового продукту знижується на 0,2 %.

Головний технолог



М.В. Цвинтарний

Оператор цеху переробки молока



Л.В. Корнієнко

Доктор сільськогосподарських наук, професор
Білоцерківського НАУ



С.В. Мерзлов

Докторант кафедри харчових технологій та
ТППТ



А.Г. Вовкогон

Додаток А.3

ЗАТВЕРДЖУЮ

Виконавчий директор

ПП "ОЛВІ БЦ"

П.І. Силенко

2019 р.



Акт

**впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Підприємство де здійснюється впровадження: структурний підрозділ ПП "ОЛВІ БЦ" в с. Озірне Білоцерківського району Київської обл.

Вид запроваджувальних результатів: впровадження одержаної біотехнологічним методом іммобілізованої закваски за технології йогурту.

Автор наукової роботи: завідувач кафедру безпеки та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів, доцент А.Г. Вовкогон.

Практичні рекомендації: для вирішення проблеми підвищення ефективності використання молока із вмістом інгібуючи чинників за технології йогурту до сировини необхідно вносити іммобілізовану на модифікованому пектині закваску. Оптимальна норма внесення іммобілізованої закваски для йогурту - 450 г на 1 т молока.

Характер масштабів впровадження: дослідження були проведені із застосуванням 800 кг нормалізованого молока. Щодо в структурному підрозділі ПП "ОЛВІ БЦ" виготовляється 300 дм³ йогурту із наповнювачем із застосуванням іммобілізованої на модифікованому пектині закваски.

Новизна результатів досліджень: застосовуються нові біотехнологічні підходи модифікації пектину та конструювання іммобілізованої на

Продовження додатку А.3

модифікованому пектині закваски для йогурту і використання цієї закваски за виробництва кисломолочного напою.

Економічний ефект: застосування іммобілізованої закваски за технології йогурту сприяє зниженню собівартості готового продукту на 0,2 %.

Головний технолог



М.В. Цвинтарний