

Присвячується 50-річчю започаткування
інженерної біотехнологічної освіти в Україні



Пирог Т.П., Антонюк М.М.,
Скроцька О.І., Кігель Н.Ф.

ХАРЧОВА БІОТЕХНОЛОГІЯ

У 1966 р. у Київському технологічному інституті харчової промисловості (нині Національний університет харчових технологій) вперше в Україні було започатковано підготовку інженерів-біотехнологів. За 50 років підготовлено понад 2500 біотехнологів, які успішно працюють на підприємствах біотехнологічної, фармацевтичної, харчової промисловості, а також в наукових закладах та установах не тільки в Україні, а й за її межами.

Нині на кафедрі працюють 4 доктори і 15 кандидатів наук, 2 лауреати Державної премії України в галузі науки і техніки, 2 лауреати Премії Президента для молодих вчених і 2 лауреати Премії Верховної Ради України для молодих вчених. Кафедра біотехнології і мікробіології була піонером і на сьогодні залишається лідером інженерної біотехнологічної освіти в Україні (детальніша інформація на сайті www.btec.com.ua).



ПЕРЕДМОВА	
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
1.1. Молочні ферментовані продукти та промислові заквашувальні культури для їх одержання	
1.1.1. Загальна характеристика ферментованих молочних продуктів	
1.1.2. Мікробіота ферментованих молочних продуктів та її функції	
1.1.3. Створення заквашувальних культур	
1.1.4. Промислове виробництво та консервування комерційних заквашувальних культур	
1.1.5. Особливості застосування заквашувальних культур	
1.2. Ферментовані м'ясні вироби	
1.2.1. Види ферментованих м'ясних виробів	
1.2.2. Мікробіота ферментованих м'ясних продуктів та її властивості	
1.2.3. Характеристика промислових стартових культур для ферментації м'яса	
1.2.4. Біотехнології ферментованих м'ясних продуктів	
1.3. Хлібобулочні вироби	
1.3.1. Закваски та рідкі дріжджі як біологічні розпушувачі хліба	
1.3.2. Рецептури і режими приготування напівфабрикатів хлібопекарського виробництва	
1.4. Алкогольні та слабоалкогольні напої	
1.4.1. Спирт	
1.4.1.1. Характеристика основних рас спиртових дріжджів	
1.4.1.2. Особливості одержання виробничих дріжджів	
1.4.2. Вино	
1.4.2.1. Характеристика основних рас винних дріжджів	
1.4.2.2. Особливості одержання виробничих дріжджів	
1.4.3. Пиво	
1.4.3.1. Характеристика основних рас пивних дріжджів	
1.4.3.2. Особливості одержання виробничих дріжджів	
1.4.4. Інші національні напої	
1.5. Безалкогольні напої та соки	

1.5.1. Квас	
1.5.2. Соки	
1.6. Ферментовані продукти рослинного походження	
1.6.1. Квашені плоди та овочі.....	
1.6.2. Чай.....	
1.6.3. Кавові боби	
1.6.4. Какао-боби.....	
1.6.5. Продукти із сої	
1.6.6. Інші національні продукти	
1.7. Одержання вільних від глютену харчових продуктів	
1.7.1. Характеристика безглютенових продуктів бродіння	
1.7.2. Мікробіота безглютенових заквасок.....	
1.7.3. Особливості технології безглютенових продуктів	
<i>Контрольні запитання</i>	

РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕНТІВ МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

2.1. Хлібопекарське виробництво	
2.2. Пивоваріння.....	
2.3. Виноробство	
2.4. Виробництво спирту	
2.5. Виробництво молочних продуктів.....	
2.6. Технології м'ясо- та рибопродуктів.....	
2.7. Перероблення плодів та овочів	
<i>Контрольні запитання</i>	

РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК.....

3.1. Характеристика біологічно активних добавок	
3.2. Світовий ринок біологічно активних добавок.	
3.3. Популярність біологічно активних добавок....	
3.4. Класифікація біологічно активних добавок	
3.5. Нутрицевтики.....	
3.6. Пробіотики	
3.6.1. Загальна характеристика	
3.6.2. Класифікація	
3.6.3. Пребіотики.....	
3.7. Парафармацевтики.....	
3.7.1. Загальна характеристика	
3.7.2. Класифікація	

3.7.3. Фітодобавки та біокоректори в харчовій промисловості	
3.8. Технологічні аспекти отримання біологічно активних добавок	
3.9. Законодавче регулювання обігу біологічно активних добавок	
3.9.1. Ключові проблеми у сфері обігу біологічно активних добавок	
3.9.2. Регулювання обігу біологічно активних добавок до їжі в країнах Європейського Союзу.....	
3.9.2.1. Наднаціональне регулювання обігу біологічно активних добавок у країнах ЄС	
3.9.2.2. Визначення «біологічно активна добавка до їжі»	
3.9.2.3. Вимоги до маркування біологічно активних добавок	
3.9.2.4. Нотифікація	
3.9.2.5. Максимально і мінімально допустимі рівні вмісту вітамінів і мінеральних речовин	
<i>Контрольні запитання</i>	

РОЗДІЛ 4. ПРОДУКТИ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ ЯК ХАРЧОВІ ДОБАВКИ

4.1. Класифікація харчових добавок	
4.2. Підсолоджувачі	
4.2.1. Характеристика деяких підсолоджувачів	
4.3. Підсилювачі смаку та запаху.....	
4.3.1. Загальна характеристика	
4.4. Консерванти та регулятори кислотності.....	
4.4.1. Загальна характеристика	
4.4.2. Рецептатура харчових виробів з використанням консервантів та регуляторів кислотності	
4.5. Антиоксиданти	
4.5.1. Загальна характеристика.....	
4.5.2. Рецептатура харчових виробів з використанням антиоксидантів	
4.6. Стабілізатори, емульгатори та згущувачі	
4.6.1. Загальна характеристика	
4.6.2. Рецептатура харчових виробів з використанням стабілізаторів, емульгаторів та згущувачів	
<i>Контрольні запитання</i>	

РОЗДІЛ 5. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК

5.1. Олігосахариди та поліюли	
5.1.1. Олігосахариди	
5.1.2. Поліюли	
5.2. Каротиноїди	
5.2.1. Лікопін	
5.2.2. Астаксантин	
5.2.3. Лютеїн	
5.3. Полімери	
5.3.1. Полісахариди	
5.3.2. Поліглутамінова кислота	
5.4. Білок одноклітинних	
5.4.1. Виробництво білка одноклітинних	
5.4.2. Застосування і токсикологія білка одноклітинних	
5.4.3. Білок одноклітинних на високоенергетичних субстратах	
5.4.4. Білок одноклітинних на промислових і сільськогосподарських відходах	
5.4.5. Білок одноклітинних із водоростей	
5.4.6. Економічні аспекти застосування білка одноклітинних	
5.5. Інші біологічно активні сполуки	
5.5.1. Гібереліни	
5.5.2. Мікробні поверхнево-активні речовини	
5.5.2.1. Наноемульсії на основі поверхнево-активних речовин	
5.5.3. 2-Фенілетанол	
5.5.4. Глюконова кислота	
5.5.5. Глутатіон	
5.5.6. D-Тагатоza	
5.5.7. n-Гідроксикорична кислота	
<i>Контрольні запитання</i>	

РОЗДІЛ 6. ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНІ ОРГАНІЗМИ В ХАРЧОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

6.1. Визначення поняття ГМО	
6.2. Досягнення сучасних біотехнологій для отримання модифікованих продуктів харчування	
6.2.1. Жирні кислоти	
6.2.2. Вуглеводи	
6.2.3. Вітаміни	
6.2.4. Мікро- та макроелементи	
6.2.5. Видалення алергенів та антинутрієнтів	
6.2.6. Стійкість до несприятливих факторів навколишнього природного середовища	

- 6.2.7. Поліпшення поживних якостей худоби та риби
- 6.3. Трансгенні рослини як джерело біологічно активних білків ветеринарного та медичного призначення
- 6.4. Ринок харчових продуктів, які містять ГМО...
- 6.5. Способи виявлення генетичної модифікації організмів
- Контрольні запитання*

РОЗДІЛ 7. БІОБЕЗПЕКА ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ

- 7.1. Позитивні та негативні аспекти використання ГМО
 - 7.1.1. Переваги ГМО
 - 7.1.2. Можливі ризики ГМО
- 7.2. Експертиза генетично модифікованих харчових продуктів
- 7.3. Українська законодавча база щодо регулювання ГМО
- 7.4. Практичне застосування законодавства щодо ГМО в Україні
- Контрольні запитання*

ЛІТЕРАТУРА.....

