

УДК 637.146:641.85

DOI: 10.15587/1729-4061.2019.155278

## Обгрутування технології кисломолочних ферментованих десертів з біфідогенними властивостями

А. М. Соломон, М. М. Бондар, А. К. Д'яконова

Розроблено технологію кисломолочних десертів з використанням консорціумів штамів лактобактерій – *Lb. Acidophilus*, *S. Thermophilus* і біфідобактерій – *B. Bifidum*, *B. Longum*, *B. Adolescentis*, стійких до дії інгібіторів – шлункового соку, жовчі, фенолу, хлориду натрію, антибіотиків та молочної кислоти.

Для покращення розвитку біфідобактерій, використано біостимулятори. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій протягом 6 годин ферментації в присутності фруктози зростає з  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> до  $8,8 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>, лактулози – до  $9,9 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>.

Для отримання стійкої до розширення структури з глянцевою поверхнею, використали модифікований крохмаль. Динамічна в'язкість дослідних зразків дорівнює  $25 \cdot 10^{-3}$  Па·с, кількість життєздатних клітин біфідобактерій –  $2,5 \cdot 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup>.

Пастеризація при температурі  $(90 \pm 2)$  °С з витримкою 2 хв гарантує безпечність молочної суміші.

Розроблено рецептуру і технологію десертних ферментованих продуктів з плодово-ягідним збагачувачем. Отримані згустки синбіотичного продукту щільні, консистенція однорідна, ніжна, драгледоподібна, в міру в'язка. Смак чистий, приємний, з кольором, присмаком і запахом плодово-ягідного наповнювача.

Після 10 діб зберігання кількість життєздатних клітин біфідобактерій становить  $1,5 \cdot 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup>, після 15 –  $9,5 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>, що значно перевищує встановлений стандартом необхідний рівень біфідобактерій в кисломолочних продуктах. Оптимальним терміном зберігання десертних продуктів при температурі  $(3 \pm 1)$  °С без зміни реологічних властивостей є 15 діб.

Використання кисломолочних десертів з біфідогенними властивостями розширює асортимент продуктів, здатних нормалізувати дисбаланс кишкового мікробіоценозу в організмі людини і стимулювати власну мікрофлору кишечника

*Ключові слова:* пребіотики, пробіотики, біфідобактерії, лактобактерії, плодово-ягідні збагачувачі, загущувачі, ферментовані кисломолочні десерти

### 1. Вступ

Людина з продуктами переробки молока отримує не менше третини всіх харчових речовин, необхідних для повноцінного життя. Протягом останніх років спостерігається постійна динаміка росту споживання кисломолочних ферментованих продуктів. Популярність обумовлена приємними смаковими і лікувальними властивостями, специфічною консистенцією, різноманітністю складу, що дозволяє задовольняти вимоги широкого кола споживачів всіх вікових груп.

Біфідобактерії, які домінують у мікрофлорі кишечника дітей та дорослих, являються специфічним фактором захисту організму від порушення мікробіоцинозу кишечника, причиною виникнення якого може бути захворювання органів травлення, приймання хімічних препаратів, антибіотиків тощо. В процесі життєдіяльності біфідобактерії регулюють певний кількісний і якісний склад нормальної мікрофлори кишечника, перешкоджаючи розвитку патогенної і умовно-патогенної мікрофлори, що є важливим фактором захисту організму від різної кишкової інфекції. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання підтримки рівноваги мікробіоцинозу у шлунково-кишковому тракті людини, збереження якісного і кількісного складу кишкової мікрофлори за рахунок споживання ферментованих кисломолочних продуктів з біфідогенними властивостями.

Лакто- і, особливо біфідобактерії, сприяють процесам ферментативного перетравлення їжі, стимулюють перистальтику кишечника і засвоєння поживних речовин. Також приймають участь в синтезі і всмоктуванні вітамінів групи В, вітаміну К, фолієвої і нікотинової кислот, кращому засвоєнню вітаміну D, солей кальцію, підвищують імунний статус людини. Тому кисломолочні продукти з біфідогенними властивостями набувають особливого значення, як фактор профілактики і лікування різних шлунково-кишкових захворювань.

Найбільш ефективний шлях нормалізації дисбалансу кишкового мікробіоцинозу полягає у використанні синбіотиків, тобто комплексу пробіотиків та пребіотиків, і стимулюванні власної мікрофлори кишечника людини. Перспективним напрямком розвитку молочної промисловості є збагачення продуктів лакто- і біфідобактеріями, а також використання біологічно цінних продуктів переробки рослинної сировини.

Враховуючи, що у 70 % населення розвинених країн світу спостерігаються дисбактеріальні зміни, проблему створення, підтримки і відновлення нормальної кишкової мікрофлори організму необхідно розглядати як одну з найбільш актуальних для здоров'я людини.

Тому робота, яка присвячена розширенню асортименту кисломолочних продуктів з біфідогенними властивостями, споживання яких нормалізує кишкову мікрофлору людини, стимулює засвоєння поживних речовин, нормалізує обмінні процеси і подовжує тривалість життя, є актуальною.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Пріоритетним напрямком розвитку цивілізованого суспільства є здоров'я людини. Неухильно зростає кількість людей, які віддають перевагу продуктам здорового харчування [1]. На нормальне функціонування основних систем життєдіяльності людини впливає цілий ряд несприятливих факторів. З однієї сторони, це широке використання пестицидів, різноманітних харчових добавок, консервантів, барвників, нераціональне харчування більшості населення країн світу, з іншої – масове безконтрольне застосування хіміотерапевтичних препаратів, в тому числі антибіотиків. З цими факторами пов'язують збільшення частоти виникнення дисбактеріозів та ріст гастроентерологічних захворювань у людей різних вікових груп.

На сьогодні продукти, що створені з використанням молочнокислих бактерій і біфідобактерій, розглядаються як основа здорового харчування людини, що сприяє профілактиці ряду захворювань. Позитивний ефект досягається як шляхом введення живих клітин лактобактерій безпосередньо в організм людини, так і шляхом використання цих мікроорганізмів у складі заквасок для отримання кисломолочних продуктів харчування з лікувально-профілактичними властивостями. Оздоровлюючий ефект в значній мірі обумовлений біологічно цінними властивостями спеціально підібраних для цих цілей культур молочнокислих бактерій і біфідобактерій.

Наукові підходи до оздоровлення організму людини, її активної життєдіяльності, що базуються на масовому використанні кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями, є новим перспективним напрямком в медицині та нутриціології. Продукти харчування повинні забезпечувати людину поживними речовинами і енергією, а також володіти профілактичними і лікувальними властивостями. Саме пробіотичні продукти найбільш ефективні для відновлення балансу нормальної мікрофлори кишково-шлункового тракту при порушенні обміну речовин після гормональної, антибактеріальної терапії, хронічних захворювань тощо.

Ферментовані кисломолочні продукти є основними постачальниками пробіотичних мікроорганізмів в організм людини. Молочнокислі і біфідобактерії відносяться до класичних пробіотиків, які широко використовуються в якості біологічно активних компонентів при виробництві харчових продуктів і фармацевтичних препаратів.

В теперішній час особлива увага приділяється біфідобактеріям, використання яких перешкоджає розвитку умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів, підвищуючи опір організму до інфекційних захворювань [2].

Поширюється асортимент продуктів з використанням лакто- і біфідобактерій, здатних нормалізувати роботу кишково-шлункового тракту людини. Особлива увага приділяється розробленню нових технологій виробництва функціональних продуктів харчування. Використанням пробіотиків і пребіотиків є новим перспективним напрямком у молочній промисловості, який дозволяє вирішити проблему збереження здоров'я і подовження тривалості життя людини [3].

Сумісне використання про- і пребіотиків відкриває широкі можливості покращення харчової і біологічної цінності кисломолочних ферментованих продуктів, збагативши їх вітамінами, мінеральними і поліфенольними речовинами, харчовими волокнами тощо.

Проводяться пошуки кращих штамів молочнокислих бактерій для промислового використання і отримання якісних та безпечних харчових продуктів [4]. Підбір штамів лактобактерій обумовлений необхідністю отримання композицій з необхідною кислотоутворюючою здатністю і стійкістю до несприятливих умов росту і розвитку. Широко проводяться дослідження по підборі комбінованих заквашувальних композицій з урахуванням кислотоутворюючих властивостей лактобактерій, на основі яких розробляються технології кисломолочних продуктів з біфідогенними властивостями [5].

При виробництві пробіотичних кисломолочних продуктів виникають проблеми з отриманням і використанням заквасок, до складу яких входять біфідобактерії. Невисока швидкість росту, нестійкість при низькій кислотності середовища, контакт з киснем повітря перешкоджають розвитку біфідобактерій при виробництві кисломолочних продуктів з біфідогенними властивостями. Використання композицій лактобактерій з певними властивостями створює необхідні умови для росту і розвитку біфідобактерій.

