

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ПОГОСЯН АНАІТ СЕМІВНА**

УДК [637.142.2:577.15]:637.044

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З ВИКОРИ-  
СТАННЯМ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ  
β-ГАЛАКТОЗИДАЗИ**

Спеціальність 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Одеса – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України  
**Чагаровський Олександр Петрович,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
професор кафедри технології молока і сушіння харчових продуктів

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Безусов Анатолій Тимофійович,**  
Одеська національна академія харчових технологій,  
кафедра технології консервування, завідувач кафедри;

кандидат технічних наук, професор  
**Ромоданова Валентина Олександрівна,**  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини „Україна”, професор кафедри технології харчування.

**Провідна установа:**

Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра технології харчування Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Захист відбудеться “24” травня 2007 року о 10 : 30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.02 Одеської національної академії харчових технологій (65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112).

-

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розісланий “23” квітня 2007 року.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради, д.т.н., професор

Г.М. Станкевич

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сьогодні, згідно зі статистичними даними, проблема галактоземії (інтолерантності до лактози) досить гостро стоїть для 12...17 % населення Європи, зокрема, для 11...23 % населення України, і для більш ніж 70 % населення світу. В країнах Азії, Африки, Латинської Америки (для жовтої та негроїдної раси) головною причиною галактоземії є генетична складова. В нашій країні це ще, напевно, пов'язано з несприятливими екологічними обставинами, які призводять до зниження імунітету, дефіциту в організмі ферменту лактази, внаслідок чого має місце інтолерантність до лактози. Немоżliвість вживати молочні продукти призводить до нерационального харчування, що в результаті впливає на зростання рівня захворювання населення, зниження працездатності та скорочує тривалість життя.

Цілком зрозуміло, що повне виключення молочних продуктів з раціону харчування людей з даним захворюванням неможливе, оскільки знайти для молока належну заміну надзвичайно важко. У зв'язку з цим, для забезпечення групи населення, інтолерантної до лактози, повноцінним харчуванням необхідні низьколактозні або безлактозні продукти. В країнах з розвинутою молочною промисловістю вже розпочалося створення підгалузі виробництва з частково або повністю гідролізованою лактозою. Це стало можливим завдяки освоєнню промислового виробництва ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази, які виробляють такі провідні західні компанії, як Chr.Hansen (Данія), DSM Food Specialties (Нідерланди) та інші.

Слід відзначити, що більшість закордонних наукових розробок присвячена тільки опрацюванню технологій питного молока з низьким вмістом лактози шляхом використання ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази. В той же час, пошук нових технологічних рішень у виробництві низьколактозних кисломолочних продуктів знаходиться на рівні лабораторних досліджень та ще не має широкого впровадження в промисловості.

Враховуючи те, що вітчизняна молочна промисловість не виробляє продуктів для людей, інтолерантних до лактози, наукові дослідження, які дозволили б розробити технології нових видів молочних виробів з низьким вмістом лактози – питного молока та кисломолочних продуктів, слід віднести до категорії першочергових, які потребують негайного вирішення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана за тематикою держбюджетних досліджень проблемної науково-дослідної лабораторії 1/06 – П „Розробка біотехнологічних процесів цільового спрямованого регулювання функціональних фізіологічних та технологічних властивостей харчових продуктів та БАДів” (№ держреєстрації 0106U001445) та за тематикою кафедри технології молока і сушіння харчових продуктів Одеської національної академії харчових технологій „Технологія молочних продуктів нового покоління”.

**Мета і задачі досліджень.** Мета роботи – розробка технології низьколактозного питного молока та кисломолочних продуктів з низьким вмістом лактози за допомогою ферментативного гідролізу лактози препаратами  $\beta$ -галактозидази.

Для досягнення зазначеної мети були поставлені такі задачі:

- провести аналіз літературних джерел інформації, технічних бюлетнів іноземних компаній, ринку ферментів в Україні та Європі і здійснити вибір промислових зразків препаратів  $\beta$ -галактозидази для гідролізу лактози в молоці;
- дослідити процес ферментативного гідролізу лактози і встановити технологічні параметри (температуру, активну кислотність, дозу препарату, тривалість процесу), які забезпечують необхідний ступінь гідролітичного розщеплення препаратами  $\beta$ -галактозидази;
- встановити вплив процесу ферментативного гідролізу лактози на фізико-хімічні, органолептичні та технологічні властивості молока;
- визначити вплив редукуючих моноцукрів (глюкози) та ферментативного гідролізу лактози на інтенсивність перебігу реакції меланоїдиноутворення при тривалій високотемпературній обробці;
- дослідити процес ферментації гідролізованого молока та вибрати молочнокислі культури прямого внесення, які забезпечують інтенсифікацію та його проведення в цілому;
- опрацювати нові технології низьколактозних молочних продуктів та здійснити їх промислову апробацію;

– розробити нормативну документацію на виробництво низьколактозних молочних продуктів – питного молока та кисломолочних виробів.