*«Поміж усіх сортів людської їжі у винятковому положенні знаходиться молоко як їжа приготована самою природою»
Лауреат Нобелівської премії І.П.Павлов*

РОЗДІЛ 1

ВИКОРИСТАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1.1. Молочні ферментовані продукти та промислові заквашувальні культури для їх одержання

1.1.1. Загальна характеристика ферментованих молочних продуктів

Ферментовані молочні продукти (*fermented milk products*) – сири, кисловершкове масло, сметана та кисломолочні напої [*fermented milk*] є важливим складником раціону харчування людей упродовж всього життя.

Асортиментний ряд ферментованих молочних продуктів надзвичайно широкий – від різноманітних кисломолочних напоїв до сирів та високожирних продуктів таких як кисловершкове масло. Популярність ферментованих молочних продуктів ґрунтується на їх високих смакових якостях та доведеному віками оздоровчому і, навіть, лікувальному впливу на організм споживачів.

Ферментовані молочні продукти є найліпшим джерелом усіх необхідних для людини харчових нутрієнтів. Білки ферментованих молочних продуктів знаходяться у денатурованому стані, що істотно полегшує засвоєння організмом людини. Ліпіди молока містять значну кількість ненасичених жирних кислот арахідонової, ліноленої і ліноленової. Мінерали, кальцій, фосфор, магній знаходяться у біодоступній формі, що є особливо важливим для дітей та людей похилого віку. Ферментовані молочні продукти містять значну кількість фізіологічно та технологічно важливих сполук: функціонально активних пептидів, антибіотичних речовин, в'язких екзополімерів, ароматичних сполук тощо.

Коли виникли ферментовані молочні продукти, точно невідомо, проте, безумовно, вони були пов'язані з одомашненням диких тварин. Стиль життя кочівників спонукав до винайдення способів збереження їх основного харчового продукту – молока – без втрат корисних властивостей, і в цьому їм допомогла сама Природа, подарувавши унікальну групу мікроорганізмів – **молочнокислі бактерії**. Поступово ферментовані молочні продукти були запозичені іншими общинами у результаті культурного обміну і розповсюдилися по всьому світу.

Перші кисломолочні продукти отримували в результаті спонтанного сквашування молока, перебіг якого залежав від збігу багатьох чинників таких як: географічних та кліматичних умов, виду домашніх тварин, від яких отримували молоко, харчових уподобань, стилю життя і релігійних поглядів. Це зумовило широкий спектр так званих *автентичних* (локальних) ферментованих молочних продуктів. Наприклад, кисломолочний напій *кумис*, який ще Гомер та Геродот описували як привілейований напій богів, був повсякденним харчовим продуктом тюркських народів. І сьогодні цей напій відомий під різними назвами в країнах Середньої Азії, Турції і Китаю. Традиційно кумис готують із кобилячого молока, хоча у деяких регіонах використовують молоко верблюдів та корів, додаючи опару з пшона, солоду та меду. Кумис вирізняється високою харчовою цінністю та високим ступенем засвоєння (на 98 %), приємним смаком та ароматом. Напій містить досить багато спирту – до 2–3 %. Його функціональний вплив на здоров'я настільки високий, що наприкінці XIX-го століття було створено оздоровчу систему – кумисотерапія, яка застосовується й донині. Кумис застосовують на ранній та середній стадії туберкульозу, гастритах, малокрів'ї.

Іншим не менш культовим є кавказький кисломолочний напій *кефір*, що характеризується пінкою консистенцією, щипким освіжаючим смаком і специфічним ароматом. Через високий рівень газоутворення він отримав назву «молочне шампанське». Таємниця виготовлення кефіру надзвичайно ретельно оберігалася карачаївцями і лише на початку XX-го століття цей напій став відомим за межами Кавказу. Кефір і сьогодні у гірських селах Кавказу отримують за традиційним

методом, сквашуючи молоко кіз або овець у бурдюках. Популярність кефіру зростає завдяки його високому оздоровчому впливу на організм людини при розладах травної системи, діабеті, панкреатиті, ожирінні, бронхіальній астмі та інших функцій і цей перелік постійно поповнюється новими даними. Все це дало змогу віднести кефір до комплексних пробіотиків.

Теплий клімат Середземномор'я та молоко з підвищеним вмістом білка були сприятливими для появи йогурту та подібних до нього продуктів зі щільною густою консистенцією, високою кислотністю та специфічним смаком.

Характерною особливістю скандинавських ферментованих продуктів (тьомьолк, сурмьолк, віілі) є надмірно в'язка, густа або пастоподібна (ірландський продукт скир) консистенція. Останній виготовляють вилучаючи частину сироватки із утвореного згустку фільтруванням у тканинних мішечках.

Згадані вище продукти прийнято називати **традиційними** і їх промислове виробництво регулюється відповідними директивними документами.

В Україні для збереження автентичності ферментованих молочних продуктів та враховуючи смакові уподобання населення законодавчо було надано особливий статус традиційних для таких кисломолочних продуктів як ряжанка, простокваша, кефір, ацидофілін, сметана та сир кисломолочний. До традиційних ферментованих продуктів також слід віднести **сири** і **кисловершкове масло**.

За ДСТУ 4420:2005 «**Сир** – це білковий харчовий продукт, отриманий внаслідок зсідання молочної сировини (молока) під дією молокозсідальних ферментів, закваски або впливу фізико-хімічних факторів». Від молока сир відрізняється високим вмістом сухих речовин, стійкістю при зберіганні і широким спектром органолептичних показників.

Сири є традиційними і найуживанішими продуктами харчування, які користуються високим попитом населення багатьох частин світу. Їх асортимент сягає тисяч одиниць, лише у Франції виробляють близько 400 різних видів сирів. Серед усіх ферментованих молочних продуктів вони вирізняються найбільшим різноманіттям: формою і розміром голівки, текстурою, складом мікробіоти, смако-

ароматичною гамою, особливостями технологій тощо. Сири можуть бути екстра твердими (Пармезан, Романо, Грана), твердими з рисунком (Ементаль, Швейцарський, Слов'янський) або без нього (Чеддер, Честер, Проволоне), напівтвердим (Гауда Еддам, Голландський, Буковинський), свіжі кисломолочні без визрівання (Любительський, Коттедж) з плісенню на поверхні (Брі, Камамбер, Нефшатель), або по всій масі сиру (Рокфор, Голубий прожилковий, Гооргонзола), з поверхневим слизом (Лімбургський, Дорогобужський, Смоленський) та ін.

