

М.В. КАРПУТІНА, канд. техн. наук,
В.А. ДОМАРЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,
З.М. РОМАНОВА, канд. техн. наук,
І.М. БАБИЧ, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

СУЧАСНІ СПОСОБИ РОЗВЕДЕННЯ ЧИСТОЇ КУЛЬТУРИ ПИВОВАРНИХ ДРІЖДЖІВ

Проаналізовано сучасні способи розведення чистої культури пивоварних дріжджів починаючи від лабораторної стадії та визначено фактори, які впливають на інтенсифікацію цього процесу. Наведені приклади сучасних способів пропагації дріжджів на підприємствах галузі, які дозволяють отримати високу концентрацію клітин, що знаходяться в інтенсивній фазі розмноження, знизити ризик зараження чистої культури дріжджів, збільшити продуктивність підприємства в цілому.

Ключові слова: чиста культура дріжджів, пропагатор, сусло, аерація, кисень, бродіння.

Сьогодні перед підприємствами пивоварної галузі стоїть задача впровадження ефективних способів розмноження чистої культури пивоварних дріжджів, які б дозволили отримати високий вихід біомаси клітин, сприяли скороченню терміну зброджування сусла і забезпечували зниження собівартості продукції. У зв'язку з цим актуальним є питання визначення факторів, які впливають на процес розмноження дріжджів, оцінка ефективності різних схем розведення чистої культури пивних дріжджів.

Сучасні технології розмноження дріжджів передбачають створення аеробних умов проходження даного процесу, що забезпечує високі врожаї дріжджових культур та спрощення технології розмноження.

Крім того, розмноження дріжджів в аеробних пропагаторах здійснюють при температурі 25 °С для штамів як низового так і верхового бродіння. При цьому тривалість циклу розведення дріжджів завдяки підвищенню температури та переходу до аеробіозу значно скорочується.

Розведення дріжджів здійснюється у дві стадії — в лабораторії та на виробництві. Мета лабораторної стадії полягає у тому, щоб накопичити достатню кількість біомаси дріжджів, що дозволить перейти до їх розведення на виробництві. Це досягається послідовним пересіванням все збільшеного об'єму культури та перевіркою її санітарно-гігієнічного стану.

Спочатку дріжджі розмножить у колбах об'ємом до 2-х літрів з вільним простором в них не менше ніж 60 % та з постійним струшуванням на ротаційних шейкерах зі швидкістю 200 об/хв. Наступна та завершальна стадія лабораторного розведення дріжджів виконується у плоскодонних циліндричних ємностях з нержавіючої сталі з робочим об'ємом 20...25 л — «колбах Карлсберга». З практичних міркувань ці колби заповнюють стерильним суслом, тоді як попередні стадії розмноження зазвичай проводять на напівсинтетичних середовищах (наприклад, пептоно-глюкозному дріжджовому екстракті). Для переміщення культури у засівний резервуар пропагатора використовують відфільтроване повітря, кисень, азот або вуглекислий газ [1]. Приклад лабораторної (Л) та виробничої (В) стадій розведення дріжджів наведений у таблиці.

Головною причиною розробки способів аеробного розведення дріжджів є низька ефективність бродіння першої генерації. При використанні традиційних анаеробних пропагаторів

накопичується недостатньо велика біомаса дріжджів для забезпечення задовільної норми засіву і це у свою чергу призводить до мало інтенсивного зatoryного бродіння та нестандартного пива. Для покращення такого стану пропонується використання інтенсивного перемішування та аерація, однак значного ефекту це не дає.