*Об'єкт дослідження* – молоко коров'яче; ферментні препарати  $\beta$ -галактозидази: Na-Lactase та Maxilact з дріжджів *Kluyveromyces fragilis* та *lactis*, відповідно; закваски прямого внесення (DVS) компанії Chr. Hansen для виробництва кисломолочних продуктів; питне молоко та кисломолочні продукти з гідролізованою лактозою.

*Предмет досліджень* – технологічні процеси: ферментативний гідроліз лактози, ферментація молока з гідролізованою лактозою, високотемпературна обробка гідролізованого молока.

*Методи досліджень* – комплекс традиційних і сучасних хімічних, біохімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та математичних методів досліджень.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Доведено, що ферментативний гідроліз лактози в молоці є базують утворюючим процесом для нових рішень зі створення молочних виробів функціонального призначення та інтенсифікації існуючих технологій кисломолочної продукції та продукції з незбираного молока. Виявлено, що „індекс солодкості” молока підвищується зі збільшенням ступеню гідролізу лактози. Запропоновано номограму, яка дозволяє визначити зміни солодкості молока у перерахунку на сахарозу в залежності від глибини гідролізу та масової частки лактози в ньому. Встановлено, що гідролітичне розщеплення лактози призводить до інтенсифікації реакції меланоїдиноутворення за рахунок збільшення концентрації в молоці редукуючих моноукрів – глюкози та галактози. Визначено, що попереднє проведення ферментативного гідролізу лактози, а також поєднання його з процесом ферментації молока у виробництві кисломолочної продукції сприяє інтенсифікації технологічного процесу в цілому. Науково обґрунтовано, що поєднання процесу ферментативного гідролізу з відповідним підбором штамів молочнокислих мікроорганізмів дозволяє регулювати вуглеводний склад кисломолочних продуктів. Доведено, що використання ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази дозволяє створювати нові технології низьколактозних молочних продуктів для людей, інтолерантних до лактози, та хворих на цукровий діабет.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблено технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів  $\beta$ -га-лактозидази, які пройшли промислову апробацію в умовах Радехівського молочного заводу ЗАТ „Галичина” та можуть бути рекомендовані до впровадження на будь-якому підприємстві молочної промисловості. Опрацьовано та затверджено нормативну документацію на виробництво молока коров'ячого питного низьколактозного (ТУ У 15.5 – 31984307 – 004 : 2006). На стадії затвердження знаходяться технічні умови на низьколактозні кисломолочні продукти. Результати роботи використовуються в навчальному процесі кафедри технології молока і сушіння харчових продуктів Одеської національної академії харчових технологій (лекціях з технології молока, курсовому та дипломному проектуванні).

**Особистий внесок здобувача** полягає у плануванні та проведенні експериментів, виборі об'єктів та методів експериментальних досліджень, обробці та узагальненні отриманих науково обґрунтованих результатів у вигляді формування висновків та пропозицій, підготовці матеріалів досліджень до публікування, виконаних у співавторстві та самостійно, розробці технологій і нормативної документації, промислової апробації розроблених технологій. Особистий внесок здобувача підтверджується представленими документами та публікаціями.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та отримали схвалення фахівців на наступних наукових конференціях: 65-й науковій конференції ОНАХТ (2005 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Харчові технології – 2005” (Одеса, ОНАХТ, 2005 р.); 72-й науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” (Київ, НУХТ, 2006 р.); 66-й науковій конференції ОНАХТ (2006 р.); 9-у Міжнародному науково-практичному семінарі “Нове в молочній промисловості” (2006 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції “Харчові технології – 2006” (Одеса, ОНАХТ, 2006 р.).

**Публікації.** Результати дисертаційної роботи представлені у 9-ти публікаціях, з яких 5

статей у фахових наукових виданнях, 1 стаття в науково-виробничому виданні та тези матеріалів 3 наукових і науково-практичних конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку літературних джерел та додатків. Зміст роботи викладено на 147 сторінках, які включають 32 рисунки (28 сторінок), 17 таблиць (12 сторінок). Робота містить 195 найменувань використаних літературних джерел (17 сторінок) та 8 додатків (56 сторінок).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та задачі досліджень, показано наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено відомості стосовно особистого внеску автора, апробації результатів роботи та публікацій за темою дисертації.