Сири виробляють із молока різних тварин. Зокрема, на Піренейському півострові – з козиного, у Великобританії та Карпатському регіоні – з овечого, в центральній Європі – коров'ячого, козиного, овечого, в середній Азії – верблюжого. Сири – це харчові продукти високої біологічної цінності і містять значну кількість незамінних амінокислот, пептидів тощо. Харчова і біологічна цінність сирів істотно залежить від виду використаної молочної сировини, мікробіоти, її метаболічної активності, від спектру сухих речовин та вологи. Засвоюваність сирів, особливо сичужних, доволі висока 96–98 % і є найвищою для сирів. Сири відрізняються між собою за органолептичними властивостями, зокрема сири із овечого молока гостріші на смак, ніж з коров'ячого. Оригінальними на смак є козині сири та сири з плісенню.

Кисловершкове масло, виготовлене із сквашених вершків, – це висококалорійний продукт, який містить не менше 82 % молочного жиру. Відомо, що молочний жир характеризується найвищою харчовою і біологічною цінністю. Біологічна цінність продукту визначається хімічним складом та структурою тригліцеридів, присутніми жиророзчинними вітамінами А, Е, каротину, поліненасичених жирних кислот (лінолевої, ліноленової та арахідонової) та функціонально активними метаболітами мікробіоти. Енергетична цінність продукту складає 32 683 кДж/кг при засвоюваності 97 %. Готове кисловершкове масло характеризується специфічним смаком з кислинкою та характерним «масляним» ароматом. Продуковані мікробіотою молочна і оцтова кислот, діацетил, спирти, альдегіди підвищують стійкість продукту під час зберігання, завдяки тому, що ці метаболіти володіють антибактеріальною дією.

На відміну від традиційних **«нові» (нетрадиційні або комерційні) ферментовані продукти** є результатом наукових досліджень ферментації молока, біологічних та технологічних властивостей мікробіоти, яка виступає основним чинником цього процесу, та впливу ферментованих продуктів на організм людини. Технології цих продуктів створюються за певним планом і спрямовані на підвищення дієтичних, профілактичних або лікувальних властивостей та задоволення побажань споживачів.

Нині спостерігається стрімкий розвиток нових, так званих функціональних продуктів, які сприятливо впливають на здоров'я людини.

Напрямок став успішно розвиватися і у 80-ті роки минулого століття виник новий клас – **функціональні** кисломолочні продукти, які поряд з характерними для традиційних кисломолочних продуктів дієтичними властивостями вирізняються додатково й клінічно підтвердженою терапевтичною дією. Основним носієм цих функцій виступає спеціально відібрана мікробіота з високим рівнем біологічної активності так звана **пробіотична**. Прикладом таких продуктів можуть бути вітчизняні кисломолочні напої *Геролакт* (зарубіжний аналог Гайо) і *Дивосил* та зарубіжні *Доктор Біфі* й *Актімель*. Напій Геролакт призначений для людей похилого віку, його функціональна дія полягає в корекції в регуляції функцій травної та опорно-рухової систем, нормалізації вуглеводного та ліпідного обміну, у тому числі холестерину. Кисломолочний напій Дивосил поєднує цілющий потенціал кефіру та екстрактів лікарських рослин (алтеї лікарської, омани та ефірної олії м'яти перцевої). Клінічні дослідження підтвердили його функціональну дію при захворюваннях органів травлення.

Оскільки пробіотичні мікроорганізми вирізняються високою активністю, особлива увага приділяється контролю безпечності їх застосування. За рекомендаціями ФАО/ВООЗ оцінку ефективності функціонального впливу функціональних харчових продуктів слід вести на трьох рівнях: I – оцінка безпеки *in vitro* і *in vivo* з використанням різноманітних модельних систем, II – оцінка безпеки зі

застосуванням подвійного сліпого рандомізованого плацебо-контрольованого дослідю, III – пострегістраційний моніторинг.

Незважаючи на застосування виробниками спрощених технологій кисломолочних продуктів, які передбачають гелеутворення молочної основи органічними кислотами (молочної, лимонної), деякими мінеральними (фосфорної, хлористоводневої), глюконодельталактоном, все ж-таки більшість продуктів виробляють із застосуванням спеціальних заквашувальних культур. Зазвичай виробництво ферментованих продуктів є набагато складнішим процесом та потребує від виробника більшої уваги. Такі зусилля спрямовані на підвищення біологічної активності та оздоровчої дії продуктів.

У виробництві ферментованих молочних продуктів окрім молока можуть застосовуватися різноманітні інгредієнти, нетрадиційна мікробіота, коагулянти, сіль, цукор, вітаміни, буферні солі, барвники, ароматизатори, стабілізатори та емульгатори тощо.

Сучасне промислове виробництво ферментованих молочних продуктів регламентується міжнародними директивними документами IDF, ФАО/ВООЗ, Codex Alimentarius та власними державними стандартами. Останні певною мірою не гармонізовані між собою, і ферментовані продукти, виготовлені у різних регіонах, можуть істотно різнитися складом мікробіоти, способом виробництва та спектром органолептичних показників. Загалом, за даними різних аналітиків сьогодні в світі налічують близько 400 і 3500 власних назв традиційних та комерційних ферментованих продуктів відповідно. Попри таке різноманіття, вони мають одну спільну особливість – це **продукти мікробної трансформації молочної сировини**.

1.1.2. Мікробіота ферментованих молочних продуктів та її функції

За природного спонтанного сквашування склад мікробіоти ферментованих продуктів формується під впливом багатьох факторів: видом використаного молока та ступенем забруднення його сторонньою мікробіотою, температурою та тривалістю сквашування, тоді як за промислового виробництва – складом і властивостями

заквашувальних культур та особливостями технології продукту. Загалом, розрізняють **основну та сторонню мікробіоту** ферментованих молочних продуктів.

Основна мікробіота – це домінантна мікробіота, що сформувалася в результаті природної сукцесії спонтанної мікробіоти молока під час його скисання. Власне під її впливом формуються характерні органолептичні ознаки готового продукту. Промисловий варіант основної мікробіоти – так звані **заквашувальні культури** (*starters*), які розробляють на основі домінантних видів основної мікробіоти та спеціально селекціонованих мікроорганізмів. **Стороння мікробіота** представлена мікроорганізмами, які залишаються після пастеризації молочної основи. У разі недотримання належних санітарних правил виробництва молока та молочного продукту вона може скласти конкуренцію основній мікробіоті та призвести до зниження якості і безпеки продукту. З іншого боку, у деяких видах продуктів, наприклад сирах, які виробляють із сирого молока, стороння мікробіота відіграє позитивну роль, приймаючи участь у формуванні пікантних відтінків смакоароматичної гами, і її прийнято називати **вторинною або допоміжною** (*adjunct*). До допоміжної мікробіоти можна віднести також і пробіотичні штами, які, як правило, поєднуються з молочнокислими.

Головні **функції основної мікробіоти** наступні:

природний захист молока, що подовжує термін придатності продукту та підвищує його безпеку;

формування смакових та ароматичних характеристик продуктів завдяки утворенню органічних кислот, карбонільних сполук, продуктів розщеплення білка і жирів тощо та; поліпшення реологічних властивостей продукту, наприклад, в'язкості і густини, або твердості (у разі сирів);

забезпечення дієтичних та функціональних властивостей.

Інтенсивність розвитку мікробіоти та її склад у готовому продукті істотно залежить від якості сировини, дотримання технологічних режимів на кожній із стадій його виготовлення та зберігання.

