

Заквашувальні культури для ферментованих молочних продуктів – сьогодення та перспективи

Кігель Н.Ф., д.т.н., зав. відділом біотехнології,

Шульга Н.М., к.т.н., ст.н.с.,

Технологічний інститут молока та м'яса УААН

У біотехнології ферментованих молочних продуктів (кисломолочних напоїв, сметани, сиру кисломолочного, сичужних сирів) функціонально необхідним елементом є заквашувальні культури. Вони містять мікроорганізми, спеціально селекціоновані за фізіолого-біохімічними та біотехнологічними властивостями та підібрані з урахуванням особливостей технології певних видів продуктів. Саме мікрофлора заквашувальних культур визначає специфічні фізико-хімічні, дієтичні, лікувально-профілактичні та органолептичні властивості більшості ферментованих молочних продуктів, забезпечує їхню безпечність для споживачів, збереження якісних характеристик упродовж зберігання. Значущість заквашувальних культур обумовлена тим, що під час виготовлення та зберігання продуктів відбувається розвиток мікрофлори, що призводить:

- до перетворення основних частин молока на складові компоненти продуктів, які формують їх характерні властивості (як то: зброджування лактози до молочної та інших кислот, спиртів, альдегідів, кетонів, вуглекислого газу; перетворення лактатів на пропіонову кислоту; модифікація та протеоліз молочних білків з утворенням розчинних білків, пептидів, вільних амінокислот; гідроліз молочного жиру, тощо);
- до зміни фізико-хімічних показників продукту (зниження активної кислотності, окисно-відновного потенціалу), що істотно впливає як на ріст, розмноження та метаболізм сторонньої мікрофлори, так і на інтенсивність та напрям біохімічних процесів;
- до формування специфічної структури та консистенції продуктів;
- до пригнічення розвитку патогенних і умовно-патогенних бактерій в результаті конкуренції за найдоступніші поживні сполуки та утворення специфічних і неспецифічних речовин з антимікробною дією.

Упродовж останніх 20 років відбулися колосальні зміни у культивуванні заквашувальної мікрофлори. Культури, необхідні для отримання ферментованих молочних продуктів, пропонуються ринком у різних формах та зрізною функціональною активністю для певних продуктів.

Промислове виробництво заквашувальних культур залежить від трьох взаємопов'язаних та однаково важливих елементів: технологічного обладнання, власне технологій та управління технологічним процесом. Це можна прослідкувати на прикладі історії розвитку заквашувальних препаратів. Так, спочатку використовували природні закваски, які формувалися за спонтанного сквашування молока. Для виробництва продукту їх додавали у певній кількості до молочної основи. Поступово стали використовувати спеціально відібрані домінуючі штами, або композиції, що надавали продуктові бажаних характеристик. Так виникли закваски, технології виробництва яких реалізовувалися на традиційних методах отримання культур як в молоці, так і в спеціальних поживних середовищах. Виробництво бактеріальних концентратів стало можливим за наявності спеціального обладнання, яке дозволяло нагромаджувати біомасу з певним рівнем антисептики та контролю за перебігом культивування. Детальні дослідження фізіології мікроорганізмів, закономірностей їхнього розвитку, чутливості до технологічних операцій, особливо до способів консервування біомаси, дозволило створити сучасні заквашувальні препарати прямого внесення.

Заквашувальні культури є найважливішим фактором, що визначає кінцеву якість та властивості того чи іншого продукту. Отже, вибір типу бактеріальної культури і способу її використання є надзвичайно важливим для кожного окремого молокопереробного підприємства.

Традиційно в залежності від групового складу мікрофлори розрізняють такі бактеріальні культури:

- мезофільного типу, що містять у своєму складі молочнокислі бактерії видів *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* bvr. *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus casei* ssp. *casei*, *Lactobacillus plantarum*. Такі заквашувальні культури характеризуються

оптимальною температурою розвитку 28-32°C та застосовуються як джерело основної мікрофлори під час виробництва простокваші, сиру кисломолочного, сметани, сичужних сирів з низькою температурою другого нагрівання, м'яких сирів;

- термофільного типу з оптимальною температурою розвитку 37-42°C, до складу яких залучають молочнокислі бактерії видів *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*. Їх використовують під час виробництва таких кисломолочних продуктів, як ряжанка, йогурт, ацидофілін, мечніковська простокваша, а також твердих сичужних сирів з високою температурою другого нагрівання;

- пропіоновокислі бактерії виду *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermani*, які є незамінним складником заквашувальної мікрофлори твердих сичужних сирів швейцарської групи, а останнім часом – біологічно активних молочних продуктів;

- біфідобактерії видів *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium infantis*, які застосовують для збагачення ферментованих молочних продуктів пробіотичною мікрофлорою та надання їм лікувально-профілактичних властивостей;

- культури змішаного типу, що містять мікроорганізмів різних таксономічних груп. Прикладами таких культур можуть бути бакконцентрат для виробництва кефіру, до складу якого входять молочно- і оцтовокислі бактерії та дріжджі; закваски для виробництва кумису, айрану, мацоні тощо. Окремо слід відзначити багатокomпонентні закваски, які поряд з молочнокислими бактеріями, містять біфідобактерії, пропіоновокислі бактерії тощо. До їх складу залучають штами різних видів мікроорганізмів з урахуванням сумісності та синергізму. Це дозволяє розширити ферментний профіль заквашувальної композиції, стабільність властивостей та її біологічну активність, що забезпечує отримання ферментованого продукту високої якості.