У **першому розділі** наведено аналіз вітчизняної та закордонної науково-технічної літератури, у якому були розставлені акценти на основні моменти, пов'язані з обраною темою дисертації. Показано вплив лактози на організм людини та шляхи її використання в харчовій промисловості. Висвітлено проблему інтолерантності до лактози і фактори, які спричиняють це захворювання, його основні синдроми та усі можливі шляхи лікування. Розглянуто ферментативний гідроліз лактози, як найкращий спосіб розщеплення лактози для отримання низьколактозних молочних продуктів. Надано характеристику ферментного препарату  $\beta$ -галактозидази – єдиного препарату, який каталізує реакцію розщеплення лактози. Також описані властивості

$\beta$ -галактозидази, їх вплив на технологічні процеси при виробництві молочних продуктів. Проаналізовано існуючі технології виробництва молочних продуктів з використанням ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази. Розглянуто механізм протікання реакції меланоїдиноутворення та її можливий зв'язок з ферментативним гідролізом. На основі огляду літератури зроблено висновки, в яких підкреслено актуальність обраного шляху для досягнення мети дисертаційної роботи – розробка технології низьколактозного питного молока та кисломолочних продуктів з низьким вмістом лактози за допомогою ферментативного гідролізу лактози препаратами  $\beta$ -галактозидази, та її доцільність.

У **другому розділі** викладені відомості про об'єкти та методи досліджень, використані при виконанні дисертаційної роботи. Наведено структурну схему проведення досліджень, яка відображає основні напрямки досліджень, послідовність їх виконання та вирішення поставлених задач (рис. 1).

Здійснено вибір ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази: Ha-Lactase компанії Chr.Hansen (Данія) і Maxilact фірми DSM Food Specialties (Нідерланди) з дріжджів *Kluyveromyces fragilis* та *lactis*, відповідно, та розглянуто їх технічні характеристики.

В дослідженнях використовували як стандартні, так і сучасні – фотоколори-метричні, хроматографічні та спектрофотометричні методи досліджень.

Наукові дослідження виконувалися на кафедрі технології молока і сушіння харчових продуктів, кафедрі органічної хімії та в проблемній науково-дослідній лабораторії ОНАХТ, а також в лабораторії біохімії Одеського селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН. Промислову апробацію розроблених технологій низьколактозних продуктів (пастеризованого та пряженого молока, кислого молока та рязанки) проведено на Радехівському молочному заводі ЗАТ „Галичина”.

У **третьому розділі** наведено результати власних експериментальних досліджень з визначення технологічних параметрів процесу ферментативного гідролізу лактози. Встановлено, що найвищу активність в молоці ферментні препарати  $\beta$ -галактозидази проявляють при активній кислотності 6,6 і температурі 40 °C для Ha-Lactase та 6,5 і 35 °C для Maxilact (рис. 2 і 3).

З метою вибору раціональних режимів ферментативної обробки молока препаратами  $\beta$ -галактозидази було досліджено вплив температури і тривалості процесу на ступінь гідролізу лактози в інтервалі температур від 6 до 10 °C з тривалістю процесу 6...24 год та від 35 до 50 °C з тривалістю 1...4 год. Встановлено, що необхідний рівень гідролізу лактози (70...80 %) може бути

досягнутий за температур 6...10 °C протягом 14...20 год, а за температур 35 °C та 40 °C через 2 год для Maxilact і Ha-Lactase, відповідно.

Отримані результати підтвердили, що двох годин та доз ферментних препаратів 1050 НЛО/г і 1000 НЛО/г для Ha-Lactase та Maxilact за температур 40 °C і 35 °C, відповідно, вистачає для досягнення ступеня гідролізу лактози 70...80 %, а також до-

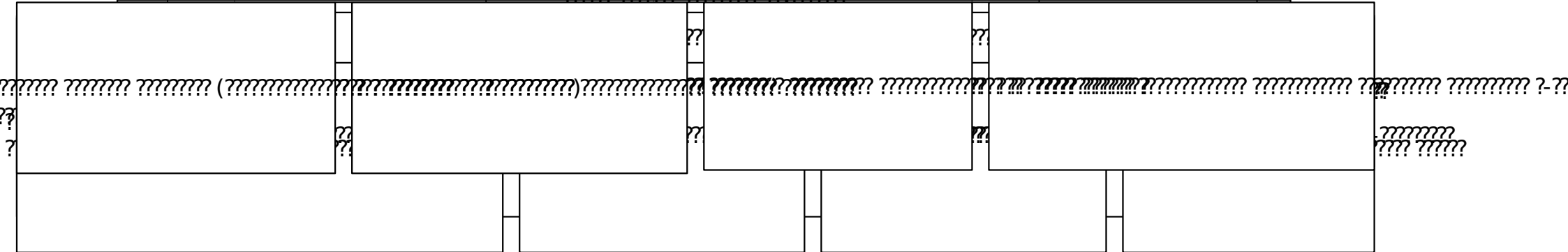


Рис. 1. Структурна схема проведення досліджень



вели, що за температур 6 °C і 10 °C теж можна отримати рівень гідролізу 70...80 % через 14...20 год.