Залежно від складу мікробіоти ферментовані молочні продукти умовно поділяють на: **продукти молочнокислого бродіння**, домінуюча мікробіота яких представлена мезофільними, термофільними молочнокислими бактеріями, або їх комбінацією, та **продукти змішаного бродіння**, які містять комплекс молочнокислих бактерій з іншими бактеріями, дріжджами та пліснявами (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Основні категорії кисломолочних продуктів і сирів

Категорія	Кисломолочні продукти	Сири
<i>Продукти молочнокислого бродіння</i>		
Мезофільного типу ¹⁾	Простокваша, сир кисломолочний, сметана, культивована маслянка, скандинавські кисломолочні напої (льонгофіл, тьотмілк), ймер	Свіжі сири, Чеддер, Гауда, Едам, Буковинський
Термофільного типу	Ряжанка, йогурт, забаді, лабнех ²⁾ , скир ²⁾	Ементальський, Слав'янський, Пармезан, Швейцарський
Терапевтичного типу	Ацидофільне молоко, Геролакт, АБТ ³⁾ Лабнех ²⁾ , якулт ²⁾	Гауда, кварк, коттедж
<i>Ферментовані молочні продукти змішаного типу</i>		
Плісень +МКБ	віллі	Камембер, Брі, Рокфор
Дріжджі+МКБ	Кефір, кумис	Визрілі сири з плісеню
<i>Ферментовані продукти з різною мікрофлорою</i>		
Оцтовокислими бактерії	кефір	
Пропіоновокислими бактеріями	Лактіум, Даринка, Симбілакт Симбітер	Сири з високою температурою другого нагрівання
бревібактеріями		Сири з поверхневим слизом
Вторинні культури для сирів		Широкий спектр сирів

Примітки: ¹⁾ КВМ (кисловершкове масло) відноситься до категорії продуктів молочнокислого бродіння мезофільного типу; ²⁾ концентровані продукти; ³⁾ АБТ – *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Streptococcus thermophilus*..

Мікробіота традиційних ферментованих молочних продуктів за таксономічним складом доволі різна, що ілюструє табл.1.2.

Молочнокислі бактерії з позицій еволюції можна розглядати як найбільш адаптовану до розвитку в молоці групу мікроорганізмів. Багатовіковий досвід використання цих мікроорганізмів є беззаперечним доказом їх статусу GRAS (Generally Recognized as Safe), тобто, в цілому безпечні, що істотно спрощує їх промислове застосування. Проте, з відомих на сьогодні 12 родів родини *Lactobacillaceae* у ферментованих молочних продуктах присутні лише *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* і *Lactobacillus*.

Таблиця 1.2

Склад основної мікробіоти окремих традиційних ферментованих продуктів

Мікроорганізм	Сметана	СКМ	КВМ	КМН	Кефір	Сири
1	2	3	4	5	6	7
<i>Lactobacillus lactis</i>						
ssp.lactis	X	X	X	X	X	X
ssp.cremoris	X	X	X	X	X	X
ssp. lactis bv.diacetylactis	X	X	X	X	X	X
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>						
ssp. cremoris	X		X		X	X
ssp. dextransucrum			X			X
<i>Lactobacillus acidophilus</i>			X	X		X
<i>L.casei</i>					X	X
<i>L.delbrueckii</i> ssp.bulgaricus				X		X
<i>L.helveticus</i>			X			X
<i>L.lactis</i>						X
<i>L.lactis</i> ssp.cremoris						X
<i>L.lactis</i> ssp.cremoris bv.diacetylactis						X
<i>L.lactis</i> ssp. cremoris						X
<i>L.lactis</i> ssp.cremoris bv.hollandicus						X
<i>L.kefiri</i>					X	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	X	X		X		X
<i>Enterococcus durans</i>				X		X
<i>Enterococcus faecalis</i>						X
<i>Pediococcus acidilactici</i>						X
<i>Acetobacter aceti</i>					X	
<i>Propionibacterium freudenreichii</i> ssp <i>shermanii</i>					X	X
<i>Candida kefir</i>					X	X
<i>Geotrichum candidum</i>				X	X	X
<i>Penicillium camemberti</i>						X
<i>Penicillium glaucum</i>						X

<i>Penicillium roqueforti</i>						X
-------------------------------	--	--	--	--	--	---

Мезофільні лактококи *L. lactis* ssp. *lactis*, *L. lactis* ssp. *cremoris* та *L. lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis* (у деяких сирах зустрічається підвид ssp. *durans*) здатні до розвитку у широкому діапазоні температури – від 4 до 40 °С (оптимальна температура – близько 30 °С) і за низького рН. Вони вирізняються високою конкурентоздатністю відносно сторонньої мікробіоти, що й забезпечує їх перевагу у багатьох кисломолочних продуктах, які характерні для регіонів з помірним кліматом, – простокваші, сметани, кисловершкового масла, та значної кількості сирів. *L. lactis* ssp. *lactis* і *L. lactis* ssp. *cremoris* – активні кислотоутворювачі, тоді як *L. lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis* поступається їм за цією ознакою і є продуцентом діацетилу із цитрату молока.

Окремі штами молочного і вершкового лактоків продукують **біоцини**, відповідно, нізин і диплококцин, які запобігають розвитку грампозитивних мікроорганізмів, у тому числі анаеробних спороутворювальних бацил і *S. aureus*, що особливо важливо у сироробстві. Нізин виробляють у промисловому масштабі і широко застосовують у харчовій промисловості. З іншого боку, окремі штами лактококів утворюють гіркі пептиди, що небажано у виробництві сирів. До важливих технологічних властивостей *L. lactis* ssp. *cremoris* можна також віднести утворення значної кількості летких кислот, які формують аромат, та в'язких ЕПС за розвитку у вершках та білкових згустках. *L. lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis*, окрім аромату утворює значну кількість CO₂, присутність бульбашок якого у кисломолочних напоях, наприклад у простокваші і кефірі, формує гострий, злегка щиплячий присмак, а в сирі – вічка невеликого розміру та характерний для сирів голландського типу рисунок.

Представники роду *Leuconostoc*, зокрема *L. mesenteroides* ssp. *cremoris* і ssp. *dextranicum*, зазвичай, є складниками мікробіоти кефіру, масла та твердих сирів. Завдяки високій здатності до синтезу ЕПС їх залучають до складу заквашувальних культур для сметани низької жирності та деяких кисломолочних напоїв для

підвищення в'язкості та у виробництві сирів типу Рокфор як допоміжну культуру для підтримання пористості сирної маси під час визрівання.

Лейконостоки характеризуються низькою молокозсідальною активністю (1–3 доби), тому їх, зазвичай, використовують разом з іншими молочнокислими бактеріями. Лейконостоки – активні аромаутворювачі, здатні продукувати діацетил двома шляхами: за ферментації цитратів та основного метаболізму. Найбільше діацетилю утворюється за рН 6,0, і тому не дивно, що ці мікроорганізми є складовою частиною продуктів з низьким вмістом лактози та тривалим визріванням (сири і кисловершкове масло). Для досягнення характерного аромату кисловершкового масла доцільно залучати штами *L. mesenteroides* ssp. *cremoris* та *L. mesenteroides* ssp. *dextranicum* з низьким ступенем регенерації.

Завдяки ліполізу молочного жиру, що здійснюють дані мікроорганізми, поповнюється комплекс ароматичних сполук. Проте, продукти розщеплення молочного жиру можуть не тільки збагачувати смакоароматичну гаму сиру чи масла, а й бути причиною її погіршення через надмірне накопичення певних жирних кислот і продуктів їх розпаду. Лейконостоки володіють високим промисловим потенціалом як перспективні продуценти натуральних ароматизаторів, підсилювачів смаку і стабілізаторів структури.

Із **педіококів** практичне застосування в молочній промисловості, зокрема у виробництві сирів, має лише один вид *Pediococcus acidilactici*. Педіококи складають незначну частку мікробіоти сиру і їх роль в ньому повністю не встановлена. Окремі штами застосовують у виробництві функціональних продуктів, наприклад, біфівіту і лактіуму.