Лабораторна та виробнича стадії процесу розведення дріжджів

Стадія розведення	Об'єм та режим розведення
Л	Дріжджі на скошеному поживному середовищі
Л	2 · 10 см ³ ; стаціонарно, 24 год. при 25 °С
Л	2 · 100 см ³ ; при струшуванні, 72 год. при 25 °С
Л	3 дм ³ ; при постійній аерації, 72 год. при 25 °С
Л	20 дм ³ ; при постійній аерації, 72 год. при 25 °С
В	8 гл; при постійній аерації, 24 – 30 год. при 25 °С
В	140 гл; при постійній аерації, 24 – 30 год. при 25 °С
В	1600 гл; бродіння у бродильних ємностях

До того ж додається те, що сьогодні, по-перше, поширена технологія зброджування у сусла у ЦКТ, об'єм яких становить 1600...4000 гл, що значно більше об'єму невеликих бродильних апаратів класичної технології, а по-друге поширене застосування сусла з високою концентрацією сухих речовин. В результаті вихід дріжджів з анаеробних пропаторів виявляється занадто низьким (приблизно 80 гл з вмістом 70 млн. клітин/см³; для сусла об'ємом, наприклад, 1600 гл це дає величину засіву 3,5 млн. клітин /см³ при вимозі для сусла з високою концентрацією сухих речовин 15 млн. клітин/см³. Тому, безумовно, такий режим розведення зазвичай є причиною збоїв у технологічному режимі.

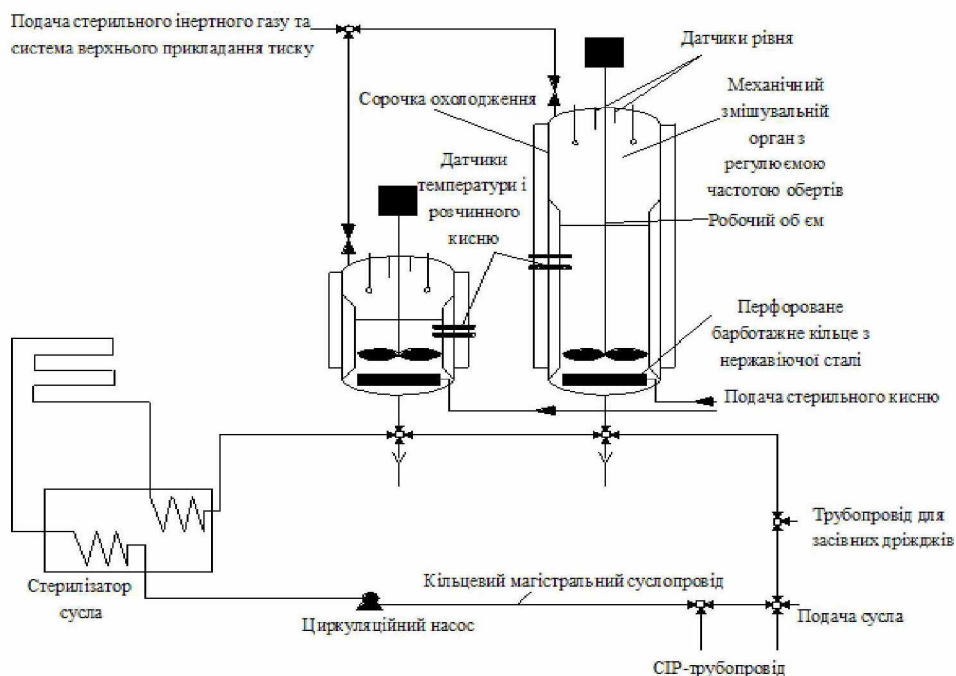


Рис. 1. Схема аеробного пропатора

ТЕХНОЛОГІЯ

У випадку традиційного анаеробного розведення кисень подавався на початку процесу [1]. Іноді в пропаторах у ході всього процесу розведення здійснювалась додаткова аерація або оксигенація крізь стерильні фільтри, однак, перенос газу у таких умовах є дуже низьким, так як більша частини поданого кисню уходить у вільний простір у верхній частині резервуару. Це явище є відображенням фундаментальних законів переносу газу у культурах мікроорганізмів, згідно яких на цей процес впливає перемішування, густина або зростаючий парціальний тиск газу. З трьох цих параметрів найбільший вплив чинить перемішування. Газопоглинаюча здатність ферментера $K_L a$ є визначальним параметром для оцінки експлуатаційних якостей лабораторного та промислового устаткування.