За результатами проведених досліджень впливу кількості ферментного препарату, який вноситься, на ступінь гідролізу лактози встановили, що підвищення дозування незалежно від температури процесу призводить до швидшого та глибшого перебігу гідролізу лактози. Разом з тим, враховуючи вищеописані результати досліджень з тривалості процесу до досягнення необхідного рівня гідролізу (70...80 %) та вартість ферментних препаратів, слід відзначити, що перевищення концентрації препаратів 0,05 % не є доцільним з технологічної та економічної точок зору. Таким чином, концентрація ферментних препаратів повинна складати для Na-Lactase не менше 1050 НЛО/г, а для Maxilact – 1000 НЛО/г.

У **четвертому розділі** наведені експериментальні дослідження впливу ферментативного гідролізу за допомогою  $\beta$ -галактозидази на фізико-хімічні, органолептичні та технологічні властивості молока. Як свідчать експериментальні дослідження, ферментативний гідроліз лактози не призводить до відчутних змін фізико-хімічних показників, але має значний вплив на органолептичні показники молока, зокрема, на його смакові властивості. Встановлено, що ферментативний гідроліз викликає появу солодкого смаку в молоці. Це обумовлено розщепленням молочного цукру до моноцукрів – глюкози та галактози, які мають значення „індексу солодкості” більші, ніж лактоза (галактоза – 35 одиниць, глюкоза – 75 одиниць, лактоза – 20 одиниць). Користуючись поняттям „індексу солодкості”, запропоновано методику розрахунку відносного індексу солодкості, яка відображає взаємозв'язок між вмістом цукрів і солодкістю молока та виражається наступною формулою

$$I_c = \sum_{i=1}^n M_i I_i, \quad (1)$$

де  $i$  – цукор (лактоза, глюкоза, галактоза);  
 $n$  – кількість цукрів,  $n = 3$ ;

$I_c$  – відносний індекс солодкості цукру, одиниць;

$M_i$  – масова частка  $i$ -го цукру в молоці, мг/г;

$I_i$  – індекс солодкості  $i$ -го цукру, одиниць.

За допомогою формули (1) можна розрахувати відносний „індекс солодкості” питного молока та молока, гідролізованого  $\beta$ -галактозидазою. Нижче, як приклад, наведено розрахунки величини відносного „індексу солодкості” в негідролізованому молоці та молоці зі ступенем гідролізу 70 % та 80 %:

$$I_{\mathcal{M}} = (48,0 \cdot 20,0) + (0 \cdot 75,0) + (0 \cdot 35,0) = 960_{\text{од.}}$$

$$I_{70\%} = (14,4 \cdot 20,0) + (16,8 \cdot 75,0) + (16,8 \cdot 35,0) = 2136_{\text{од.}}$$

$$I_{80\%} = (9,6 \cdot 20,0) + (19,1 \cdot 75,0) + (19,1 \cdot 35,0) = 2283_{\text{од.}}$$

Тобто, чим вищий ступінь гідролізу лактози, тим солодшим стає молоко.

Проведені дослідження дозволили запропонувати формулу для розрахунку кількості цукру, необхідного для досягнення бажаної солодкості молока

$$M_c = (I_{\mathcal{Z.M.}} - I_{\mathcal{M}}) / I_{a.c.},$$

(2)

де  $M_c$  – масова частка цукру, необхідна для досягнення бажаної солодкості молока,  
г/1000 г,

$I_{г.м.}$  — індекс солодкості молока з відповідним ступенем гідролізу лактози,  
одиниць,

$I_m$  – індекс солодкості молока, одиниць,

$I_{a.c.}$  – абсолютний індекс солодкості цукру (сахарози) –100 одиниць.