Термофільний стрептокок є характерним представником мікробіоти таких продуктів як ряжанка, варенець, йогурт. Особливість цього мікроорганізму – висока термостійкість. Оптимальна температура росту коливається в межах від 35 до 45 °С, а окремі штами можуть виживати навіть за пастеризації (65–75 °С). За температури 15 °С і нижче термофільні стрептококи не розвиваються. Термофільні стрептококи характеризуються найвищою серед усіх молочнокислих бактерій молокозсідальною

активністю і за оптимальних умов утворюють згусток через 3,5–4,0 год після інокуляції. Не зважаючи на таку активність гранична кислотність за розвитку у молоці термофільних стрептококів не перевищує 120 °С, що з технологічних позицій є надзвичайно важливою властивістю. Більшість штамів термофільного стрептококу продукують ЕПС, які є альтернативою штучним згущувачам консистенції; окремі штами здатні утворювати ароматичні сполуки діацетил та ацетоїн. За сукупністю цих ознак термофільні стрептококи є бажаними компонентами багатьох заквашуваних композицій. Однак, необхідно зауважити, що ці мікроорганізми є надвичайно чутливими до інгібуючих сполук молока – залишків антибіотиків, сульфамідів і бактеріофагів.

Рід *Lactobacillus* об'єнує мікроорганізми різні за біологічними і технологічними характеристиками: облігатні гомоферментативні, факультативно гетероферментативні і облігатно гетероферментативні лактобацили. Термофіл *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* є основним складником йогурту та сичужних сирів з високою температурою другого нагрівання, мезофіл *L. caucasicus* входить до складу кефірних грибків, а *L. delbrueckii ssp. lactis* і *L. helveticus* – твердих сирів. Облігатно гетероферментативні лактобацили не мають важливого значення у ферментації молока за винятком кефіру. Проте лактобацили широко представлені у мікробіоті функціональних продуктів. Штами з пробіотичними властивостями виявлено у видів *L. acidophilus*, *L. gasseri*, *L. johnsonii* та *L. helveticus*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. kefir*, *L. viridescens* і *L. reuteri*, *L. casei*, *L. paracasei ssp. paracasei*, *L. paracasei ssp. tolerans*, *L. rhamnosus* і *L. plantarum*.

До роду ***Propionibacterium*** віднесено дві основні групи мікроорганізмів: штами, асоційовані з молочними продуктами, і штами шкіри і ШКТ людини. Перші з них відомі як «класичні» або «молочні» пропіоновокислі бактерії і, переважно, застосовуються у сироробстві. Наприклад, *P. freudenreichii* завдяки здатності утворювати вічка великого розміру під час визрівання є невід'ємним складником мікробіоти сирів з високою температурою другого нагрівання (Швейцарський, Емменталь і Грюйер). Характерний слодкуватий, пряний присмак цих сирів – це

також результат метаболічної активності пропіоновокислих бактерій. Пропіоновокислі бактерії застосовують у виробництві функціональних біфідовмісних кисломолочних напоїв Лактіум, Даринка. Окремі штами *P. freudenreichii* розглядають як потенційні пробіотичні мікроорганізми на підставі їх здатності продукувати пропіонову кислоту, бактеріоцини, синтезувати вітамін B₁₂ та ін.

Бревібактерії – *Brevibacterium linens* і *B. casei* – два види, що застосовуються у виробництві ферментованих молочних продуктів. *B. linens* основний складник мікробіоти сирного слизу слизневих сирів (Дорогобугжського, Брі, Лімбургер). Особливістю цього виду є синтез під дією світла яскравого жовто-помаранчевого пігменту, що обумовлює колір сирного слизу. Крім забарвлення основною функцією бревібактерій у сироварінні є утворення ароматичних сірковмісних сполук (наприклад, метилтіоефіру), які надають доволі специфічний аромат слизневим сирам. Здійснювані бревібактеріями протеоліз і ліполіз відіграють вагомую роль у формуванні специфічних органолептичних властивостей слизневих сирів. Інший вид *B. casei* розвивається на поверхні традиційного сиру Камамбер і утворює пігмент сірого кольору. На основі бревібактерій створено комерційні ліофілізовані культури з високою і середньою протеолітичною активністю.

Окрім згаданих вище мікроорганізмів у виробництві ферментованих молочних продуктів для підсилення наявних або надання нових властивостей готовому продукту застосовують мікробіоту немолочного типу як допоміжні культури. В даний час існує декілька комерційних препаратів немолочнокислих бактерій, наприклад для формування поверхневого слизу у слизневих сирів. Такі культури додають до молочної основи, або наносять щіткою на поверхню згусту. Наприклад, препарат, що містить корінебактерії, дріжджі (*Debaryomyces hansenii*, *Candida utilis*, and *Saccharomyces cerevisiae*; (рис. 1.1, а), і стафілококи (наприклад, *Staphylococcus xylosus* і *Staphylococcus carnosus*) певною мірою відтворює природний склад мікробіоти сирного слизу. *S. carnosus* сприяє формуванню консистенції та смакоароматичної гама в сирах, тоді як дріжджі запобігають розвитку «дикої» мікробіоти молочної основи, яка залишилася після пастеризації.

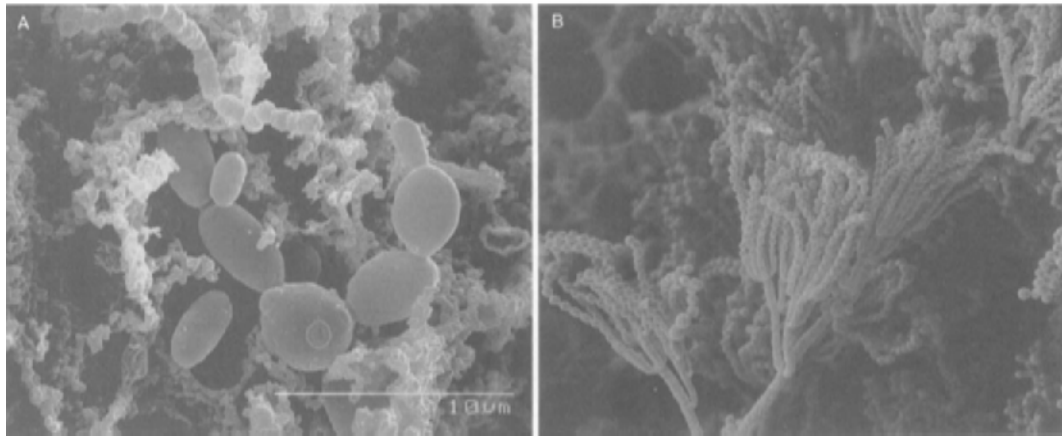


Рис. 1.1. Клітини МКБ і дріжджів у мікроструктурі сиру Горгонзола (а); типові китиці *P.roqueforti* (б) (за R.K.Robinson, 2002)

Плісені використовують переважно у сироробстві для виробництва деяких видів напівтвердих сирів. Головна функція цих мікроорганізмів полягає у збагаченні смаку та аромату продуктів новими відтінками та стабілізації певної форми і текстури білкового згуску. Залежно від кольору та особливостей росту розрізняють два типи плісені: білу та блакитну. Біла плісень *Penicillium camemberti* розвивається на поверхні сирів (Камамбер і Брі), тоді як блакитна плісень *P. roqueforti* – у середині тіста «блакитних сирів» Рокфор, синього Стілтон, Датського блакитного, Горгонзола (див. рис 1.1, б).