Розроблено молекулярно-біологічні методи відбору бактеріальних культур, які використано для ідентифікації бактеріальних штамів, що належать до родів *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus* і *Enterococcus*. Досліджено штами *S. thermophilus* на технологічні і пробіотичні властивості, встановлено найбільш перспективні культури для використання в якості заквасок при виробництві кисломолочних продуктів загального і функціонального призначення [6].

Вважаємо, що використання сучасних підходів для визначення технологічних і пробіотичних властивостей у промислово важливих штамів стрептококів, лактококів і біфідобактерій дозволить науково обґрунтувати використання бактерій в різних біотехнологічних процесах і проводити відбір стартових молочнокислих бактерій для різних кисломолочних продуктів.

Світова тенденція розвитку асортименту продуктів здорового харчування пов'язана зі зниженням калорійності, підвищенням біологічної цінності, збагаченням функціональними інгредієнтами, які здатні зберігати і покращувати здоров'я споживачів [7].

Тому особливу увагу необхідно приділяти виробництву кисломолочних ферментованих продуктів з використанням пребіотиків – натуральних речовин, які стимулюють ріст і розвиток біфідогенної захисної мікрофлори, стабілізаторів і рослинних наповнювачів. Овочеві або плодово-ягідні наповнювачі збагачують кисломолочні продукти біологічно- і фізіологічно цінними речовинами, надають різноманітних смакових властивостей.

Постійно розширюється компонентний склад і досліджуються умови отримання синбіотичних кисломолочних продуктів з використанням консорціумів пробіотичних бактерій і пребіотиків різноманітного походження [8].

Слід відзначити, що використання біфідобактерій у складі кисломолочних продуктів потребує підбору штамів, які здатні розвиватися у несприятливих умовах виробництва і кишково-шлункового тракту. Необхідно створювати нові консорціуми мікроорганізмів, склад яких дозволить максимально реалізувати фізіологічний, біохімічний і технологічний потенціал використаних мікроорганізмів, покращити структурно-механічні властивості

Для активації росту пробіотичних мікроорганізмів і одночасного збагачення продуктів вітамінами, макро- і мікроелементами, антиоксидантами запропоновано використання біокоректорів на основі рослинної сировини. Біопротектори стимулюють швидкість ферментації, інтенсивність кислотоутворення, ріст і розвиток певних ретельно підібраних консорціумів лакто- і біфідобактерій [9].

Створені композиції біологічно-активних речовин сприяють оптимальному розвитку саме підібраних консорціумів пробіотиків, зміна складу або співвід-

ношення обраних пробіотиків у консорціумах призведе до зміни активності, швидкості ферментації, інтенсивності кислотоутворення.

Конструювання харчових продуктів оздоровчої спрямованості для різних вікових та етнічних груп населення необхідно вирішувати на основі медико-біологічних вимог. В залежності від віку і стану здоров'я змінюються потреби організму людини у харчових продуктах, поживності і енергетичній цінності [10].

Спостерігається розширення асортименту кисломолочних напоїв з біфідогенними властивостями функціонального призначення, збагачених широким спектром продуктів переробки молочної і плодово-ягідної сировини. В якості біфідогенних стимуляторів, які не тільки задовольняють фізіологічні потреби організму людини у поживних речовинах, харчових волокнах і енергії, але й виконують лікувальні і профілактичні функції використовується сироп лактулози і обліпиховий сік [11].

Наведені данні свідчать, що підбір штамів лакто- і біфідобактерій для використання при виробництві кисломолочних ферментованих продуктів і забезпечення оптимальних умов розвитку дозволяють отримати продукти з високою концентрацією активних клітин пробіотиків.

Для отримання фруктово-овочевих напоїв і десертів використовуються продукти переробки молока, концентрати молочнокислих і біфідобактерій, соки і пюре з плодово-овочевої сировини, пектолітичний фермент [12].

Запропонована технологія фруктово-овочевих напоїв та десертів містить велику кількість рецептурних компонентів, які не можуть забезпечити стабільні умови для використання ферментного препарату і його оптимальної дії. Більш доцільно було би використати натуральні загущувачі у вигляді пектину або альгінату, що одночасно підвищить фізіологічну цінність вироблених продуктів.

Структура харчування нині не відповідає сучасним принципам раціонального харчування. Проблема організації і забезпечення правильного харчування людей, його адекватності і збалансованості є найважливішим завданням сумісної діяльності медиків, технологів та харчових виробництв.

У зв'язку з цим постало питання про способи конструювання складу мікрофлори кисломолочних продуктів для відновлення оптимальної мікрофлори і оздоровлення кишково-шлункового тракту людини та розширення асортименту кисломолочних продуктів з оздоровчими властивостями. Розроблені продукти харчування повинні володіти антагоністичними властивостями до конкурентної, патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, стійкістю до антибіотиків, засвоювати широкий спектр нутрієнтів, що утворюється при перетравлюванні їжі в організмі людини, мати високу швидкість росту пробіотичних і заквашувальних культур. Усе це дозволяє забезпечити необхідну продуктивність клітин пробіотичних штамів у готовому продукті. При створенні пробіотичних продуктів повинні відбиратися штами, випробувані на симбіотичність, щоб пробіотичні культури доповнювали один одного по біологічній активності, виявляючи ефект синергізму в продукті. Кисломолочні продукти доцільно збагачувати різними штамми біфідобактерій і підвищувати біологічну цінність за рахунок використання пребіотиків різноманітного походження.

### **3. Мета і завдання дослідження**

Метою роботи є розроблення технології кисломолочних десертних ферментованих продуктів, збагачених біфідобактеріями, біологічно активними та фізіологічно цінними речовинами рослинного походження. Це дозволить збагатити синбіотичні кисломолочні продукти розчинними і нерозчинними полісахаридами, поліфенолами, вітамінами, мінеральними речовинами, стимулювати розвиток біфідобактерій тощо.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- обґрунтувати склад заквашувальних композицій і визначити вплив біостимуляторів на ріст і розвиток біфідобактерій;
- визначити зміни фізико-хімічних властивостей продукту в процесі біоферментації в присутності структуроутворювачів;
- розробити технологію десертних ферментованих продуктів з біфідогенними властивостями.

### **4. Матеріали і методи дослідження кисломолочних ферментованих десертів**

Використано штами лактобактерій *S. Thermophilus CT-14*, *Lactobacillus acidophilus*, а також найбільш поширені штами біфідобактерій, що притаманні організму людини, – *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum subsp. longum* B 379 M, *Bifidobacterium adolescentis* B-1.

### **5. Результати дослідження кисломолочних ферментованих десертів**

#### **5. 1. Обґрунтування складу заквашувальних композицій і визначення впливу біостимуляторів на ріст і розвиток біфідобактерій.**

Комплексні закваски на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп, є більш стійкими до несприятливих умов середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками, виготовленими з використанням чистих монокультур. Критеріями відбору штамів лакто- і біфідобактерій для заквашувальних композицій є біологічна активність і технологічні властивості, які дозволяють отримати десертні кисломолочні ферментовані продукти з певними органолептичними, фізико-хімічними і реологічними якостями [13].

Проведено скринінг молочнокислих бактерій, які оцінювали за здатністю зброджувати лактозу, рівнем кислотоутворення та протеолітичною активністю. В якості поживного середовища використали знежирене молоко стерилізоване при температурі  $(121 \pm 2)^\circ\text{C}$  з витримкою  $(15 \pm 5)$  хв. (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика досліджених штамів лактобактерій ( $n=3$ ,  $P=0,95$ )

| Вид лактобактерій                       | Кількість штамів | Кількість споживаної лактози, % | Рівень накопичення кислоти, °Т | Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см <sup>3</sup> |
|---|------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|
| <i>Lactococcus lactis ssp. lactis</i>   | 3                | 17,2±4,7                        | 157,6±2,1                      | 8,9±0,2   |
| <i>Lactococcus lactis ssp. cremoris</i> | 3                | 15,1±6,5                        | 100,8±4,4                      | 8,5±0,2   |
| <i>Lactobacillus casei</i>              | 3                | 9,4±6,3                         | 145,7±1,3                      | 8,6±0,2   |
| <i>Lactobacillus plantarum</i>          | 3                | 5,9±2,6                         | 127,2±3,2                      | 8,1±0,2   |
| <i>S. thermophilus</i>                  | 3                | 48,0±5,3                        | 99,8±1,4                       | 8,3±0,2   |
| <i>Lactobacillus acidophilus</i>        | 3                | 45,3±6,9                        | 291,9±3,3                      | 8,6±0,2   |
| <i>L. delbrueckii ssp. bulgaricus</i>   | 3                | 40,5±7,1                        | 305,0±5,1                      | 8,4±0,2   |

Серед досліджених штамів лактобактерій високий рівень зброджування лактози молока спостерігається при використанні культур *Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*, *S. Thermophilus*, з яких найвищою β-галактозидазною активністю володіє штам *S. thermophilus* СТ-14. Під дією ферменту β-галактозидаза утворюються біфідогенні продукти розкладу лактози, які стимулюють розвиток біфідобактерій і підвищують активність.