Користуючись формулою (2), була побудована номограма для визначення кількості цукру, яку можна заощадити у випадку проведення ферментативного гідролізу молока з різним вмістом лактози в залежності від її ступеня гідролізу (рис. 4)

Також досліджено вплив ферментативного гідролізу на процес тривалої високотемпературної теплової обробки молока – пряження. Метою дослідження стало визначення впливу  $\beta$ -галактозидази на протікання реакції меланоїдиноутворення, за рахунок, якої скорочується час теплової обробки. Серія експериментів проводилася на питному молоці, в яке додавали фермент в кількості 0,03, 0,04, 0,05, 0,1 та 0,2 %, витримували протягом 2 год і далі гідролізовані зразки пряжили при температурі 95...98 °C впродовж 4 год (рис. 5)

Процес пряження традиційного молока проходить за 4 години, а молока з 0,05 % ферменту – за 1 годину. Тобто, ферментативний гідроліз інтенсифікує реакцію меланоїдиноутворення, що в свою чергу дає можливість скоротити тривалість теплової обробки у виробництві пряженого молока, ряжанки та варенця.

Перед дослідженням впливу ферментативного гідролізу лактози на технологічні процеси при виробництві кисломолочних продуктів було проведено аналіз та вибір заквасок прямого внесення за їх  $\beta$ -галактозидазною активністю, lag-фазою та тривалістю ферментації, за даними компанії Chr. Hansen. Так, показано, що у випадку застосування ферментативного гідролізу для виробництва ряжанки та варенця слід використовувати культури F-DVS ST-BODY-2 та FD-DVS ST-BODY-2, йогурта – FD-DVS YC-X11 і F-DVS YC-X11, біо-йогурта – FD-DVS ABY-2 і F-DVS ABY-2 та кисломолочного сиру – FD-DVS CHN-19, CHN-22, CHN-11 та F-DVS CHN-19, CHN-22, CHN-11, як ті, в яких тривалість lag-фази при внесенні їх у молоко є найдовшою. Далі проводились дослідження зміни тривалості ферментації прогідролізованого молока  $\beta$ -галактозидазою та одночасного внесення  $\beta$ -галактозидази з обраними заквасками при виробництві ряжанки та варенця, йогурту та біо-йогурту, кисломолочного сиру та виробів з нього (рис. 6, 7, 8, 9).

Представлені результати свідчать, що тривалість ферментації (до ізоелектричної точки казеїну) є найшвидшою у випадку попередньо гідролізованого молока, потім при проведенні гідролізу разом з додаванням закваски, і в останню чергу при ферментації контрольного зразка. Це дає можливість стверджувати, що застосування ферментативного гідролізу лактози препаратами  $\beta$ -галактозидази перед ферментацією, а також в процесі ферментації призводить до скорочення її тривалості у виробництві ряжанки та варенця приблизно на 4 год, йогурту – приблизно на 1 год 30 хв, біо-йогурту – приблизно на 2 год та кисломолочного сиру – приблизно на 4 год.

Досліджено вуглеводний склад кисломолочних продуктів, отриманих з використанням ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази (рис. 10, 11, 12, 13).

Аналіз результатів досліджень показує різний вуглеводний склад, що пояснюється, в першу чергу, видом і складом заквасок, а в другу – глибиною ферментативного гідролізу. Встановлено, що з використанням  $\beta$ -галактозидази та правильним підбором молочнокислих бактерій можна отримати кисломолочні продукти з регульованим вуглеводним складом для людей, інтолерантних до лактози, а також для діабетиків.

У **п'ятому розділі** наведені технології низьколактозних молочних продуктів, в основу яких покладено ферментативний гідроліз лактози за двома можливими режима-

Представлено технологічні схеми на низьколактозні продукти: питне молоко, пряжене

молоко, ряжанку, варенець, йогурт, біо-йогурт та інші кисломолочні продукти, які призначені для людей, інтолерантних до лактози, а також виробу для діабетиків. Технологічні схеми відрізняються від традиційних додаванням пастеризації ( $t = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 15\text{ с}$ ) перед охолодженням до температури ферментативного гідролізу, а також скороченням процесу пряження у виробництві пряженого молока, ряжанки та варенця з 3...4 год до 1 год та процесу ферментації у виробництві кисломолочних продуктів від 1,5 до 4 год в залежності від виду продукту. Також розраховано рецептури на виробництво молока з какао та кавою, на прохолоджувальні молочні напої, варенець та йогурт, за якими отримуємо значну економію цукру завдяки підвищенню індексу солод-кості гідролізованого молока за допомогою  $\beta$ -галактозидази. Перевагою запропонованих технологій низьколактозних продуктів є ще й той факт, що використання  $\beta$ -га-лактозидази не потребує додаткового апаратурного оформлення.

Розрахунковий економічний ефект від використання ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази у виробництві кисломолочних продуктів складає 6,724 грн на 1 тону.