Застосування інших видів плісені дуже обмежене за винятком традиційних впроодуктів у деяких частинах світу. Зокрема, в Норвегії для виробництва сиру із знежиреного молока використовують *Rhizomucor miehei*, а в Японії *Aspergillus oryzae* – у виробництві сиру з соєвого молока. *Geotrichum candidum* – єдиний вид, який застосовують у виробництві кисломолочних продуктів (фінський віілі). *G. candidum* розвивається на поверхні цього продукту, утворюючи білий оксамитовий шар та збагачує смак та аромат новими відтінками.

Дріжджі. Загалом наявність дріжджів у молочних продуктах розглядається як негативний фактор. Однак, як уже зазначалося вище, вони є складниками кефіру і кумису, а окремі види дріжджів використовують як додаткові культури, наприклад у сироварінні та виробництві деяких кисломолочних продуктів. Такий підхід дозволяє

доповнити молочнокисле бродіння спиртовим та отримати продукт з іншими якостями.

Згідно з Codex Standard 243–2003, до нормальної мікробіоти кефірної закваски відносять такі основні групи мікроорганізмів: дріжджі лактозоброджувальні (*Kluuveromyces marxianus*) та не здатні до її ферментування (*Saccharomyces unisporus*, *S. cerevisiae* і *S. exiguus*); гомо- і гетероферментативні лактококи родів *Leuconostoc*, *Lactococcus*, лактобацили *L. kefir*, *L. casei* та оцтовокислі бактерії *A. aceti*. Співвідношення між мікроорганізмами кефірних грибків є динамічним і залежить від багатьох факторів, таких як походження кефірних грибків, складу молока та способу його оброблення, умов культивування та зберігання. Це досить важливо, оскільки саме від структури мікробного ценозу кефірних грибків формуються специфічні органолептичні показники та функціональна активність кефіру. Склад мікробіоти кефірних грибків наведено на рис. 1.2.

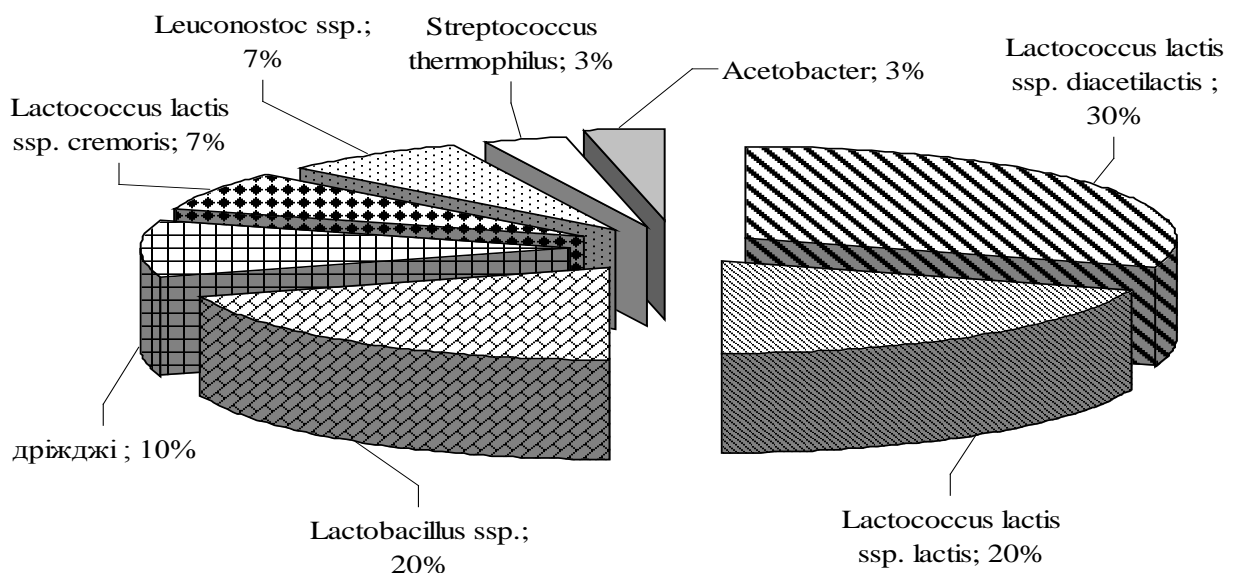


Рис. 1.2. Склад мікробіоти кефірних грибків

Кефірні грибки є унікальною заквашувальною мікробіотою з високим ступенем організації, яка здатна до відтворення. Це драгледоподібні утворення, що за формою схожі на суцвіття цвітної капусти, розміром від 0,3 до 3,5 см у діаметрі, від білого до світло-жовтого кольору. Приблизний хімічний склад кефірних грибків наступний:

89–90 % води, 0,3 % жирів, 3,2 % білків, 6,0 % вуглеводів та 0,7 % мінеральних компонентів.

Мікробіота традиційного кумису представлена термофільними лактобацилами видів *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *L. acidophilus*, дріжджами, ферментуючими лактозу *Saccharomyces spp.* і *Torula koumiss* та неферментуючими як лактозу *S. cavtilaginosus*, так і інші вуглеводи *Mycoderma spp.* У кумисі, що виготовляється в Монголії, також виявлено *Lactococcus spp.*, проте залучення його до складу промислових заквашувальних культур є небажаним через високу кислотопродукуючу активність, яка інгібує розвиток дріжджів.

Мікробіота продуктів «для здоров'я», так званих функціональних продуктів, доволі обмежена через високі селективні вимоги до штамів, значна частка з яких представлена молочнокислими та біфідобактеріями. На сьогодні до них залучають мікроорганізми й інших таксономічних груп – пропіоновокислих, спороутворювальних бактерій, дріжджів.

З метою застосування пробіотичних мікроорганізмів у функціональних харчових продуктах Всесвітньою організацією охорони здоров'я разом з Продовольчою і сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) було розроблено чіткі рекомендації та основні критерії оцінювання цих мікроорганізмів: *по-перше*, ідентифікація штаму на 3-ьох рівнях (рід, вид, штам) із застосуванням сучасних валідованих молекулярно-генетичних методів; *по-друге*, наявність у продукті впродовж всього терміну зберігання необхідної кількості живих функціонально активних мікроорганізмів; *по-третє*, достовірно доведений профіль функціональної активності штамів-пробіотиків. Оскільки пробіотичні мікроорганізми характеризуються високою біологічною активністю, особлива увага приділяється контролю безпечності їх застосування. За рекомендаціями ФАО/ВООЗ – оцінка безпеки на стадії розробки заквашувальних культур повинна здійснюватись *in vitro* та *in vivo* з використанням різноманітних модельних систем.

1.1.3. Створення заквашувальних культур

У широкому розумінні **заквашувальні культури** – це живі функціонально активні клітини молочнокислих та інших видів мікроорганізмів, які застосовують для виробства ферментованих харчових продуктів, у тому числі молочних і м'ясних. **Основна функція** заквашувальних культур – це забезпечення бажаного перебігу технологічного процесу виробництва того чи іншого ферментованого продукту та його стабільності й безпеки. Тому сучасне виробництво ферментованих харчових продуктів практично повністю базується на застосуванні промислових заквашувальних культур.

Розроблення заквашувальних культур для виробництва ферментованих харчових продуктів є одним із провідних напрямів біотехнології. Як правило такі роботи проводяться профільними лабораторіями, які володіють банком промислових культур мікроорганізмів, кваліфікованим персоналом та належним технічним оснащенням. Основними вимогами до заквашувальних культур є **безпека, технологічність та економічність**. Загалом, заквашувальна культура повина забезпечити, з одного боку, індивідуальність продукту, його дієтичні та функціональні властивості, а з іншого – стабільність перебігу ферментаційного процесу та якість і сантарно-епідеміологічну безпеку готового продукту. Також слід враховувати вимоги і побажання промисловців та споживачів.