Для активного росту і розвитку молочнокислих бактерій необхідні пептиди і амінокислоти. За протеолітичною активністю і рівнем накопичення вільних амінокислот найбільш продуктивними виявилися лактобактерії *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* та *Lactobacillus acidophilus*. Білок молока бактеріальною протеїназою гідролізується до олігосахаридів, які під дією внутрішньоклітинних пептидаз гідролізуються до коротколанцюгових пептидів і амінокислот [14].

Найкращу кислотоутворюючу здатність, за рівнем накопичення молочної кислоти, мають молочнокислі бактерії *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus*, які продукують переважно L(+) – молочну кислоту, фізіологічно сприятливу для організму людини. Ацидофільні палички *Lactobacillus acidophilus* здатні продукувати антибіотики ацидофілін і лактоцидин, які пригнічують розвиток шкідливої сторонньої мікрофлори у поживному середовищі [15].

Для створення синбіотичних систем функціонального призначення використали три штами біфідобактерій – *Bifidobacterium adolescentis* B-1, *Bifidobacterium bifidum* 791, *Bifidobacterium longum subsp. longum* B 379 M.

Значний вплив на життєздатність молочнокислих бактерій, які надходять з молочними ферментованими продуктами до організму людини, має травна система. Тому лакто- і біфідобактерії оцінювали на стійкість до інгібіторів розвитку – шлункового соку, жовчі, фенолу, антибіотиків, хлориду натрію та молочної кислоти. Тривалість вирощування клітин лактобактерій обмежували концентрацією  $1 \cdot 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup>.

Встановлено, що всі дослідні штами лакто- і біфідобактерій мають стійкість до кислого середовища, 40 % жовчі, 0,3 % розчину фенолу, 4,0 % кухонної солі, пеніциліну і стрептоміцину, фагочутливість лактобактерій знаходиться на рівні 1,33 %. Всі досліджені штами молочнокислих бактерій здатні розвиватися у молоці, мають високу активність до зброджування лактози та протеолізу білків молока.

Проведено дослідження вказаних штамів біфідобактерій на технологічні властивості за такими показниками, як активність ферментації молока, енергія кислотоутворення, активна кислотність (рН) після ферментації, кількість життєздатних клітин у згустку. Використовували стерилізоване знежирене молоко кислотністю 18 °Т, з вмістом сухих речовин – 9,0 %, сухого знежиреного молочного залишку – 8,95 %, – за ГОСТ 10163-76. Молоко нагрівали до 40 °С, очищували, нагрівали до 65 °С, гомогенізували при тиску  $P=15$  МПа. Стерилізоване молоко при  $(121\pm 2)$  °С з витримкою  $(15\pm 5)$  хв., охолоджували до температури –  $(37\pm 1)$  °С. В підготоване молоко вносили закваску з чистих культур біфідобактерій у кількості 5,0 %, яка містила  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>, і проводили ферментацію при температурі  $(37\pm 1)$  °С.

Враховуючи, що при сумісному використанні штамів біфідобактерій можливий синергізм і покращення технологічних властивостей, проведено дослідження дії консорціуму обраних штамів біфідобактерій (співвідношення 1:1:1) із вмістом кожного штаму біфідобактерій  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> (табл. 2).

Таблиця 2

Технологічні властивості дослідних штамів біфідобактерій ( $n=3, P=0,95$ )

| Вид біфідобактерій     | Активність ферментації, год. | Активна кислотність, рН | Енергія кислотоутворення за час ферментації, °Т | Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см <sup>3</sup> |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|---|---|
| <i>B. bifidum</i>      | 49±3                         | 4,8±0,2                 | 63±4  | 8,1±0,2   |
| <i>B. longum</i>       | 48±5                         | 4,8±0,2                 | 61±2  | 7,9±0,2   |
| <i>B. adolescentis</i> | 49±4                         | 4,7±0,2                 | 64±3  | 7,8±0,2   |
| Консорціум             | 32±2                         | 4,7±0,1                 | 66±3  | 8,9±0,1   |

Всі використані штами біфідобактерій, а також консорціум, дуже повільно ферментують молоко і утворюють нещільні згустки з відокремленням сироватки. Отримані згустки мають низькі показники титрованої кислотності і рН. Це пов'язано з тим, що при ферментації лактози біфідобактеріями, разом з молочною кислотою накопичується до 30 % оцтової кислоти, яка має значно вищу ступінь дисоціації, і призводить до зниження активної кислотності молока. Іони водню, які утворюються внаслідок дисоціації молочної та оцтової кислот, перешкоджають дисоціації, і знижують від'ємний заряд міцел казеїну. Під дією молочної і оцтової кислот відбувається відщеплення фосфату кальцію і органічного кальцію від казеїнат-кальцій-фосфатного комплексу, що призводить до дестабілізації міцел казеїну. Нерозчинний фосфат кальцію переходить у роз-



чинний лактат кальцію. Отже, отримані дані свідчать, що біфідобактерії здатні розвиватися в присутності лактози, накопичувати біомасу і знижувати активну кислотність молока.

Проведено дослідження стійкості використаного консорціуму біфідобактерій до несприятливих умов кислотності шлунку та умов зберігання готової продукції. Життєздатність клітин консорціуму біфідобактерій визначали в присутності HCl протягом 5,0 годин, та в присутності молочної кислоти – 24 години. В якості контролю використали стерилізоване заквашене молоко без консорціуму біфідобактерій.

Встановлено, що порівняно з контролем, кількість життєздатних клітин біфідобактерій поступово зменшується. При 5-годинному зберіганні (рН 3,0) втрати життєздатних клітин біфідобактерій становить 5,2 %, при рН 2,0–9,8 %. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій консорціуму після 6 годин зберігання в присутності молочної кислоти починає поступово зменшуватись. Через 24 години втрата становить при рН 4,0–3,4 %, при рН 3,0–6,2 %. Отримані дані свідчать, що створений консорціум із використаних штамів біфідобактерій є ефективним і його можна використовувати при виробництві ферментованих десертних продуктів.

Отже, створення консорціумів з окремих штамів біфідобактерій дозволяє значно покращити технологічні властивості біфідобактерій. При використанні консорціуму біфідобактерій термін утворення згустків скорочується до 28–32 годин. Кількість життєздатних клітин підвищується у середньому в 3–4 рази, що вказує на відсутність взаємного пригнічення використаних штамів біфідобактерій у консорціумі. При цьому органолептичні показники отриманих кисломолочних згустків не змінюються.

Слід відзначити, що чисті культури біфідобактерій потребують анаеробних умов і навіть у консорціумі мають слабку кислотоутворюючу здатність. Тому необхідні біфідостимулюючі фактори, а також мікроорганізми, які здатні в процесі життєдіяльності збагатити поживне середовище доступними для них азотистими та іншими поживними речовинами.

Для здійснення клінічного ефекту на організм людини біфідофактори повинні забезпечити розвиток біфідобактерій у кишечнику на рівні не нижче  $1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Отже, отримані дані свідчать про збереження активності біфідобактерій під час проходження через шлунково-кишковий тракт і здатність прижитися у кишечнику при споживанні молочних ферментованих продуктів.

В якості стимуляторів росту і розвитку біфідобактерій, використано пребіотики – фруктозу і лактулозу. В якості стабілізатора і структуроутворювача використали пектин і модифікований крохмаль. Роботу з визначення стимулюючої дії біфідофакторів на процес зброджування молока проводили на основі знежиреного стерилізованого молока.

У підготовлене молоко вносили 5,0 % закваски у вигляді консорціуму біфідобактерій концентрацією  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Контролем служило стерилізоване знежирене молоко, заквашене консорціумом біфідобактерій у тій же кількості, без біфідостимуляторів.

В молоко додавали від 0,1 до 0,5 % фруктози за ТУ 9111-011-359-37677-02. Отриману суміш нагрівали до температури 40 °С, очищували, нагрівали до температури 65 °С і гомогенізували при тиску  $P=(15\pm 2)$  Мпа. Стерилізацію підготовленої суміші проводили при  $(121\pm 2)$  °С з витримкою  $(15\pm 5)$  хв., охолоджували до температури заквашування –  $(37\pm 1)$  °С, вносили закваску. Ферментацію проводили до рН 4,6–4,7, тобто до утворення згустку. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій від масової частки внесеної фруктози наведені на рис. 1.



Рис. 1. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у кисломолочних згустках у присутності фруктози: 1 – контроль; 2 – 0,1 %; 3 – 0,2 %; 4 – 0,3 %; 5 – 0,4 %; 6 – 0,5 %

Отримані дані свідчать, що при зброджуванні молока в присутності 0,5 % фруктози кількість життєздатних клітин біфідобактерій зростає до  $8,8 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>. Фруктоза включається у процес молочнокислого бродіння у вигляді фруктозо-6-фосфату і сприяє більш швидкому накопиченню біомаси біфідобактерій.