Проведено промислову апробацію розроблених технологій на Радехівському молочному заводі ЗАТ „Галичина”. Показники якості продуктів з дослідних партій відповідали вимогам розробленої нами нормативної документації.

## ВИСНОВКИ

1. Аналітично та експериментально обґрунтована доцільність і технологічна можливість виробництва молочних продуктів з низьким вмістом лактози за допомогою ферментативного гідролізу лактози препаратами  $\beta$ -галактозидази.

2. На українському ринку найбільш доступними для застосування в молочному виробництві є ферментні препарати  $\beta$ -галактозидази На-Lactase компанії Chr. Hansen і Maxilact компанії DSM Food Specialties. При їх використанні раціональними робочими режимами ферментативного процесу, які забезпечують 70...80 % гідролізу лактози в молоці, є такі: активна кислотність 6,5 ... 6,6; доза ферментного препарату в перерахунку на нейтральні лактазні одиниці – не менше, ніж 1000 НЛО/л молока; температура ферментативного гідролізу  $40 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  впродовж двох годин і (або)  $8 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  впродовж 14...20 годин.

3. Ферментативний гідроліз лактози призводить до зміни органолептичних властивостей молока, зокрема, до появи солодкого смаку, обумовленого підвищенням „індексу солодкості” за рахунок збільшення концентрації моноцукрів – глюкози та галактози.

4. Запропоновано номограму, яка характеризує взаємозв'язок між ступенем гідролізу лактози та „індексом солодкості”, який виражається у вагових одиницях сахарози. За допомогою номограм можна здійснювати перерахунок рецептур цукромістких молочних продуктів, що дозволяє знизити витрати сахарози в залежності від ступеня гідролізу лактози та виду молочних виробів

5. Ферментативний гідроліз лактози сприяє швидшому перебігу реакції меланоїдиноутворення в процесі високотемпературної обробки молока – „пряження” у виробництві пряженого молока, ряжанки та варенця. Це призводить до скорочення тривалості даного процесу з 3...4 годин до 1 години, а отже і до заощадження енерговитрат.

6. Попередній ферментативний гідроліз, а також поєднання його з процесом ферментації молока дозволяє скоротити час досягнення ізоелектричної точки казеїну в процесі молочнокислого бродіння при виробництві ряжанки та варенця, йогурту та біо-йогурту, кисломолочного сиру і виробів з нього. В залежності від виду кисломолочних продуктів інтенсифікація процесу ферментації молока складає від 1,5 до 4 годин.

7. Поєднання процесу ферментативного гідролізу лактози молока з його ферментацією спеціально підібраними штамами молочнокислих організмів дозволяє прогнозовано регулювати вуглеводний склад кисломолочних продуктів за рахунок трансформації моноцукрів – глюкози та галактози до молочної кислоти. Це відкриває нові можливості для виробництва низькокалорійних молочних продуктів, а також кисломолочної продукції для спеціальної категорії споживачів, що хворіють на галактоземію та діабет.

8. Науково обґрунтовано технологічні параметри виробництва низьколактозного питного молока, кисломолочних продуктів з низьким вмістом лактози, а також молочних виробів для людей, що хворіють на діабет. Перераховані рецептури цукромістких молочних напоїв, йогурту, варенця, сиркових виробів, які забезпечують економію цукру-піску на 10...25 % в залежності від виду молочних виробів.

9. Розроблено та затверджено нормативну документацію на виробництво „Молока коров'ячого питного низьколактозного” – ТУ У 15.5 – 31984307 – 004 : 2006. На стадії затвердження знаходяться технічні умови на низьколактозні кисломолочні продукти. Проведено промислову апробацію розроблених технологій низьколактозних питного молока та кисломолочних продуктів у виробничих умовах Радеківського молочного заводу ЗАТ „Галичина”. Розрахунковий економічний ефект від впровадження у виробництві ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази складає 6,724 грн на 1 тонну кисломолочної продукції.

### Список праць, опублікованих за матеріалами дисертації

1. Дидух Н.А. Использование глюкозы для интенсификации процессов производства топленого молока и ряженки / Н.А. Дидух, А.С. Погосян // Молочна промисловість. – 2005. – № 5 (20). – С. 26 – 29.

*Дисертантом проведені спектрофотометричні та органолептичні дослідження зразків пряженого молока. Розроблені технологічні схеми виробництва пряженого молока та ряжанки і розраховані рецептури на їх виробництво.*

2. Погосян А. С. Вплив тривалості ферментативного гідролізу молока препаратами  $\beta$ -галактозидази на швидкість протікання реакції Майяра // Молочна промисловість. – 2005. – № 8 (23). – С. 47 – 49.

