Апаратурне оформлення процесів замочування ячменю у виробництві солоду

Піддубний В.А., Шевченко О.Ю., доктори технічних наук; **Махинько В.М., Терлецька В.А.**, кандидати технічних наук
Національний університет харчових технологій

Виробництво ячмінного солоду має стародавню історію, але в наші часи класичні технології поповнилися аналогічною переробкою таких культур, як кукурудза, пшениця, жито, овес, до яких додано бобові культури - сою та горох.

Для більшості технологій передбачаються етапи миття, замочування, пророщування та сушіння, хоча в окремих випадках операція висушування відсутня (виробництво свіжопроросших солодів). У загальному визначенні солодом вважають заздалегідь замочене і проросле в штучних умовах зерно, збагачене активними ферментами.

Процеси виробництва солодів різного призначення в залежності від типу злаків і кінцевого призначення мають деякі відмінності, однак, за винятком ферментативного житнього, готуються за однаковою технологічною схемою.

Метою замочування є збільшення вологості зерна до 42-48% і активізація його життєдіяльності. Під час замочування здійснюється накопичення активних ферментів і гідроліз його складових речовин. Необхідними умовами солодовирощування є наявність вологи, кисню, видалення утвореного діоксиду вуглецю та стабілізація температури [1-4].

Завданням цього дослідження визначено поглиблений аналіз процесів і апаратурного оформлення замочування зерна та пошук напрямків удосконалення цих процесів.

В замочних чанах здійснюються процеси миття, дезинфекції та замочування солоду. Внаслідок проведення цих операцій початкова вологість зерна зростає від 13-15% до 44-48%. Загальний час операцій миття і дезинфекції не перевищує 5-6 год., а замочування складає 65-66 год. Замочні чани виконуються у вигляді циліндро-конічних апаратів, і висота циліндричної частини в більшості випадків складає 1250-2500, а конічної - 1270-2330 мм. Аераційна система в них розміщується по внутрішній конічній поверхні і виконується у вигляді кількох барботажних кілець-колекторів з отворами. Розташування кілець-колекторів на відносно значній глибині під шаром зерно-водяної суміші пояснюється умовами масопередачі від газової фази (бульбашки повітря) до рідинної фази води. Відомо, що кисень є малорозчинним газом, і теорія масопередачі в таких випадках стверджує [3], що головний опір цьому процесу має місце в рідинній плівці, що оточує бульбашки повітря. Вже розчинений кисень асиміліюється зернівкою, і тому система «газ - рідина - зерно» весь час перебуває в стані динамічної рівноваги. Недостатня кількість кисню у воді викликає перехід зерна на інтрамолекулярне дихання, що пов'язано з додатковими втратами сухих речовин і втратою якості. Забезпечення необхідного матеріального балансу по кисню потребує використання відомих складових інтенсифікації процесу розчинення O_2. До числа факторів, які визначають швидкість розчинення кисню,

$$\frac{dG_{O_2}}{dt}\left(\frac{кг}{с}\right)$$

належать коефіцієнт масопередачі k, поверхня розділу фаз F системи «газ - рідина» і різниця констант насичення $C_н$ води киснем за даної температури і парціального тиску (закон Генрі) [1, 3] та побіжної концентрації C_t. Зв'язок між вказаними параметрами встановлюється законом:

$$\frac{dG_{O_2}}{dt} = kF(C_н - C_t)$$

Якомога більше заглиблення аератора приводить до інтенсифікації розчинення O_2 за рахунок збільшення поверхні масопередачі F (збільшується час від утворення пухирця до виходу його з рідинно-зернової суміші). Одночасно досягається збільшення середньої константи насичення через зростання тиску аерації.

Головним недоліком такої системи забезпечення розчинення киснем є те, що протитиск в існуючих умовах складає від 3 до 4 м водяного стовпчика. Це означає необхідність використання повітряних компресорів, оскільки вентилятори (навіть високого тиску) за таких умов непридатні. В свою чергу, недоліком використовуваних на сучасних виробництвах повітряних компресорів є те, що поступальна пара в них, утворена кільцями і втулками циліндрів, потребує активного змащення. Частина цих мастил, незважаючи на всі заходи, потрапляє в систему забезпечення заводів повітрям і в тому числі в аераційні системи замочних чанів. Масляні плівки в останніх призводять до різкого зниження коефіцієнтів масопередачі в системі «газ - рідина» та «рідина - зернівка». Масляна плівка за таких умов утворюється на кожній зернівці.

Усунення вказаного недоліку можливе за використання так званих безмасляних компресорів, в яких за рахунок відповідного вибору матеріалів гвинтової пари робочого органу вдається уникнути використання мастил. Однак вартість таких компресорів заважає їхньому широкому використанню.

Автором пропонується конструкція системи аерації, яка грунтується на використанні звичайного або високонапорного вентилятора (рис. 1). У зв'язку з обмеженим тиском вентилятора аераційний барботажний елемент занурюється під шар водозернової суміші на величину h, яка відповідає умові:

$$h < P_{вент.}$$

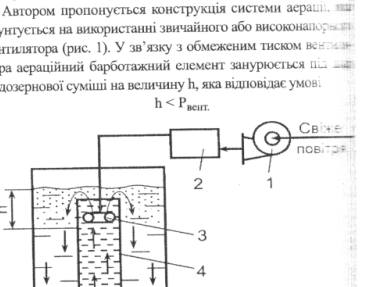

Рис. 1. Система аерації замочного чана: 1 – вентилятор; 2 – мікробіологічний фільтр; 3 – барботажний аератор; 4 – циркуляційна труба

Для забезпечення киснем всього об'єму водозернової суміші в чані аератор встановлюється в циркуляційній трубі, змонтованій по осі чану.