Лактулоза надходить в товсту кишку у незмінному вигляді, де стимулює ріст і розвиток власної біфідофлори кишечника, але при цьому не використовується в якості субстрату для розвитку патогенної мікрофлори [16].

Сироп «Лактусан», який дозволено до використання у харчовій промисловості МОЗ України (П № 011717/02), вносили у знежирене стерилізоване молоко у кількості, яка відповідала збільшенню концентрації лактулози у молоці від 0,1 до 0,6 %. У підготовлену суміш вносили закваску концентрацією  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій від масової частки лактулози у кисломолочних згустках наведено на рис. 2.

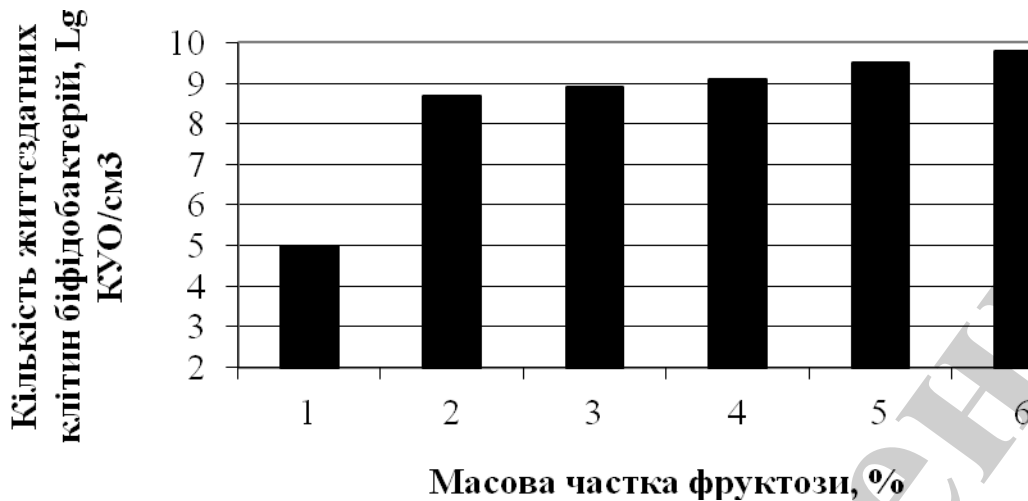


Рис. 2. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у кисломолочних згустках від масової частки лактулози: 1 – контроль; 2 – 0,1 %; 3 – 0,2 %; 4 – 0,3 %; 5 – 0,4 %; 6 – 0,5 %; 7 – 0,6 %

Наведені експериментальні дані свідчать, що для досягнення пробіотичного ефекту достатньо внести 0,1 % лактулози. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій протягом 6 годин ферментації збільшується з  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> до  $1,2 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>. в присутності 0,6 % лактулози – підвищується до  $9,9 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>.

Відомо, що поряд з пробіотичним ефектом на мікрофлору кишечника, пребіотик лактулоза має певний вплив на функціонування печінки та нервової системи.

Фахівцями встановлено, що для лікувально-профілактичної дії вміст лактулози у кисломолочних продуктах повинен складати не менше 0,6 % [17].

Для визначення раціональних технологічних параметрів процесу зброджування досліджено процес ферментації знежиреного стерилізованого молока консорціумом біфідобактерій в сумісній присутності використаних біфідостимуляторів – фруктози та лактулози. У стерилізоване знежирене молоко вносили попередньо підготовлені біфідостимулятори при температурі  $(55 \pm 2)$  °С. Подальші операції обробки отриманої суміші проводили у послідовності і технологічних режимах наведених раніше. В підготовлену суміш вносили 5,0 % закваски у вигляді консорціуму біфідобактерій із концентрацією  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Контролем було знежирене стерилізоване молоко заквашене консорціумом біфідобактерій у тій же кількості без стимуляторів росту. Процес ферментації проводили до утворення згустків (рН 4,6...4,7). У процесі заквашування визначали зміну активної кислотності, титрованої кислотності, а також в'язкість отриманих згустків.

Встановлено, що тривалість процесу ферментації до рН 4,6...4,7 і утворення згустків триває 6 год. За цей час активна кислотність в присутності біфідостимулятора фруктози досягає рівня рН 4,64, лактулози – рН 4,6, без біфідостимуляторів (контроль) – рН 4,7, в той час як титрована кислотність досягає, відповідно, 68, 72 і 52 %.

В зразках з біфідостимуляторами спостерігається більш низька активна кислотність і значно вища титрована кислотність порівняно з контролем.

Підвищену активність біфідобактерій можна пояснити присутністю біфідостимуляторів, В процесі бродіння поряд з молочною кислотою утворюється оцтова кислота, яка є більш сильним електролітом порівняно з молочною кислотою.

В'язкість зразків, одержаних з використанням біфідостимуляторів, залишається майже незмінною протягом перших двох годин процесу заквашування. Наростання в'язкості особливо швидко відбувається наприкінці процесу заквашування. Протягом шести годин процесу ферментації адаптованими культурами середнє значення в'язкості зразків з використанням фруктози досягає 48 с, лактулози – 46 с, в той час як в'язкість контрольного зразка становить 41 с.

Отже, отримані результати свідчать, що при використанні біфідостимуляторів – фруктози і лактулози не тільки збільшується кількість життєздатних клітин біфідобактерій, але й значно зростає в'язкість отриманих згустків, що сприятливо впливає на органолептичні властивості готового продукту. Таким чином, отриману композицію біфідобактерій зі стимуляторами активності росту можна використовувати для створення синбіотиків – комбінації про- і пребіотиків, призначених для виготовлення продуктів оздоровчої спрямованості.

Якість структури кисломолочних продуктів та її стабільність залежить від вмісту сухих речовин (СР) у молоці і безпосередньо пов'язана з його густиною. Підвищення у молоці вмісту сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) сприяє збільшенню кількості контактів між частинами казеїну при коагуляції на одиницю об'єму дисперсійного середовища. Це підвищує інтенсивність взаємодії, збільшує в'язкість продукту і покращення його консистенції.

Вміст СР у вихідному молоці корегували шляхом додавання сухого знежиреного молока (СЗМ) з вмістом сухих речовин – 96,0 %, сухого знежиреного молочного залишку – 95,0 %. При збільшенні концентрації СЗМЗ у поживному середовищі зростає кількість сірковмісних амінокислот, які стимулюють ріст і розвиток біфідобактерій та підвищують титр. Одночасно у молочній суміші збільшується вміст казеїнат-кальцій-фосфатного комплексу (ККФК), який утворює буферну систему, що стримує наростання кислотності при збільшенні біомаси.

Для отримання якісного згустку з необхідними реологічними властивостями проведено дослідження з визначення раціонального вмісту СЗМЗ у молоці. У знежирене стерилізоване молоко з вмістом СР 9,0 %, СЗМЗ – 8,95 %, білка 3,0 % додавали СЗМ. Кількість СЗМ дозволила збільшити вміст СЗМЗ на 10, 20, 30, 40, 50 %, і становила, відповідно, 9,8 %, 10,7 %, 11,6 %, 12,5 і 13,4 % СЗМЗ. Кількість білка підвищилась, відповідно, на 3,4, 3,7, 4,1, 4,4, 4,8 %. Отриману суміш нагрівали до температури 40 °С, очищували, нагрівали до 65 °С, гомогенізували при тиску  $P=(15\pm 2)$  МПа. Суміш стерилізовану при  $(121\pm 2)$  °С з витримкою  $(15\pm 5)$  хв., охолоджували до  $(37\pm 1)$  °С і заквашували 5,0 % закваски у вигляді консорціуму біфідобактерій із концентрацією  $1\cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>. Контролем було знежирене стерилізоване молоко заквашене консорціумом біфідобактерій у тій же кількості, але без додавання СЗМ. Процес ферментації проводили до рН 4,6.

Тривалість утворення згустку у контрольному зразку з вмістом СЗМЗ 8,95 % становить в середньому 23...24 год. При підвищенні масової частки СЗМЗ у молоці тривалість утворення згустків скорочується на 2–3 год., але при вмісті СЗМЗ більше 15 % отримані згустки розпадалися з відділенням сироватки.

Отже, проведені дослідження засвідчили, що забезпечити необхідні органолептичні і реологічні властивості, притаманні молочним десертам, тільки за рахунок підвищення масової частки СЗМЗ у молоці неможливо. Погіршенню якості десертних ферментованих продуктів можна запобігти за рахунок стабілізаторів, використання яких дозволить усунути необхідність подальшого підвищення вмісту СЗМЗ у молоці.

Якість та властивості кисломолочних згустків значною мірою залежать від співвідношення біфідо- і лактобактерій. Підвищення у складі закваски кількості біфідобактерій призводить до зниження в'язкості кисломолочних згустків, продовження процесу сквашування і погіршення органолептичних властивостей. Збільшення вмісту лактобактерій підвищує кислотність і погіршує ріст і розвиток біфідобактерій.