В залежності від кількості видів мікроорганізмів у складі заквашувальних композицій виділяють такі типи бактеріальних культур:

- моновидові, що містять бактерії одного виду. Такий підхід часто застосовують для регулювання окремих мікробіологічних та біохімічних процесів під час виробництва ферментованих молочних продуктів. Серед них можна виділити одно штамові та багатоштамові культури визначеного складу;

- полівидові, до складу яких залучено штами декількох відомих видів, або родів мікроорганізмів. Такі заквашувальні культури зазвичай складаються з повного набору бактерій, які забезпечують нормальний перебіг технологічного процесу виробництва ферментованих молочних продуктів, надають їм вираженої смако-ароматичної композиції, формують специфічні фізико-хімічні властивості продуктів. Слід зазначити, що існують і змішані багатоштамові заквашувальні культури невизначеного складу, які містять повністю або частково невизначені мікроорганізми. Прикладами є кефірна грибкова закваска та природні сироваткові закваски, що використовують у виробництві традиційних сирів у Швейцарії, Франції та Італії.

Залежно від фізичного стану заквашувальні культури розподіляють на рідкі, сухі, заморожені.

Залежно від кількості життєздатних клітин та способу одержання вирізняють:

- бактеріальні закваски, під час виробництва яких не проводять концентрування мікробних клітин, тому чисельність бактерій у них зазвичай становить 10^8 - 10^9 КУО/г (см³);

- бактеріальні концентрати, обов'язковим етапом виробництва яких є концентрування бактеріальної маси, тому чисельність бактерій у них сягає 10^{10} - 10^{11} КУО/г (см³). Такі бакпрепарати можуть використовуватися безпосередньо прямим внесенням, або вимагати попередньої активізації.

На сучасному етапі заквашувальні культури прямого внесення (DVS) визнані у всьому світі та набули поширення в Україні завдяки значним перевагам над традиційним пересадковим способом приготування виробничої закваски. Доцільність застосування та перспективність таких культур під час виробництва ферментованих молочних продуктів підтверджено багатьма фактами, серед яких – простота та зручність у використанні, стабільність співвідношення між видами та штамми, можливість працювати зі сировиною зі зниженими якісними

показниками, уникнення вторинного забруднення продукту сторонньою мікрофлорою разом з виробничою закваскою, можливість гнучкого розширення асортименту. В Україні в умовах неідеальної якості молока-сировини пряме внесення культур набуває особливої актуальності.

Важливою перевагою використання DVS-культур є мінімізація ризику враження бактеріофагами. Пряме внесення дає змогу вилучити стадію приготування виробничої закваски та розмноження в ній бактеріофагів, а також значно скоротити тривалість виробничого циклу, тим самим усунути адаптацію фагів до клітин. Сучасні заквашувальні культури, як правило, містять набір штамів з різними фаготипами, що дозволяє в разі враження фагами одного штаму проводити ферментування за рахунок інших.

Слід зазначити, що тип ферментованого продукту обумовлює різні підходи до відбору штамів та створення заквашувальних композицій. Зокрема, основною умовою при створенні заквашувальних культур для традиційних, у тому числі і національних продуктів, є максимальне відтворення їхньої природної мікрофлори, тоді як для продуктів спеціального призначення – забезпечення бажаного корисного впливу на організм споживача. Вибір того чи іншого бактеріального препарату здійснюється виробником ферментованих молочних продуктів за такими критеріями:

- традиції харчування (національні продукти, кошерні продукти);
- вимоги споживачів щодо смакових характеристик, текстури, функціональної дії, умов зберігання;
- біологічні та технологічні характеристики заквашувальної культури, а саме: ферментативний профіль (тип ферментування, рівень протеолітичної та ліполітичної активностей, розщеплення вуглеводів, забезпечення необхідного аромату, консистенції, газоутворення), тривалість та стабільність ферментування, збереження якісних характеристик кінцевого продукту за таких технологічних операцій як охолодження, фасування та зберігання;
- вид заквашувального препарату (рідкий, сухий, заморожений, закваска, концентрат, DVS-культура);
- стійкість до фагів або наявність варіантів для ротації.

Поряд з цими ознаками значної уваги приділяють активності заквашувальної культури. Загалом, активність препарату визначається кількістю життєздатних клітин та рівнем їхньої метаболічної активності. Ці показники забезпечуються власне біотехнологією заквашувального препарату:

- складом мікрофлори заквашувальної композиції;
- умовами нагромадження біомаси (складом ростового середовища, природою нейтралізатора та режимами нейтралізації);
- способом концентрування бактеріальних клітин (центрифугування, сепарування, діаліз);
- способом консервування біомаси (сушіння, заморожування, вид стабілізаційних систем та кріопротекторів);
- умовами зберігання та транспортування заквашувальної культури до молокопереробного підприємства.