Таким чином, основною задачею аеробного пропатора для пивних дріжджів є підтримання мінімального, але визначеного рівня розчинного кисню у ході всього процесу. Це досягається шляхом поєднання регулювання надходження кисню та перемішування. Такі умови гарантують, що розмноження дріжджів не лімітується киснем і в результаті досягається вихід біомаси на рівні 200 млн. клітин/см³ у порівнянні з 50...70 млн. клітин/см³ у звичайному анаеробному пропаторі.

Вдалим прикладом сучасного аеробного пропатора є пропатор, який використовується на двох британських пивоварних підприємствах [1] і забезпечує об'єм засівних дріжджів 140 гл при внесенні у подальшому в об'єм сусла 1500 гл при запланованій нормі введення 15 млн. клітин/см³ (рис. 1).

Це досягається шляхом використання двоступеневої аеробної системи із засівною камерою об'ємом 13 гл (робочий об'єм — 8 гл), яка живить пропатор об'ємом 220 гл (робочий об'єм — 140 гл). Обидві ємності мають перфоровані барбатажні кільця з нержавіючої сталі та потужний верхній перемішувач у якому регулюється частота обертів і який розташований над кільцем насичення киснем. Для забезпечення турбулентності потоку всередині кожної ємності розташовані дефлектори. При введенні пропатора в експлуатацію був встановлений відповідний режим його роботи, який забезпечував номінальний розрахунковий показник переносу газу $K_L a$, що гарантувало підтримку аеробних умов протягом всього процесу розмноження дріжджів. У даному випадку максимальна швидкість перемішування складала 58 об/хв з витратою кисню 10...100 л/хв.

Надійність такої конструкції у гігієнічному відношенні підтверджується відсутністю мікробіологічних збоїв протягом п'яти років експлуатації пропаторів на підприємствах. При цьому дані підприємства працюють на чотирьох штамах дріжджів. Заходи у рамках «вірної виробничої практики» включають використання спеціальної системи SIP, застосування стерильного сусла, стерилізацію ємностей та пов'язаних із ними трубопроводів паром, використання мікробіологічних фільтрів для газів та обробку паром точок пробовідбору. Усунення піни, яка утворюється під час процесу розмноження дріжджів, забезпечується конструкцією резервуару, що має виступаючі края та також додатковим верхнім тиском. При необхідності для зменшення піни зменшується інтенсивність перемішування середовища і витрата газу.

Російські вчені у свою чергу запатентували інноваційну систему аеробної пропатації чистої культури дріжджів з безперервною подачею сусла [2]. Як стверджують автори, чиста культура дріжджів, отримана за удосконаленим способом, має вищі якісні показники у порівнянні з ЧКД, отриману в установках з періодичною подачею сусла і пропатацією в одному апараті, які пропонуються усіма відомими виробниками подібного обладнання (Штайнекер, Хуппман, Цимман, Нокадо-шварте, Альфа Лаваль та інші). При цьому на запропонованій установці забезпечується більш висока концентрація клітин, які знаходяться в інтенсивній фазі розмноження (лог-фазі) за більш короткий проміжок часу та усувається ризик зараження ЧКД. Відзначається також нижча, ніж у конкурентів майже на 40 % вартість устаткування, значне зниження часу зброджування сусла (майже на 30 %), що скорочує час приготування пива у цілому, збільшується продуктивність підприємства, знижується собівартість продукції.

Установка (рис. 2) складається з двох апаратів з робочим об'ємом, наприклад, 80 гл кожний. Один з них є пропатором і оснащений сорочкою охолодження та пристроєм для аерації. У ньому і проходить увесь процес розмноження ЧКД.