Досліджено вплив сумісного використання консорціумів біфідо- і лактобактерій на енергію кислотоутворення і кількість життєздатних клітин біфідобактерій в отриманих згустках. Знежирене молоко підігрівали до температури 40–45 °С, нормалізували за вмістом СЗМЗ до рівня 12,5 % за допомогою СЗМ. Використання СЗМ забезпечує покращення консистенції ферментованих молочних продуктів і стримує процес синерезису утворених згустків. Подальшу технологічну обробку отриманої молочної основи проводили при технологічних режимах наведених раніше. Заквашення проводили композицією консорціумів біфідо- і лактобактерій, взятих у кількості  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> і співвідношенні 2:1.

Результати дослідження впливу консорціумів адаптованих лакто- і біфідобактерій та комбінації на енергію кислотоутворення і присутність життєздатних клітин мікроорганізмів у згустку протягом 6 год. ферментації наведено у табл. 3.

Таблиця 3  
Технологічні властивості дослідних композицій мікроорганізмів ( $n=3$ ,  $P=0,95$ )

| Використані мікроорганізми  | Активна кислотність, рН | Енергія кислотоутворення за час ферментації, °Г | Кількість життєздатних клітин у згустку, Lg КУО/см <sup>3</sup> |               |
|---|-------------------------|---|---|---------------|
|   |                         |   | біфідобактерій  | лактобактерій |
| Консорціум лактобактерій ( <i>Lb. acidophilus</i> + <i>S. thermophilus</i> ) (1:1)                  | 4,5±0,2                 | 73±0,5  | –   | 7,2±0,2       |
| Консорціум біфідобактерій ( <i>B. bifidum</i> + <i>B. longum</i> + <i>B. adolescentis</i> ) (1:1:1) | 4,7±0,2                 | 66±0,3  | 8,9±0,2   | –             |

|  |         |        |         |         |
|--|---------|--------|---------|---------|
| Композиція використаних консорціумів біфідобактерій та лактобактерій (2:1) | 4,6±0,2 | 69±0,5 | 9,5±0,3 | 8,0±0,2 |
|--|---------|--------|---------|---------|

Встановлено, що при використанні композиції консорціумів лакто- і біфідобактерій, енергія кислотоутворення, порівняно з консорціумом біфідобактерій, зростає. Але порівняно з консорціумом лактобактерій зменшується, що є сприятливим явищем для росту біфідобактерій.

Важливою характеристикою штамів пробіотичних бактерій, які використовуються при виробництві функціональних продуктів, є антагоністична дія по відношенню до патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. В умовах *in vitro* досліджено антагоністичну активність консорціумів штамів біфідо- і лактобактерій та композиції. Для визначення антагоністичної активності використали тест-культури патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *B. subtilis*.

Аналіз антагоністичної активності дослідних зразків проводили, використовуючи метод лунок. В чашках Петрі контролювали розміри зон пригнічення росту патогенних і умовно-патогенних тест-культур при внесенні створених консорціумів і композиції (табл. 4).

Таблиця 4

Антагоністична активність консорціумів біфідо- та лактобактерій (n=3, P=0,95)

| Композиції мікроорганізмів  | Зона пригнічення росту тест-культур, мм |                    |                      |
|---|---|--------------------|----------------------|
|   | <i>E. coli</i>                          | <i>P. vulgaris</i> | <i>Bac. subtilis</i> |
| Консорціум біфідобактерій ( <i>B. bifidum</i> + <i>B. longum</i> + <i>B. adolescentis</i> ) | 22,1                                    | 18,6               | 31,3                 |
| Консорціум лактобактерій ( <i>L. acidophilus</i> + <i>S. thermophilus</i> )                 | 20,2                                    | 17,4               | 28,6                 |
| Композиція консорціумів біфідо- та лактобактерій (2:1)                                      | 26,7                                    | 23,3               | 35,8                 |

Отримані дані свідчать, що антагоністична активність консорціуму біфідобактерій вища, ніж консорціуму лактобактерій. При спільному використанні мікроорганізмів антагоністична активність підвищується. Це свідчить про можливість використання отриманої композиції з біфідо- і лактобактерій при виготовленні молочних десертних ферментованих продуктів функціональної спрямованості.

Використання комплексних заквасок на основі композиції пробіотичних мікроорганізмів дає можливість отримати продукт з великою кількістю життєздатних клітин біфідобактерій і значною антимікробною активністю.

Отримані результати сумісного використання підібраних консорціумів біфідо – і лактобактерій є інноваційним підходом до створення молочних десертних ферментованих продуктів функціонального призначення.

## **5. 2. Визначення зміни фізико-хімічних властивостей продукту в процесі біоферментації в присутності структуроутворювачів**

Для надання десертним ферментованим продуктам властивостей притаманних пастам та пудингам, використали гідроколоїди. Використання гідроколоїдів дозволяє отримати необхідну структуру, забезпечити певну вологість, попередити розшарування біфідогенних кисломолочних продуктів при використанні фруктових збагачувачів.

*In vitro* проведено дослідження з визначення раціональної концентрації пектину яблучного як стабілізатора, який має пребіотичні властивості і є поживним середовищем для росту власної нормальної мікрофлори кишкового тракту людини. Крім того пектиновим речовинам притаманні детоксикуючі та радіопротекторні властивості. Встановлено, що в присутності пектину підвищується активність протеолітичних ферментів і покращується процес перетравлення [18]. Досліджено вплив пектину на розвиток біфідобактерій і на фізико-хімічні властивості отриманих кисломолочних згустків.

Наважки пектину від 0,1 до 0,5 % в окремі ємності змішували з 0,1 % фруктози і додавали до невеликої кількості знежиреного молока. При постійному перемішуванні нагрівали до  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$  і витримували 5 хв. Охолоджену до  $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$  суміш додавали у нормалізоване за вмістом СЗМЗ молоко, нагрівали до температури  $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$  і очищували. Отриману суміш нагрівали до  $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ , гомогенізували при тиску  $P=(15 \pm 2)$  МПа, пастеризували при  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$  з витримкою 5...10 хв. і охолоджували до температури заквашування  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ .

В підготовлену суміш вносили 5 % закваски, яка містить  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> композиції біфідо- та лактобактерій, і витримували протягом 24 годин.

Після охолодження до  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  визначали вплив масової частки пектину на рН заквашеної молочної основи, вологозв'язуючу здатність і в'язкість отриманих структур. В якості контролю використали зразок без добавок пектину.

Встановлено, що титрована кислотність протягом першої години підвищується у контрольному і дослідному зразках на 6 і 7 °Т, відповідно. Протягом наступних двох годин різко зростає і досягає у контрольному зразку 55, у дослідному – 60 °Т. Починаючи з четвертої години у контрольних зразках відбувається інтенсивне наростання титрованої кислотності, яка майже досягає рівня титрованої кислотності дослідного зразка, наростання кислотності в якому уповільнюється внаслідок утворення комплексних структур між білком і пектином.

Через шість годин сквашування титрована кислотність дослідних зразків досягає 72 °Т, контрольних – 77 °Т. При подальшій витримці продукту, титрована кислотність дослідних зразків досягає  $(80 \pm 2)^\circ\text{T}$ , контрольних –  $(88 \pm 1)^\circ\text{T}$ . На п'яту годину у контрольному зразку відбувається утворення гелю, але консистенція згустків не настільки міцна, як в присутності пектину.

Перевірка вологоутримуючої здатності кисломолочних згустків методом центрифугування показала, що у дослідних зразках з добавками 0,3 % пектину,

вологоутримуюча здатність, порівняно з контролем, збільшується на 4,0 %. Різницю у вмісті води можна пояснити набуханням пектину, а також появою комплексних структур між молочним білком і пектином. Процес структуроутворення відбувається за рахунок електростатичних сил, водневих та гідروفобних зв'язків з утворенням трьохмірної просторової сітки, яка утримує вологу. Ефект стабілізації досягається також шляхом утворення додаткових водневих зв'язків між біополімерами за участю недисоційованих вільних карбоксильних груп.

Слід відзначити, що дослідні зразки з пектином краще відновлюють свою структуру після механічного перемішування, ніж контрольні, що пояснюється тиксотропними властивостями кисломолочного продукту. Пектин, як гідроколоїд, зв'язує вологу і утворює пружну структуру, але його надлишковий вміст у продукті здатний збільшити тривалість культивування на кілька годин.

Результати дослідження впливу пектину на процес розвитку біфідобактерій у нормалізованій за СЗМЗ молочній основі засвідчили, що пектин активізує розвиток біфідобактерій в процесі ферментації. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій в кисломолочних згустках збільшується з  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> до  $0,5 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>, порівняно з контролем, в якому кількість біфідобактерій зростає тільки до  $1 \cdot 10^7$  КУО/см<sup>3</sup>.

В присутності пектину від 0,4 до 0,5 %, утворюється неоднорідна щільна консистенція і відчувається присмак пектину. Тому кількість пектину, яку доцільно використовувати, обмежили 0,3 %.