Слід зазначити, що чим більше технологічне навантаження припадає на мікрофлору, тим важче зберегти стабільність її популяції та активність. Так, активність рідких препаратів (заквасок та концентрованих суспензій) переважає таку заморожених та сухих, оскільки мікрофлора в останніх знаходиться в анабіозі і потребує певного часу для відновлення.

Молоко є природною еконішею для молочнокислих бактерій. Наразі, не слід забувати, що воно не завжди здатне забезпечити ефективний розвиток заквашувальної мікрофлори. Це може визначатися як природними чинниками, так і технологічними.

Прикладами природних чинників є:

- сезонні зміни складу молока, які стають найвідчутнішими у весняному молоці. У такому молоці знижується вміст вітамінів, факторів росту, вільних амінокислот (аргінін, валін, метіонін, лейцин, фенілаланін);
- наявність різних антибактеріальних систем, що складають природний захист тварин від хвороб та інфекцій – лактеніни, бактеріальні аглютиніни,
- система пероксидази тощо.

Сучасний рівень біотехнології дозволяє отримувати чисті заквашувальні препарати, які не містять будь якої сторонньої мікрофлори і добре розвиваються у

молоці. Однак за різних порушень норм утримання тварин та одержання молока до нього можуть потрапити:

- інгібуючі речовини, що надходять із кормів (запліснявілий силос, турнепс, ріпа тощо)
- стороння мікрофлора;
- антибіотики, пестициди;
- різноманітні миюче дезинфікуючі засоби тощо.

На ефективність функціонування заквашувальних культур під час виробництва тих чи інших молочних продуктів також мають вплив і технологічні чинники:

- адекватність заквашувальної мікрофлори та молочної основи;
- режим теплового оброблення молока;
- допоміжні матеріали та технологічні інгредієнти (підсолоджувачі, барвники, стабілізатори у виробництві кисломолочних напоїв, молокозсідальні препарати, сіль у виробництві сичужних сирів);
- дотримання технологічних інструкцій (доза заквашувальної культури, тривалість ферментування та інших операцій, режими визрівання тощо).

Однією з головних причин низької активності заквасок під час отримання молочних ферментованих продуктів є лізис культур, спричинений бактеріофагами. Бактеріофаги є невід'ємним фактором будь-якого мікробіологічного виробництва, і особливо за молочнокислої ферментації, яка відбувається за нестерильних умов, що збільшує вірогідність таких інфекцій. Найпоширенішими біологічними джерелами та причинами враження фагами лактобактерій є сирі молоко та вершки, виробнича закваска, підсирна та творожна сироватка, ропа у соливих басейнах, зовнішнє середовище (повітря, вода, персонал), недостатньо продезинфіковане обладнання, трубопроводи та інвентар. Важливо, що упродовж останнього десятиріччя змінився не лише спектр бактеріофагів, які циркулюють на молочних підприємствах, але й їхня вірулентність, тобто здатність вражати бактерії. Якщо раніше домінували фаги мезофільних молочнокислих бактерій, то нині все частіше виділяють фаги, здатні лізувати термофільні стрептококи і лактобацили. Тому запорукою успішного функціонування заквашувальних культур будь-якого типу

під час виробництва ферментованих молочних продуктів є систематичний фаговий моніторинг на підприємствах. Він включає проведення таких заходів:

- контроль активності виробничої закваски (кислотність через упродовж певного часу за оптимальної температури культивування), контроль за приростом кислотності молока, контроль за приростом кислотності сироватки під час виробництва сиру та рН після пресування;

- періодичне визначення титру бактеріофагу різних об'єктів (закваска, сироватка, ропа, повітря цеху, змиви з обладнання) за кількістю негативних колоній на газонах індикаторних штамів (фаготест);

- встановлення причин, що спричиняють відхилення фагової ситуації від норми, розроблення та реалізація заходів з усунення причин враження фаговою інфекцією.

Заходи профілактики та боротьби з бактеріофагами на підприємствах молочного профілю:

- пастеризація молока для приготування виробничої закваски за температури не менше 95°C упродовж 30 хв.;

- дотримання правил асептики у роботі з заквашувальними культурами;

- систематична та системна ротація заквашувальних культур;

- ретельне миття обладнання, включаючи зовнішню поверхню, молокопроводів, інвентаря, підлоги та спецодягу, дезинфекція за допомогою 10% розчину хлорного вапна та миюче-дезинфікуючих засобів на основі хлору (концентрація розчину 300-500 мг/л активного Cl), пропарювання сироробних ванн та сировиготовлювачів після кожної варки упродовж не менше 5 хвилин;

- знезараження повітря.

Отже, викладене вище свідчить про необхідність значної уваги до біотехнології як заквашувальних культур, технологій ферментованих молочних продуктів, так і способів для забезпечення високого ступеня безпеки виробництва.