*Дисертантом проведено ферментативний гідроліз лактози молока з різними дозами ферментного препарату, а також спектрофотометричні та органолептичні дослідження зразків.*

3. Погосян А.С. Технологія виробництва пряженого молока інтенсифікованим способом / А.С. Погосян, Н.А. Дідух, О.П. Чагаровський // Наукові праці / ОНАХТ. Вип. 29. – О., 2006. – С. 99 – 103.

*Дисертантом розроблено технологічні схеми виробництва пряженого молока інтенсифікованим способом: 1) з додаванням глюкози; 2) з додаванням ферментного препарату  $\beta$ -галактозидази, а також розраховані рецептури на його виробництво.*

4. Погосян А.С. До питання ферментативного гідролізу лактози за допомогою  $\beta$ -галактозидази // Молочна промисловість. – 2006. – № 3 (28). – С. 44 – 45.

*Дисертантом проведено дослідження впливу активної кислотності на активність ферментного препарату  $\beta$ -галактозидази, а також вплив дози препарату, температури та тривалості процесу гідролізу на ступінь гідролізу лактози.*

5. Чагаровский А. П. Влияние ферментативного гидролиза лактозы с помощью ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы на органолептические и физико-химические показатели молока / А.П. Чагаровский, А.С. Погосян // Молочна промисловість. – 2006. – № 8 (33). – С. 32 – 35.

*Дисертантом розраховані значення індексу солодкості молока в залежності від ступеня гідролізу лактози, проведено дегустаційну оцінку солодкості зразків молока, досліджено вплив ферментативного гідролізу лактози на фізико-хімічні та органолептичні показники молока. Розраховано масу цукру для досягнення необхідного індексу солодкості та побудовано номограму для визначення кількості цукру.*

6. Чагаровский А.П. Ферментативный гидролиз лактозы препаратами  $\beta$ -га-лактозидазы – новое направление повышения эффективности производства мороженого и замороженных десертов / А.П. Чагаровский, А.С. Погосян // Світ морозива та холоду. – 2006. – № 5 (17). – С. 36 – 39.

*Дисертантом наведені результати досліджень щодо підсолоджування молока за рахунок проведення ферментативного гідролізу із зазначенням можливості економії цукру при виробництві морозива.*

7. Погосян А.С. Пути интенсификации реакции Майяра / А.С. Погосян, А.П. Чагаровский, Н.А. Дидух // „Пищевые технологии – 2005”: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, –

2005. – С. 102.

*Дисертантом теоретично визначено шляхи інтенсифікації реакції Майяра.*

8. Погосян А.С. Ресурсоощадна технологія виробництва пряженого молока // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства: Тези доп. 72 – ої наук. конф. молодих учених, аспір. і студ. – Київ, – 2006. – С. 36.

*Дисертантом висловлено думку про економію енерговитрат у виробництві пряженого молока.*

9. Чагаровский А.П. Влияние ферментативного гидролиза лактозы на сладость молока / А.П. Чагаровский, А.С. Погосян // „Пищевые технологии – 2006”: Тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, – 2006. – С. 83.

*Дисертантом складено формулу для розрахунку індексу солодкості молока в залежності від ступеня гідролізу лактози та формулу для розрахунку економії цукру.*

## АНОТАЦІЯ

Погосян А.С. Розробка технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2007.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню і розробці технології низьколактозних молочних продуктів з використанням ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази для людей, інтолерантних до лактози.

Науково обґрунтовано технологічні режими проведення ферментативного гідролізу лактози за допомогою  $\beta$ -галактозидази з метою його подальшого використання у виробництві незбирано-молочної та кисломолочної низьколактозної продукції.

Експериментально доведено позитивний вплив ферментативного гідролізу лактози при використанні у виробництві різних видів молочних продуктів: зниження додавання цукру, інтенсифікація реакції меланоїдиноутворення, прискорення процесу ферментації. Наведено спосіб розрахунку економії цукру в залежності від ступеня гідролізу лактози. Показано взаємозв'язок ферментативного гідролізу лактози з культурами мікроорганізмів та їх дію у виробництві кисломолочних продуктів.

На основі проведених досліджень розроблено рецептури і нормативна документація на виробництво низьколактозних молочних продуктів, проведена промислова апробація розробленої технології. Розраховано економічний ефект від впровадження у виробництві ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази.

**Ключові слова:** низьколактозні молочні продукти, інтолерантність до лактози,  $\beta$ -галактозидаза, ферментативний гідроліз лактози, реакція меланоїдиноутворення, ферментація.