При виробництві кисломолочних продуктів з драгледоподібною консистенцією і глянцевою поверхнею використовується модифікований крохмаль за ДСТУ 4286:2004, який відноситься до нейтральних полісахаридів. Проведено дослідження з визначення раціональної кількості добавки модифікованого крохмалю, яка дозволить отримати структуру притаманну молочним десертам типу паст і пудингів.

Наважки крохмалю від 1,0 до 5,0 г заливали чотирикратною кількістю нагрітого до 30 °С знежиреного молока, ретельно перемішували і витримували 1 годину для набухання. Отриману суміш, перемішуючи нагрівали до  $(85 \pm 2)$  °С для повного розчинення крохмалю і охолоджували до температури змішування з нормалізованим молоком  $(55 \pm 2)$  °С. У підготовлену до заквашування суміш вносили 5 % закваски, яка містить  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> композиції біфідо- та лактобактерій і витримували 24 години. Після охолодження до  $(4 \pm 2)$  °С визначали вологоутримуючу здатність, кислотоутворення та в'язкість отриманих структур. В якості контролю використали сквашену молочну основу без крохмалю. Встановлено, що найкращі вологоутримуючі властивості спостерігаються в присутності 5,0 % крохмалю. Вологоутримуюча здатність сквашеної молочної основи порівняно з контролем підвищується майже на 20 %, але продукт має недостатньо однорідну консистенцію. Крохмаль впливає на кислотоутворюючу здатність дослідних зразків. Кислотність у контрольних зразках досягає майже 88 °Т, а з 5,0 % крохмалю – не перевищує 76 °Т. Крохмаль як нейтральний гідроколоїд безпосередньо не впливає на процес бродіння, але зв'язує вологу і підвищує в'язкість, що перешкоджає розвитку заквашувальних культур і уповільнює процес бродіння.



Динамічна в'язкість дослідних зразків з використанням крохмалю, яку визначали за допомогою ротаційного віскозиметра «Reotest-2», зростає з  $12 \cdot 10^{-3}$  до  $25 \cdot 10^{-3}$  Па·с. При використанні 5,0 % крохмалю відчувається його присмак, тому кількість крохмалю обмежили 4 %.

Процес гомогенізації спрямований на роздроблення міцел казеїну до субміцел, а молочного жиру – до кульок діаметром менше 1,0 мкм [19]. Вибір оптимального режиму гомогенізації здійснювали за показником відстою жирової фракції після гомогенізації при температурах 55–75 °С та тиску –10 –15 МПа. Експериментально встановлено, що оптимальним режимом гомогенізації молочної основи, ефективність якого досягає 85 %, є температура 65 °С і тиск 15 МПа. Ефективність гомогенізованої молочної основи з стабілізаторами при температурі пастеризації 65 °С і тиску –15 МПа досягає 97–98 %.

На молокопереробних підприємствах використовують досить жорсткі режими пастеризації. Це обумовлено високим бактеріальним забрудненням сировини і необхідністю отримати продукт з терміном зберігання менше 7 діб. Режим пастеризації повинен сприяти повному знищенню патогенних мікроорганізмів, максимально знищувати сапрофітну мікрофлору та забезпечувати мінімальну зміну основних біологічно цінних компонентів продукту.

Проведено дослідження ефективності пастеризації синбіотичного продукту та визначено кількісний і якісний склад мікрофлори після пастеризації за режимами (85±2) °С, (90±2) °С, (92±2) °С. У дослідних зразках визначали вміст колонієутворюючих МАФAM, БГКП та термостійких мікроорганізмів (табл. 5).

Таблиця 5

Ефективність теплової обробки залежно від режиму пастеризації ( $n=3$ ,  $P=0,95$ )

| Режим пастеризації                                  | Ефективність пастеризації, % |             |          |
|---|------------------------------|-------------|----------|
|   | МАФAM                        | Термостійкі | БГКП     |
| $t=(85\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , $\tau=2$ хв. | 99,43                        | 99,12       | відсутні |
| $t=(90\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , $\tau=2$ хв. | 99,98                        | 99,96       | відсутні |
| $t=(92\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ , $\tau=2$ хв. | 99,99                        | 99,99       | відсутні |

З підвищенням температури пастеризації з (85±2) °С до (90±2) °С кількість колонієутворюючих МАФAM зменшується майже у 100 разів, термостійких мікроорганізмів – у 20, БГКП – у 3 рази. При підвищенні температури пастеризації до (92±2) °С, кількість всіх мікроорганізмів скорочується в два рази. Тобто вирішальний вплив температури на мікрофлору синбіотичного продукту відбувається при температурі пастеризації (90±2) °С. Застосування високотемпературної пастеризації при температурі (90±2) °С і (92±2) °С з витримкою 2 хв. дозволяє гарантувати безпечність пастеризованої молочної суміші. Залишкова мікрофлора при високотемпературній пастеризації дослідних зразків представлена споровими мікроорганізмами, які з біохімічної точки зору мало активні, і при температурах зберігання (4±2) °С не розвиваються. Ефективність пастеризації синбіотичних продуктів при температурі (90±2) °С і (92±2) °С з витримкою 2 хв. майже не відрізняються, тому пастеризацію проводили при температурі (90±2) °С з витримкою 2 хв.

Досліджено розвиток біфідобактерій, а також структурно-механічні властивості молочної основи для десертної продукції в присутності використаних біфідостимуляторів і структуроутворювачів. Контрольними зразками були кисломолочні згустки, отримані ферментацією нормалізованого за СЗМЗ і жиром молока без використання біфідостимуляторів і стабілізаторів структури. Підготовлені розчини стабілізаторів перед внесенням до молочної основи змішували при  $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ . У нормалізоване за СЗМЗ і жиром молоко додавали суміш підготовлених біфідостимуляторів та стабілізаторів у попередньо встановленій раціональній кількості. Отриману суміш очищували, нагрівали при перемішуванні до  $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ , гомогенізували при тиску  $P=(15 \pm 2)$  МПа і пастеризували при  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$   $\tau=2$  хв. Охолоджену до  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  суміш заквашували адаптованою композицією біфідо- та лактобактерій у кількості 5 % з вмістом мікроорганізмів  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> і витримували протягом 6 год.. Закінчення процесу ферментації визначали за показниками титрованої і активної кислотності. В охолоджену до  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$  продукті визначали вплив використаних біфідостимуляторів і стабілізаторів на розвиток пробіотиків, титровану, активну кислотність та фізико-хімічні властивості.

Процес гелеутворення починається на третій і майже закінчується на п'ятій годині процесу ферментації. Тривалість lag- фази при ферментації десертних продуктів з гелеподібною структурою становить 1 годину, що свідчить про правильно визначений склад і кількість використаних біфідостимуляторів. Найбільш різке підвищення титрованої і зниження активної кислотності відбувається з третьої по п'яту годину ферментації. Титрована кислотність дослідних зразків через шість годин ферментації становить  $72^\circ\text{T}$ , контрольних –  $85^\circ\text{T}$ , активна кислотність, відповідно, – 4,7 і 4,5. Кількість життєздатних клітин біфідобактерій в кисломолочних згустках після 6 год ферментації збільшується з  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> до  $2,5 \cdot 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup>, порівняно з контролем, в якому кількість біфідобактерій зростає до  $2 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>.

В'язкість продуктів визначали за допомогою віскозиметра «Reotest-2» (градієнт швидкості зсуву  $Dr=0,3333 \text{ c}^{-1}$ ). Встановлено, що процес структуроутворення при ферментації десертного продукту на молочній основі майже закінчується при досягненні в'язкості  $1,65 \cdot 10^2$  Па·с.

Важливою складовою будь-якого продукту виступають смакові наповнювачі, які не тільки формують органолептичні властивості, але й збагачують продукти біологічно-активними інгредієнтами – вітамінами, мінеральними речовинами, поліфенолами, підвищують опір організму несприятливим умовам навколишнього середовища. В якості збагачувачів найчастіше використовують плодово-ягідні соки або сиропи, які рівномірно розподіляються по всьому об'єму продукту. При виготовленні кисломолочних продуктів функціональної спрямованості доцільно використовувати тільки соки прямого віджиму з вітамінів, поліфенолів, мінеральних речовин тощо.

Складність використання плодово-ягідних збагачувачів пов'язана з тим, що внесення добавок до процесу заквашування може порушити процес ферментації молочної основи, змінити колір, смак і реологічні властивості готової продукції, що позначається на тривалості зберігання готової продукції. Експериме-

нтально доведено, що виробництво десертних ферментованих продуктів доцільно проводити термостатним способом, а плодово-ягідні збагачувачі краще вносити після заквашування під час процесу перемішування.

### **5. 3. Розробка технології десертних ферментованих продуктів з біфідогенними властивостями**

На основі результатів проведених досліджень розроблено рецептуру і технологію виробництва десертних ферментованих продуктів на молочній основі з плодово-ягідним збагачувачем (рис. 3).