Повітря вентилятором *1* через мікробіологічний фільтр *2* подається до барботажного аератора *3*, над яким утворюється газоводозернова суміш. Щільність останньої менша за суміш води і зерна, тому в циркуляційній трубі *4* виникає висхідний потік, а зовні труби - опускний потік суміші.

В такій системі недолік, пов'язаний зі зниженням константи насичення $C_н$, порівняно з класичною схемою компенсується кількістю повітря, що подається вентилятором. Утворення стійкого циркуляційного контуру в той самий час гарантує рівномірне насичення киснем рідинного середовища. Оскільки поглинання кисню здійснюється в тому числі й при русі суміші в циркуляційному контурі, то це означає підведення в зону аерації збіднених на кисень прошарків, тобто зі зменшеним значенням плинної концентрації C_t. У результаті в зоні аератора зростає різниця концентрацій $C_н$ - C_t, тобто зростає рушійна сила процесу масопередачі.

Пропускання потоку повітря через мікробіологічний фільтр гарантує наближення процесу замочування зерна до асептичного стану.

Ефективність аераційних барботажних систем значною мірою визначається їхньою геометрією. Відомо, що свого часу перевага віддавалася системам з якомога меншими розмірами барботажних отворів, аж до рівня мікроотворів. Такий вибір пояснювався очікуваною залежністю між розмірами отворів і пухирців, що утворюються. Однак пізніше було показано, що розміри барботажних отворів у дуже широкому спектрі практично не впливають на гідродинаміку барботажних систем.

Узагальнення результатів досліджень за цією темою дозволяє рекомендувати живий переріз отворів барботажних систем вибирати з розрахунку швидкості повітря в отворах 25-30 м/с. За таких швидкостей розміри утворених пухирців залежать від фізико-хімічних властивостей рідинної фази. Стабілізація розмірів відбувається на висоті 0,5-0,7 м над барботажним елементом, а тому діаметр барботажних отворів слід обирати в межах 1,5-3 мм. Діаметр циркуляційної труби слід призначати у співвідношенні 0,15-0,3 діаметра циліндричної частини замочного чану.

Кільцевий зазор між циркуляційною трубою і конічним дном чану слід обирати з площею, рівною площі поперечного перерізу циркуляційної труби.

Для апаратів збільшених габаритів пропонується аераційна система на основі ежекційного пристрою (рис. 2). Вона складається з насоса 1, ежектора 2, циркуляційної труби 3 і мікробіологічного фільтра 4. Для запобігання потраплянню зерна до насоса в чані встановлюється сітка 5.

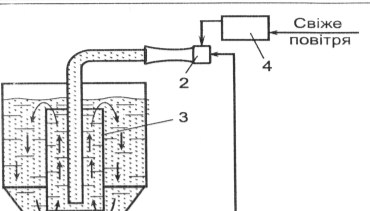

Рис. 2. Система аерації замочного чану: 1 – насос; 2 – ежектор; 3 – циркуляційна труба; 4 – мікробіологічний фільтр; 5 – сітка

Насосом 1 замочна вода подається до ежектора 2, і струменем води через фільтр 4 підсмоктується повітря.

В результаті взаємодії рідинного та повітряного потоків з них утворюється суміш з розвинутою поверхнею масопередачі. В зв'язку з цим вода досягає стану насичення, і газорідинна суміш трубопроводом подається до нижньої частини циркуляційної труби. В циркуляційній трубі утворюється висхідна частина циркуляційного контуру, і газова фаза продовжує насичення зернорідинної суміші киснем. Діаметр циркуляційної труби, як і в попередньому випадку, обирається зі співвідношенням 0,15-0,3 діаметра чану. Трубопроводи тракту подачі води розраховуються зі швидкістю 1-1,5 м/с, а ділянки підведення повітря - 25-30. Кількість повітря, яке подається на процес, визначається за матеріальним балансом процесу, а визначення геометричних параметрів ежектора здійснюється спеціальними розрахунками.

Перевірка запропонованих систем аерації замочних чанів показала їхню надійність і підтвердила високу ефективність.

Висновки

1. Запропонований барботажний аератор з обмеженою висотою занурення під шар зерноводяної суміші з подаванням повітря від вентилятора підвищеного тиску ліквідує можливість потрапляння до нього технічних мастил, що інтенсифікує масообмін по кисню і підвищує якість продукції.

2. Стосовно замочних апаратів збільшеної місткості пропонується до використання системи з насосом і аераційним ежектором зі значним заглибленням повітроводу для подавання водоповітряної суміші в циркуляційну трубу.

3. Розміщення аераційних елементів у циркуляційній трубі супроводжується підведенням у зону аерації збіднілих на кисень шарів повітря, що збільшує рушійну силу процесу масопередачі й ефективність системи.

Література

1. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива. - К.: "Урожай», 1999. - 542 с.
2. Колотуша П.В. Технологія солоду. - К.: Ін-т системн. досл. освіти, 1993. - 136 с.
3. Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. Транспортно-технологічні системи пивзаводів. - К.: "АртЕю», 2002. - 304 с.
4. Олізаровський А.Б. Удосконалення процесів і пристроїв для зберігання і підготовки зерна до солодовирощування. / Автореф. дисертації на здобуття ступеня к.т.н. - К., 1996. - 25 с.
5. Деклараційний патент України №56890 А. Апарат для замочування зерна. Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. та ін. /Опубл. 15.03.03. Бюл. №5.
5. Деклараційний патент України №25649. Масообмінний апарат. Соколенко А.І., Піддубний В.А., Підлісний В.В. та ін. /Опубл. 10.08.07. Бюл. №12.