## АННОТАЦИЯ

Погосян А.С. Разработка технологии низколактозных молочных продуктов с использованием ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2007.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию и разработке технологии низколактозных молочных продуктов с использованием ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы для людей, интолерантных к лактозе.

Аналитически и экспериментально обоснована целесообразность и технологическая возможность производства низколактозной продукции с помощью ферментативного гидролиза лактозы.

Исследован рынок ферментных препаратов и выбраны для проведения исследований наиболее доступные в Украине образцы – Na-Lactase компании Chr. Hansen (Дания) и Maxilact

компании DSM Food Specialties (Нидерланды).

Научно обоснованы рациональные технологические режимы проведения ферментативного гидролиза лактозы препаратами  $\beta$ -галактозидазы (активная кислотность, температура, продолжительность процесса, доза ферментного препарата) с целью его дальнейшего использования в производстве низколактозной цельномолочной и кисломолочной продукции.

Показано влияние ферментативного гидролиза лактозы на физико-химические, органолептические и технологические свойства молока. Экспериментально доказано позитивное влияние ферментативного гидролиза лактозы при использовании в производстве разных видов молочных продуктов, а именно, снижение добавления сахара, интенсификация реакции меланоидинообразования, ускорение процесса сквашивания. Представлен способ расчета экономии сахара в зависимости от степени гидролиза лактозы. Показана взаимосвязь ферментативного гидролиза лактозы с культурами микроорганизмов и их действие в производстве кисломолочных продуктов.

На основании проведенных исследований проработаны технологические схемы низколактозных питьевого и топленого молока, варенца и ряженки, йогурта и био-йогурта, творожных изделий. Кроме того, представлена технологическая схема кисломолочных продуктов с гидролизованной лактозой для диабетиков. Рассчитаны новые рецептуры сахаросодержащих молочных продуктов (молоко с какао и с кофе, прохладительные молочные напитки, варенец, йогурт, творожные изделия), в которых благодаря предварительному расщеплению лактозы ферментными препаратами  $\beta$ -галактозидазы сокращается добавление сахара-песка от 10 до 25 % в зависимости от вида продукта.

Готовая продукция, изготовленная по разработанной технологии, отличается не только низким содержанием лактозы, но и низкой калорийностью.

Разработана нормативная документация на производство молока коровьего питьевого низколактозного (ТУ У 15.5 – 31984307 – 004 : 2006). На стадии утверждения находится документация на производство низколактозных кисломолочных продуктов. Проведена промышленная апробация разработанных технологий низколактозных продуктов, а именно, пастеризованного и топленого молока, простокваши и ряженки. Показатели качества опытной партии отвечали требованиям разработанной документации. Рассчитан экономический эффект от внедрения в производстве ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы, который составляет 6,724 грн на 1 тонну кисломолочной продукции и 133,135 тыс. грн за год.

Использование  $\beta$ -галактозидазы для получения низколактозных молочных продуктов расширит ассортимент продукции, выпускаемой отечественной молочной промышленностью.

**Ключевые слова:** низколактозные молочные продукты, интолерантность к лактозе,  $\beta$ -галактозидаза, ферментативный гидролиз лактозы, реакция меланоидинообразования, сквашивание, экономия сахара.

## ANNOTATION

Pogosyan A.S. Development of the low lactose dairy products technology with using enzymatic preparations of  $\beta$ -galactosidase. – The manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of the technical sciences on the specialty, 05.18.04 – meat, dairy and fish products technology. – Odessa National Academy of Food Technologies, the Ministry of Education and Science of the Ukraine, Odessa, 2007.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation and to the development of the technology of low lactose dairy products with using enzymatic preparations of  $\beta$ -galactosidase for the lactose intolerant people.

The scientifically grounded technological regimes of the lactose hydrolysis with using the fermented preparations of  $\beta$ -galactosidase for further using in manufacturing of the low lactose and fermented milk products have been suggested.

Experimentally proved the positive influence of the enzymatic lactose hydrolysis in manufacturing of all kind of dairy products: reducing of sugar volume, intensification of Maillard reaction, precipitation of the coagulation process. The representative method of sugar economy in dependence of the lactose hydrolysis has been shown. The interaction of the lactose hydrolysis with the microorganism cultures and

their using in producing of the fermented products has been obtained.

On the foundations of the lead researches the compounding and the normative documentation for the producing of the low lactose dairy products have been conducted. The industrial and technological approbation of this technology have been carried out.

The economical effect of using the enzymatic preparations of  $\beta$ -galactosidase for the industry has been counted.

**Keywords:** low lactose dairy products, lactose intolerance,  $\beta$ -galactosidase, enzymatic lactose hydrolysis, the Maillard reaction, fermentation.