Стійкість продукту до синерезису і рівень його в'язкості впливають на стабільність структури кисломолочних десертних продуктів і тривалість зберігання. Необхідно враховувати, що плодово-ягідні наповнювачі мають низьку кислотність (рН 2,9–3,6), що може призвести до ущільнення сітки білкового гелю, порушенню структури десертних продуктів і виникненню синерезису. Присутність стабілізаторів запобігає процесу синерезису в результаті утворення колоїдних агрегатів між білками молока і молекулами гідроколоїдів. Крім того, для попередження синерезису і підтримки рН середовища використано добавку солі лимоннокислого натрію трьохзаміщеного у кількості 0,12 %.

Напівфабрикати плодово-ягідних соків без м'якоті перед внесенням у ферментований продукт, піддавали тепловій обробці при 70–80 °С протягом 20 хв. і охолоджували до температури (37±1) °С. При використанні соків з м'якоттю напівфабрикати соку протирали, гомогенізували, пастеризували при 80–85 °С протягом 20 хв.. охолоджували до температури (37±1) °С і використовували для виробництва десертних продуктів. Кисломолочні продукти найбільш вдало сполучаються з малиновим, вишневим, журавлиним, полуничним, порічковим, абрикосовим соками.

Досліджено фізико-хімічні властивості отриманих кисломолочних десертних продуктів з полуничним збагачувачем і без нього (контроль) відразу після охолодження до температури зберігання (3±1) °С (табл. 7).

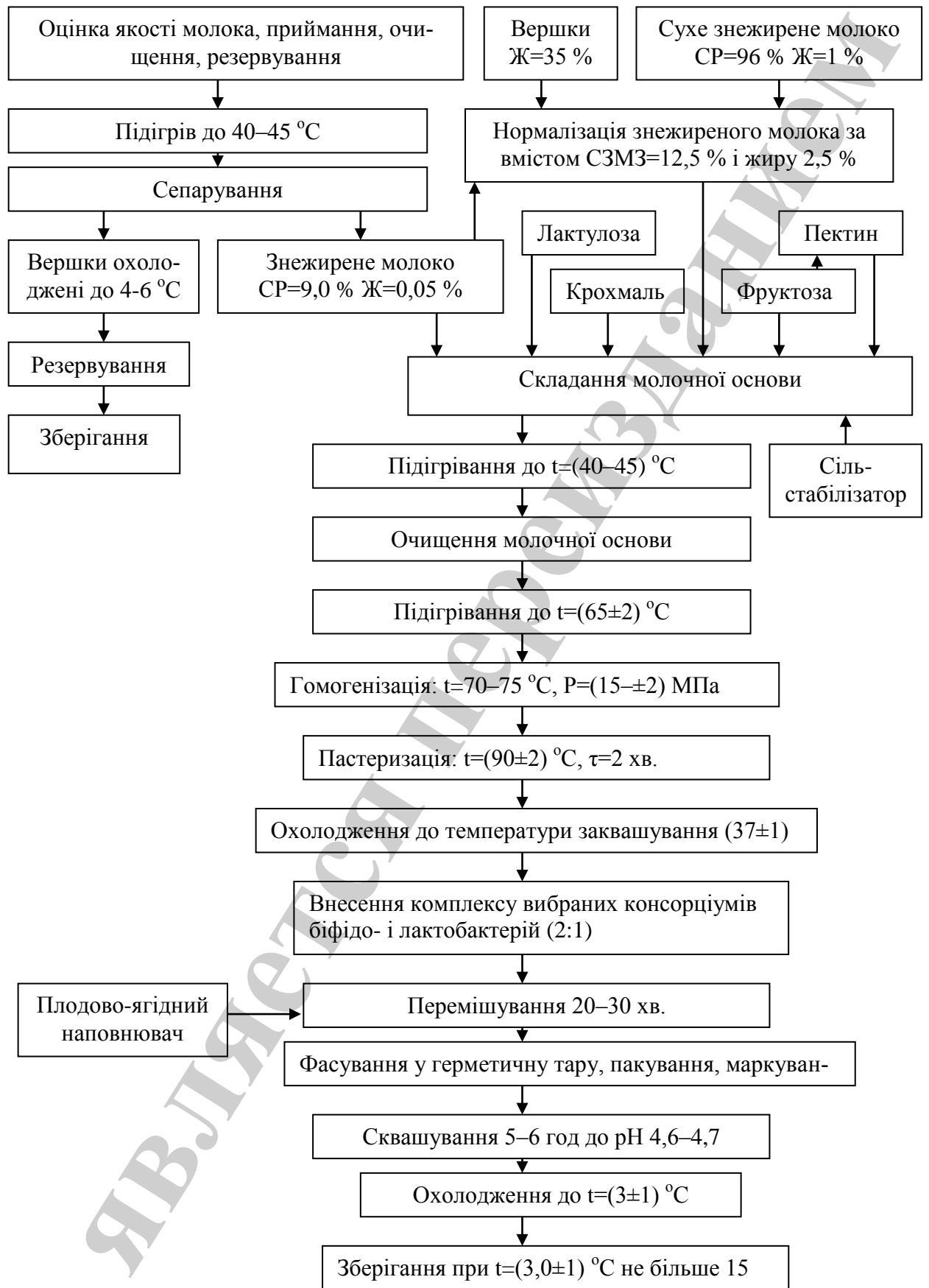


Рис. 3. Технологічна схема виробництва десертних ферментованих продуктів

Таблиця 7

Характеристика десертних продуктів з плодово-ягідним збагачувачем ( $n=3$ ,  $P=0,95$ )

| Показники  | Десертні продукти |          |
|--|-------------------|----------|
|  | Контроль          | Дослід   |
| Активна кислотність, од. рН  | 4,5±0,1           | 4,67±0,1 |
| Титрована кислотність, °Т  | 77,5±0.2          | 75.2±0.2 |
| Кількість життєздатних клітин біфідобактерій, Lg КУО/см <sup>3</sup> | 9,2±2             | 9,8±2    |
| Час утворення згустку, год.  | 5,0±0,5           | 5,5±0,5  |
| В'язкість, $\eta \cdot 10^3$ , Па·с                                  | 1,89±0,2          | 1,93±0,2 |
| Синерезис, см <sup>3</sup>   | немає             | немає    |

Представлені дані свідчать, що в контрольних зразках згустки утворюються швидше, ніж у дослідних. Активна кислотність згустків дослідних зразків вища, ніж у контролі, в той час як титрована кислотність вища у контрольних зразках.

Кількість життєздатних клітин біфідобактерій у зразках з плодово-ягідними соками вище, ніж у контролі, синерезис у всіх зразках продуктів відсутній. Процес формування згустків відбувається протягом 5–6 годин. Отримані згустки синбіотичного продукту щільні, консистенція однорідна, ніжна, драгледоподібна, в міру в'язка. Смак чистий, приємний, з кольором, присмаком і запахом полуничного збагачувача.

Для впливу на стан мікрофлори у кишковнику, кількість пробіотиків у складі кисломолочних ферментованих продуктів повинна досягти мінімального рівня –  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Технологічною особливістю виробництва десертних ферментованих продуктів є процес структуроутворення, який відбувається при охолодженні готового продукту до температури 4–6 °С протягом 6–8 годин.

Десертні продукти зберігали при температурі (4±2) °С протягом 25 діб для визначення оптимального строку придатності для харчування. Контролювали органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні і реологічні показники на момент утворення згустку і через 5, 10, 15, 20 і 25 діб (табл. 8).

Таблиця 8

Характеристика органолептичних показників ферментованих десертних продуктів залежно від тривалості зберігання ( $n=3$ ,  $P=0,95$ )

| Показники                                       | Тривалість зберігання, діб   |   |    |                                   |    |    |
|---|--|---|----|-----------------------------------|----|----|
|   | Свіжовиготовлений  | 5 | 10 | 15                                | 20 | 25 |
| Десертний продукт на молочній основі (контроль) |  |   |    |                                   |    |    |
| Смак і запах                                    | Чистий, кисломолочний, без сторонніх запахів і присмаку                          |   |    |                                   |    |    |
| Колір   | Білий з кремовим відтінком, однорідний по всій масі                              |   |    |                                   |    |    |
| Консистенція і зовнішній вигляд                 | Однорідна, в'язка, желююча маса, без відділення сироватки, з глянцевою поверхнею |   |    | З незначним відділенням сироватки |    |    |

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
| Десертний продукт на молочній основі з плодово-ягідним збагачувачем |  |                                   |
| Смак і запах  | Чистий, кисломолочний, в міру солодкий, з ароматом і присмаком наповнювача       |                                   |
| Колір   | Від блідо-рожевого до рожевого, рівномірний по всій масі                         |                                   |
| Консистенція і зовнішній вигляд                                     | Однорідна, в'язка, желююча маса, без відділення сироватки, з глянцевою поверхнею | З незначним відділенням сироватки |

Встановлено, що протягом 15 діб зберігання наростання кислотності відбувається рівномірно в контрольних і дослідних зразках, виготовлених з плодово-ягідним збагачувачем. Протягом наступних п'яти діб активна кислотність різко знижується до рівня рН в середньому 4,5, а титрована кислотність зростає до 86...89 %.