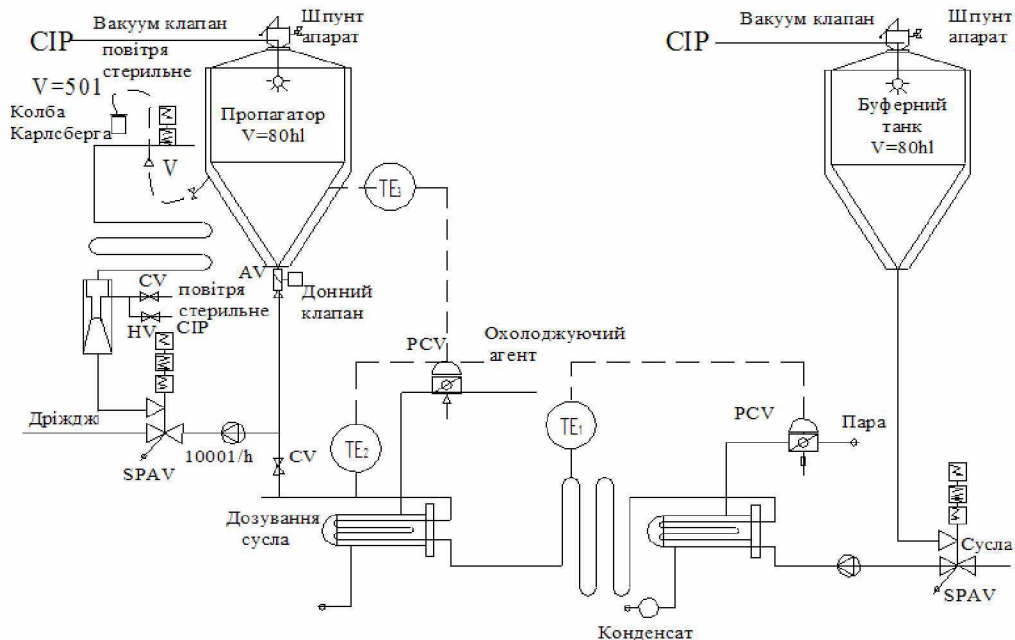


Рис. 2. Інноваційна система пропagaції ЧКД

Інший апарат представляє собою просто буферну ємність з теплоізоляцією, в яку приймається з варильного відділення відповідна порція гарячого сусла з температурою 80...90 °С.

Стадія охолодження сусла після стерилізації з метою пропagaції чистої культури дріжджів зі 100 °С до 10 °С може тривати до 24 годин. При чому зниження температури до 35...40 °С відбувається швидко — за 2,5...3 години, значну ж кількість часу сусло знаходиться в області температур 10...35 °С, що є оптимумом температур для більшості шкідливих культур мікроорганізмів, наприклад, для диких дріжджів.

В інноваційній технології з безперервним дозуванням сусла, відразу після стерилізації при високій температурі, сусло охолоджується у поточному теплообміннику, а так як потік сусла дуже незначний, то відбувається це досить швидко, за лічені хвилини і ризик зараження нівелюється. Це одна з відмін даної системи пропagaції від інших, в яких для покращення теплообміну та прискорення охолодження у стерилізатори вбудовуються мішалки або влаштовуються зовнішні контури охолодження, що підвищує ризик зараження чистої культури дріжджів.

В цій технології пропagaції також вирішується проблема «шоку». Після внесення чистої культури дріжджів за допомогою колб Карсберга у пропagaтор у дріжджів виникає шок, який виражається в уповільненні розмноження клітин.

«Шок» у дріжджових клітин виникає під час чергової операції додавання у пропagaтор сусла і триває на протязі 3...6 годин. Інноваційна технологія зменшує тривалість і наслідки такого «шоку», так як сусло дозується у пропagaтор невеликим потоком і тільки у разі необхідності. Таким чином середовище життєдіяльності клітин під час всього процесу пропagaції залишається майже незмінним.