Розробка біотехнологій заквашувальних культур, зазвичай, реалізується у два етапи: **пошуковий і технологічний**. Результатом пошукового етапу є цільова композиція штамів мікроорганізмів, тоді як технологічного – власне технологія заквашувальної культури на основі створеної цільової композиції.

Створення заквашувальної композиції здійснюється у такій послідовності: вибір штамів мікроорганізмів, розроблення на їх основі композиції, та лабораторна перевірка властивостей композиції на відповідність запланованим. Якщо після перевірки досліджуваній робочий варіант бактеріальної комбінації не задовольняє бажані характеристики, наприклад, не забезпечує необхідної консистенції, має недостатньо виражений аромат тощо, тоді його відкидають і здійснюють відповідне

коригування на стадії вибору штамів або складання комбінації штамів. Такі зворотні дії можуть повторюватися неодноразово, доки не буде досягнуто бажаних результатів (рис 1.3).

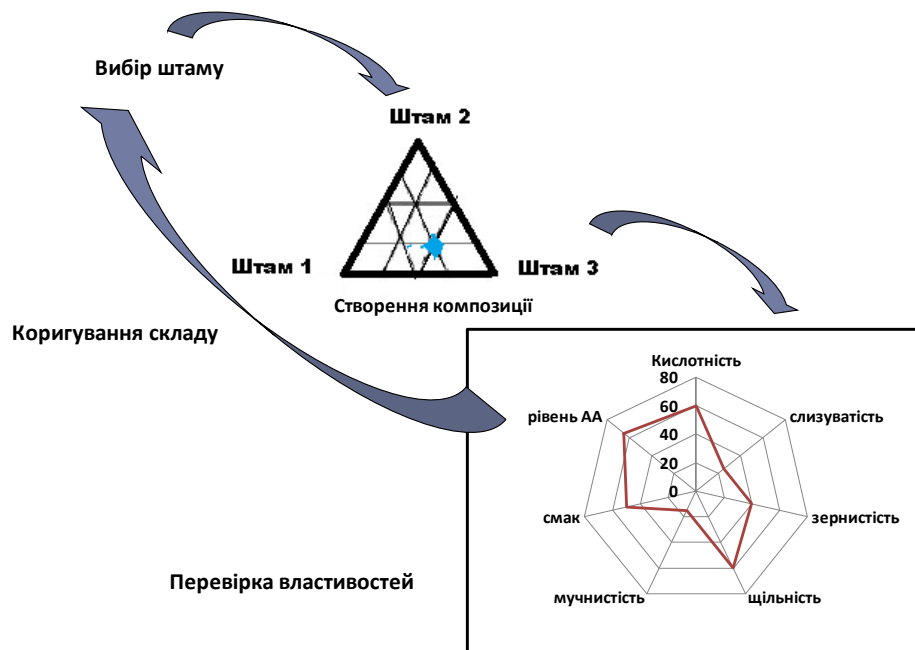


Рис. 1.3. Ілюстрація основних стадій розробки заквашувальної культури
(запозичено у Chr. Hansen A/S, Hørsholm, Denmark.)

Вибір штамів, як правило, здійснюється розробником із власної колекції промислових штамів. Для традиційних продуктів скринінг ведуть за базовими, спеціальними і технологічними ознаками, що є необхідними як на рівні біотехнології заквашувальної культури, так і технології ферментованого молочного продукту. Базові та технологічні критерії є спільними для всіх штамів, незалежно від сфери їх застосування, тоді як спеціальні визначають особливості того чи іншого продукту. Критерії скринінгу мікроорганізмів до традиційних продуктів наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Критерії вибору молочнокислих бактерій до складу заквашувальних культур для ферментованих молочних продуктів

Основні	Специфічні селективні критерії для:			Технологічні
	сирів	кисломочних продуктів	кисловершкового масла	
Активність кислотоутворення	Активність кислотоутворення за конкретних умов	Вологоутримувальна здатність	Здатність до розвитку у плазмі масла за низької температури	Здатність до розвитку на промислових середовищах
Фагостійкість	Протеїназна і пептидазна активності	Стабільність кислотоутворення і межа кислотності	Рівень синтезу ароматичних сполук за росту в маслі	Висока продуктивність та активність клітин бактерій
ДНК і плазмідний профіль	Рівень синерезису	Здатність утворювати ЕПС	Помірна репродуктивна активність	Гомогенність популяції
Ідентифікація на рівні виду	Відношення між штамми	Профіль ароматичних сполук	Ліполітична активність	Стійкість до технологічних операцій
Утворення смакоароматичних сполук	Спектр зброджуваних цукрі та тип метаолізму	Спектр біологічно активних сполук	Профіль антагоністичної активності	Стабільність при заморожуванні та сушінні
Стійкість до інгібіторів росту	Аромато- і газоутворення в модельних сирних системах	Помірна протеолітична і ліполітична активність	Стійкість до солі	Стабільність при зберіганні
		Конкурентноздатність зі сторонньою мікробіотою		

При виборі мікроорганізмів до складу заквашувальних культур для функціональних продуктів зосереджуються на критеріях, що характеризують їхні біологічні властивості, а саме: кислотостійкість та стійкість до шлункового соку і жовчі (важливого показника для виживання у тонкому кишківнику), адгезія до епітеліальних клітин, здатність до розмноження у ШКТ, антагоністична активність до патогенів (у тому числі *Helicobacter pylori*, і *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* і *Clostridium difficile*), імуностимулювальна, антимуутагенна і антиканцерогенна активність. Значна увага приділяється безпечності як на рівні ідентифікації мікроорганізму, так і його взаємодії з макроорганізмом-хазяїном.

З технологічних позицій мікроорганізми кишкового походження є складним об'єктом, оскільки вони практично не адаптовані до ровитку за межами макроорганізму. Тому їх селекцію ведуть за здатністю до виживання за умов промислового виробництва, формуванням прийнятних органолептичних властивостей ферментованого молочного продукту, збереженню функціональних властивостей у готовому продукті та упродовж його зберігання.

Основними критеріями відбору культур до складу заквашувальної композиції для сирів є такі: помірна енергія кислотоутворення при культивуванні у молоці, добрий синерезис утвореного згустку, висока здатність до протеолізу без утворення гірких сполук та специфічність дії протеолітичних ферментів, лактозозброджувальна активність, накопичення ароматичних речовин та утворення вуглекислого газу, солестійкість, антагонізм щодо сторонньої мікробіоти та фагостійкість.

Інтенсивне промислове використання штамів та різні умови виробництва призводять до зміни його властивостей, тому колекції промислових культур постійно поповнюються в результаті вилучення нових штамів із природних джерел їхнього існування та в результаті цілеспрямованої селекції із застосуванням традиційних та новітніх молекулярних методів – техніки протопластування, рекомбінантних ДНК

тощо. Слід зауважити, що до генно-модифікованих мікроорганізмів висуваються жорсткі вимоги, зокрема вони повинні містити тільки ДНК свого роду з невеликими відрізками чужої ДНК (близько 50 комплементарних пар основ), які не здатні до кодування РНК. У такий спосіб вдалося створити штам з низьким рівнем кислотоутворення та високою здатністю до продукування ароматичних сполук та полірезистентні до бактеріофагів штами мезофільних лактококів.

Підбір мікробіоти до складу заквашувальних композицій також визначається типом продукту, для якого вони створюються. Для традиційних продуктів він має максимально відтворити основну природну мікробіоту та її функції, які формують індивідуальні особливості ферментованого продукту. Більший ступінь свободи у виборі складників мають дослідники під час створення багатьох сучасних заквашувальних композицій, оскільки у цьому разі не існує ніяких обмежень щодо таксономічного статусу мікроорганізмів, окрім їх безпечності та вираженої функціональної активності. Беручи до уваги істотну відмінність заквашувальних мікроорганізмів за своїми властивостями, можна створити заквашувальні культури з різноманітними властивостями.