При подовженні терміну зберігання до 25 діб активна кислотність контрольних зразків знижується. У дослідних зразках наростання кислотності уповільнюється, що пояснюється скороченням вмісту вільних іонів водню внаслідок приєднання молекул води до гідроколоїдів. Протягом 10 діб зберігання кількість життєздатних клітин біфідобактерій майже не змінюється і становить у дослідних зразках  $1,5 \cdot 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup>, контролі –  $7,5 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>. У наступні 5 діб починається поступове відмирання клітин біфідобактерій, але кількість життєздатних клітин у продуктах залишається на високому рівні – у дослідних зразках  $9,5 \cdot 10^9$ , контролі –  $4,2 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>.

Встановлено, що структура контрольних зразків десертів залишається незмінною протягом 15 діб, дослідних – 20 діб, після чого починається незначне відділення вологи. Через 25 діб синерезис дослідного продукту становить 1,2 см<sup>3</sup>. Пробиотичні властивості дослідних і контрольних зразків протягом 20 діб зберігання знаходяться на рівні  $6,3 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>, контролю –  $0,8 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>. Оптимальний термін зберігання десертних продуктів без зміни реологічних властивостей обмежили строком 15 діб. Розроблена технологія виробництва кисломолочних десертів з біфідогенними властивостями пройшла промислову апробацію на Літинському молочному заводі.

## **6. Обговорення результатів досліджень з розробки технології виробництва ферментованих кисломолочних десертів**

В процесі роботи досліджено штами молочнокислих бактерій, які здатні розвиватися в молоці, мають високу активність до зброджування лактози та протеолізу білків молока. Визначено штами молочнокислих бактерій стійких до інгібіторів розвитку у кишково-шлунковому тракті, під час зберігання і використання.

Складність виробництва кисломолочних продуктів з біфідогенними властивостями пов'язана з пошуком штамів і консорціумів молочнокислих бактерій. Необхідністю визначення умов для максимального виживання і збереження активності біфідобактерій в залежності від рецептурного складу кисломолочних продуктів і використаних пребіотиків.

При використанні композиції заквасочних культур з консорціумів біфідобактерій (*B. bifidum* + *B. longum* + *B. adolescentis*) і лактобактерій (*L. acidophilus* + *S. thermophilus*) у співвідношенні 2:1 енергія кислотоутворення композиції зростає порівняно з консорціумом біфідобактерій на 5,3 %. Використання біфідостимуляторів – фруктози, лактулози та інуліну – стимулюють ріст і розвиток біфідобактерій на 8,5 %, 12,2 % і 15,8 %, відповідно.

Збільшення у молочній основі сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) до 12,5 % скорочує тривалість утворення згустків на 2–3 год., а також стимулює розвиток біфідобактерій. При використанні молочної основи з вмістом СЗМЗ 12,5 % ріст життєздатних клітин біфідобактерій порівняно з контролем підвищується на 19 %.

Компонентний склад стабілізуючої системи, яка містить 0,3 % пектину і 4.0 % крохмалю, сприяє збільшенню кількості життєздатних клітин біфідобактерій в десертних продуктах з  $1 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup> до  $1 \cdot 10^8$  КУО/см<sup>3</sup> та дозволяє отримати однорідну драглеподібну структуру з глянцевою поверхнею, притаманну пастам і пудингам.

Обґрунтовано технологічні параметри виробництва десертних ферментованих продуктів: гомогенізація –  $t=65$  °С,  $P=15$  МПа. пастеризація –  $t=(90 \pm 2)$  °С,  $\tau=2$  хв., температура та тривалість зберігання  $t=(3 \pm 1)$  °С,  $\tau=15$  діб, які забезпечують отримання десертних ферментованих продуктів високої якості з вмістом життєздатних клітин біфідобактерій  $1 \cdot 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> та в'язкістю  $(1,75 \pm 0,2) \cdot 10^3$  Па·с. В присутності плодово-ягідних наповнювачів продукти набувають приємного смаку і забарвлення, збагачуються вітамінами поліфенолами, мінеральними речовинами, розчинними і нерозчинними харчовими волокнами тощо. При зберіганні протягом 15 діб при температурі  $(3 \pm 1)$  °С титрована кислотність десертів збільшується до 82 °Т, в'язкість незначно підвищується за рахунок утворення нових водневих зв'язків і ущільнення структури.

Отримані результати досліджень відкривають можливість тривалого зберігання і використання кисломолочних десертів з високою активністю біфідобактерій. Робота з пошуку можливості використання встановлених консорціумів з різноманітними біологічно цінними наповнювачами буде продовжена.

## 5. Висновки

1. Комплексні закваски на основі консорціумів пробіотичних біфідо- і лактобактерій різних таксономічних груп більш стійкі до несприятливих факторів середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками виготовленими з використанням чистих монокультур. Додатки фруктози та лактулози стимулюють ріст і розвиток біфідобактерій.

2. Використання пектину і крохмалю в якості стабілізуючої системи дозволяє збільшити кількість життєздатних клітин біфідобактерій і отримати консистенцію, притаманну пастам та пудингам.

3. Використання плодово-ягідних збагачувачів сприяє розвитку біфідо- і лактобактерій, пришвидшує утворення кисломолочних згустків. Оптимальний термін зберігання ферментованих десертних продуктів при температурі  $(3 \pm 1)$  °С не більше 15 діб.

## Література

1. Roberfroid M. B. Global view on functional foods: European perspectives // *British Journal of Nutrition*. 2002. Vol. 88, Issue S2. P. S133–S138. doi: <https://doi.org/10.1079/bjn2002677>
2. Roberfroid M. B. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000. Vol. 71, Issue 6. P. 1682S–1687S. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682s>
3. Rolfe R. D. The Role of Probiotic Cultures in the Control of Gastrointestinal Health // *The Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130, Issue 2. P. 369S–402S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.396s>
4. Shah N. P. Probiotic Bacteria: Selective Enumeration and Survival in Dairy Foods // *Journal of Dairy Science*. 2000. Vol. 83, Issue 4. P. 894–907. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)74953-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74953-8)
5. Sanders M. E. Considerations for Use of Probiotic Bacteria to Modulate Human Health // *The Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130, Issue 2. P. 384S–390S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.384s>
6. Ботина С. Г. Штаммы *Streptococcus thermophilus*, ферментующие галактозу // *Молочная промышленность*. 2008. № 4. С. 54–56.
7. Richardson D. P. Functional Food and Health Claims // *The world of Functional ingredients*. 2002. Vol. 9. P. 12–20.
8. Schrezenmeir J., de Vrese M. Probiotics, prebiotics, and synbiotics – approaching a definition // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2001. Vol. 73, Issue 2. P. 361s–364s. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.361s>
9. Пробиотики на основе живых культур / Смирнов В. В., Коваленко Н. К., Подгорный В. С., Сорокулова И. Б. // *Микроб. журн.* 2002. Т. 64, № 4. С. 62–80.
10. Kailasapathy K., Chin J. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. // *Immunology and Cell Biology*. 2000. Vol. 78, Issue 1. P. 80–88. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1711.2000.00886.x>
11. Танащук С. В., Савченко О. А., Подосинников А. Р. Основные характеристики лактулозы, как функционального ингредиента // *Молочное Дело*. 2005. № 9. С. 38–39.
12. Ярощук О. А., Овчарова Г. П., Донченко Л. В. Фруктовые десерты с пектином на основе молочной сыворотки // *Переработка молока*. 2007. № 12. С. 14–15.
13. Семенихина В. Ф., Рожкова И. В., Бегунова А. В. Технологические аспекты использования бифидобактерий при производстве кисломолочных продуктов // *Молочная промышленность*. 2009. № 12. С. 9–11.
14. Комплексная система пребиотически-сорбционной направленности / Храмцов А. Г., Садовой В. В., Самылина В. А. и др. // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005. № 4. С. 40–42.
15. Дідух Н. А., Могилянська Н. О., Власенко О. В. Симбіотичний комплекс для виробництва ацидофільних кисломолочних продуктів з підвищеними



функціональними властивостями // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2009. Т. 2, Вип. 36. С. 129–133.

16. Наследова Л. Ф. Еще раз о лактулозе // Молочная промышленность. 2009. № 9. С. 68–69.

17. Технологическая платформа отечественного пребиотика лактулозы / Храмцов А. Г., Евдокимов И. А., Рябцева С. А., Кожевникова О. Н. // Молочная промышленность. 2009. № 12. С. 53–56.

18. Полянский К. К., Глаголева В. Э., Ряховский Ю. В. Пищевые волокна в молочных продуктах // Молочная промышленность. 2001. № 6. С. 41.

19. Станкевич Г. М., Дідух Г. В. Оптимізація параметрів гомогенізації молочно-жирових сумішей для геродієтичних напоїв // Харчова наука і технологія. 2009. № 2. С. 69–71.

Тільки для читання