Під час вирощування ЧКД важливим є забезпечення оптимальної аерації сусла. При черговому додаванні сусла у пропagaтор процентний вміст дріжджів різко зменшується, при цьому більша частина кисню взаємодіє із суслим [3]. Відомо, що під час пропagaції дріжджів біля 50 % кисню, що додається у середовище, витрачається на процеси хімічного окислення компонентів середовища.

В даній технології концентрація клітин у суслі завжди підтримується на відносно високому рівні 60...70 млн. клітин у мл., а це гарантує, що увесь кисень, що подається, у значно більшому ступені споживається дріжджами, а не витрачається на процеси окислення компонентів середовища.

ТЕХНОЛОГІЯ

Оцінюючи загалом спосіб аеробного розмноження дріжджів слід зазначити, що при загальній успішності цей метод повністю не справив всіх покладених на нього науковцями та виробничниками надій. Не дивлячись на те, що у ферментері досягається встановлена рекомендована норма засіву, тривалість циклу першої генерації (і в більшому ступені — другої), виявляється більшою за стандартну. Однак, вихід дріжджів, життєздатність і якість пива, отриманого бродінням за допомогою перших генерацій, не відрізняються від одержаних за допомогою наступних генерацій. Причини такого явища ще недостатньо визначені. Окремі вчені висувають припущення, що клітини, які були вирощені в аеробних умовах менші за розміром тих, що були одержані анаеробним шляхом. Відповідно об'єм анаеробних клітин майже у три рази більший, ніж об'єм такої ж кількості аеробних, а площа їх поверхні майже у два рази більша, ніж у аеробних дріжджів. Однак, такі припущення та висновки не є однозначними і це питання потребує подальшого вивчення.

Висновки. Таким чином при виборі способу розведення чистої культури дріжджів та конструкцій пропаторів сучасним пивоварним підприємствам слід враховувати весь комплекс факторів, які впливають на перебіг даного процесу: оптимальну аерацію, зниження впливу осмотичного стресу на дріжджові клітини, усунення ризику зараження чистої культури дріжджів, собівартість обладнання. Саме такий комплексний підхід забезпечить безумовну ефективність процесу розведення чистої культури пивоварних дріжджів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Boulton C. Brewing Yeast and Fermentation / C. Boulton, D. Quain // Oxford: Blackwell Science. — 2001.*
2. *Кейтуков Ч.М. Развитие систем пропации пивных дрожжей: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Ч.М. Кейтуков. — М., 2007. — 20 с.*
3. *Вакербауер К. Разведение чистой культуры дрожжей / К. Вакербауер, Х. Хеонг, М. Бекман. // Мир пива. 2004, № 2. — С. 16 — 28.*

Проанализированы современные способы размножения пивоваренных дрожжей начиная с лабораторной стадии и определены факторы, которые влияют на интенсификацию этого процесса. Приведены примеры современных способов пропации дрожжей на предприятиях отрасли, которые позволяют получить высокую концентрацию клеток, находящихся в интенсивной фазе размножения, снизить риск заражения чистой культуры дрожжей, увеличить продуктивность предприятия в целом.

Ключевые слова: чистая культура дрожжей, пропатор, сусло, аерация, кислород, брожение.

M. Karputina, V. Domareckij, Z. Romanova

Modern methods of breeding of clean culture of brewing yeasts

The modern methods of reproduction of brewing yeasts are analysed since the laboratory stage. Reasons of insufficient accumulation of biological mass of yeasts are described at the use of traditional anaerobic technology of their receipt. Factors which influence on intensification of process of breeding of clean culture of brewing yeasts are certain. Examples of modern methods of fermentation of yeasts are made on the enterprises of industry, which allow to get the high concentration of cages which are in the intensive phase of reproduction, reduce the risk of infection of clean culture of yeasts, increase the productivity of enterprise on the whole.

Key words: clean culture of yeasts, fermenter, wort, airing, oxygen, fermentation.

Одержана редколегією 10.11.2011 р.