Створення композицій штамів та їх апробація. Наступним кроком після вибору штамів є поєднання їх у композицію. Успіх цієї стадії залежить від глибини наукової інформації щодо кожного штаму та знань відносно їх поєднання. Цей процес, як правило, є і рутинним і довготривалим, проте його можливо істотно спростити, застосовуючи методи багатofакторного аналізу.

Заквашувальні культури створюються на основі одного штаму, або більше. Прикладом однокомпонентних заквасок можуть слугувати так звані допоміжні культури, які використовують для підсилення або надання нових властивостей продукту, наприклад більшої густини, вираженішого аромату тощо. Разом з розробкою бактеріальних концентратів прямого внесення (DVS) стало можливим комбінувати склад багатоконпонентних заквашувальних культур з концентратів окремих чистих культур

безпосередньо під час інкубації молочної основи. Такий підхід не лише спрощує технологію продукту, але й дозволяє швидко переорієнтувати виробничий процес на випуск продукції з різними властивостями (консистенцією, смако-ароматичною гамою, напрямом функціональної дії тощо). Наприклад, при виробництві йогурту концентрати болгарської палички та термофільного стрептококу вносять у молочну основу окремо у необхідному співвідношенні, коригуючи у такий спосіб органолептичні властивості продукту. М'якший смак та густіша консистенція досягається збільшенням частки термофільного стрептококу, тоді як за переваги лактобацил формується гостріший смак, вища кислотність та вираженість аромату (ацетальдегіду).

Традиційно поєднують мікроорганізми з близькою температурою росту, так звані мезофільні та термофільні закваски. Хоча це правило не є абсолютним і часто для отримання бажаних характеристик до складу мезофільних заквасок залучають термофільні види, наприклад, для прискорення зсідання молока, або забезпечення густішої консистенції продукту. Такий підхід використано в одному із варіантів заквашувальних композицій для сметани і сиру кисломолочного.

Для одержання активних і стійких заквасок рекомендовано вести відбір мікробіоти у двох напрямках: створювати комбінації із активних кислотоутворювальних штамів, при поєднанні яких спостерігається активізація молочнокислого процесу, та створення комбінацій із штамів, які мають середню або низьку активність кислотоутворення і теж здатні до спільного розвитку.

З іншого боку, доцільно використати природні асоціативні зв'язки між різними групами мікроорганізмів, наприклад, поєднуючи в одній композиції молочнокислі, пропіоновокислі бактерії, молочнокислі бактерії та оцтовокислі бактерії і т.д.

Підбір мікробіоти до складу заквашувальних композицій також визначається типом продукту, для якого вони створюються. При розробці

заквашувальних культур для традиційних продуктів необхідною цільовою умовою є максимальне відтворення характерної для ферментованого продукту мікробіоти. З одного боку, це є певне обмеження вибору видового складу мікроорганізмів заквашувальної композиції, а з іншого – ці заквашувальні препарати створюються з використанням істинних молочнокислих видів, які не потребують рутинної роботи з адаптування штамів до молочної сировини. До того ж, у національних продуктах за тривалий термін їхнього існування склалися тісні взаємозв'язки між певними видами молочнокислих бактерій, що істотно спрощує складання композицій.

Апробацію створеної заквашувальної композиції здійснюють у лабораторних умовах за показниками, які є ключовими для конкретного продукту. Наприклад, для кисломолочних напоїв важливими показниками є швидкість утворення згустку, кислотність, консистенція і вираженість аромату; проте оцінка аромату є важливим показником практично для всіх ферментованих молочних продуктів. Однак, надмірна в'язкість і, особливо слизуватість (за винятком скандинавського продукту вілі), є небажаною характеристикою кисломолочних напоїв. З іншого боку, здатність штамів до продукування в'язких полімерів є важливою технологічною характеристикою, що дозволяє відмовитися від штучних стабілізаторів структури. Для наглядності результати апробації створених композицій ілюструють радіальною діаграмою (див. рис. 1.3).

Основна мікробіота сиру кисломолочного і сметани представлена мезофільними лактококами підвидів *lactis* і *cremoris* та біовару *lactis* bv. *diacetylactis*. Проте ці продукти істотно відрізняються за своїми властивостями, тому до складу композиції для сиру кисломолочного відбирають штами з низькою вологоутримувальною здатністю для отримання необхідного рівня синерезису, тоді як для сметани, навпаки, акцентується увага на високій вологоутримувальній здатності та можливості синтезу в'язких екзополімерів. Водночас, для прискорення сквашування до складу композиції для сметани додатково залучають термофільні стрептококи. I,

якщо штам є «в'язкого» типу – то можна істотно підвищити густину продукту. Вдало підібране співвідношення між складниками заквашувальної культури дозволяє отримувати сметану однорідної в'язкої консистенції, глянцевої на вигляд, з вершковим ароматом. Помірна енергія кислотоутворення композиції сприяє стабільності властивостей продукту під час усього терміну зберігання, запобігає переокисанню сметани та відділенню сироватки.

Основною складністю при виробництві ряжанки є отримання густої в'язкої консистенції, тому при підборі штамів основну увагу звертають на здатність до синтезу в'язких екзополімерів. Враховуючи ризик фагової інфекції до складу заквашувальної композиції залучають декілька штамів термофільних стрептококів, близьких за своїми властивостями, але з різною фагочутливістю.

Заквашувальні композиції для сиру кисломолочного, як правило, створюють на основі мезофільних лактококів. Інколи для прискорення зсідання молока до її складу залучають термофільні стрептококи неслизистих рас. Мікробіота простокваші, як і сиру кисломолочного, також представлена мезофільними лактококами виду *lactis*. Однак вибір штамів до її складу здійснюється дещо за іншими критеріями. Зокрема, особливу увагу приділяють властивостям, які здатні забезпечити характерні для цього продукту ознаки, а саме, помірний рівень кислотності, виражений аромат, щільну, але не слизувату консистенцію, чистий освіжаючий смак. Штами повинні характеризуватися достатньою вологоутримуючою здатністю, антагонізмом по відношенню до сторонньої мікробіоти тощо.

Найскладнішим завданням для біотехнологів є заквашувальні культури для виробництва кефіру. Це пояснюється специфікою біології кефірних грибків, які поєднують в собі мікроорганізми різних таксономічних груп. Співвідношення між ними є динамічним та істотно залежить від багатьох факторів, таких як температура, склад молока, спосіб його обробки, терміну сквашування тощо. Повністю відтворити цю природну систему в

лабораторних умовах практично не можливо. Створені на основі чистих культур, виділених із кефірних грибків, композиції не дозволяють повністю відтворити характерні для кефіру ознаки, тому заквашувальні культури створюються на основі природної грибкової закваски з відповідною корекцією чутливих до технологічного навантаження складників.

Аналогічно створюють заквашувальні композиції й для інших ферментованих молочних продуктів – сирів, кисловершкового масла, функціональних продуктів. Традиційні кисломолочні продукти є хорошою основою для функціональних (пробіотичних) продуктів. Наприклад, до складу заквашувальної композиції для простокваші було залучено пробіотичний штам *Lactobacillus casei*. Таке поєднання не тільки не вплинуло на смакові якості кінцевого продукту, але й істотно підвищило його функціональні та дієтичні властивості. Цей препарат містить високу кількість клітин в 1 г, характеризується значною активністю і повністю відтворює властиві для простокваші характеристики.