

12. Динаміка і особливості масообміну в процесах бродіння

Олексій Бойко, Володимир Криворотько

Національний університет харчових технологій.

Вступ. Вміст водяної пари та парів етилового спирту в газопаровій фазі, що видаляється з бродильного апарату, залежить від виску над поверхнею поділу фаз в апараті. Проте теоретичні розрахунки, які показують залежність даного процесу від тиску, відсутні. В проведеному теоретичному дослідженні виконано розрахунок розмірів газопарових бульбашок, що утворюються в об'ємі матеріального потоку, загальної площі поверхні бульбашок та інтенсивності тепло та масообміну на поверхні масообміну.

Матеріали і методи. В ході проведення дослідження використовувалися методи математичного моделювання та загальні фізичні закони (закону Менделєєва-Клапейрона, Гей-Люсака, Генрі та інші). Серед використаних узагальнень та припущень є наступні: всі газопарові бульбашки виникають на поверхні твердих часток та стінках ємкості, кількість утворених бульбашок прямопропорційно концентрації простих вуглеводнів в одиниці об'єму, газопарова бульбашка при спливанні має форму кулі.

Результати. Випаровування етилового спирту та води обмежується двома факторами - енергетичним потенціалом матеріального потоку та парціальним тиском речовин в об'ємі газової бульбашки.

Загальний тепловий потік від розчину до об'єму бульбашки визначається залежністю

$$Q_{zp} = N_{zag} q_{zp} = (N + N_{pux}) \frac{r \rho_{zag} R_{mux}}{\tau_0} \quad (1)$$

де N - кількість зародків бульбашок, які утворюються в загальному об'ємі рідини; N_{pux} - кількість бульбашок, які спливають; r - теплота пароутворення; $\rho_{газ}$ - густина газової фази; R_{mux} - радіус газової бульбашки; τ_0 - час існування газової бульбашки на поверхні, де вона утворилася.

Парціальний сукупний тиск пари залежить від мас парів кожного компоненту, який випаровується, визначається за наступною формулою

$$p_{парц} = \frac{m_{пар}}{M} = \frac{\partial K_{вин}^1}{M \partial \tau} S_{mux}^{zag} \quad (2)$$

де $\frac{\partial K_{вин}^1}{\partial \tau}$ - швидкість випаровування речовини в замкнений простір; M - молекулярна маса речовини; S_{mux}^{zag} - загальний об'єм бульбашок, які спливають та тих, що не відірвалися від поверхні на якій утворилися.

Швидкість випаровування речовини в замкнений простір можна визначити за рівнянням Ленгмюра—Кнудсена

$$K_{вин}^1 = \alpha (p_{парц}^{нас} - p_{парц}^{пот}) \sqrt{\frac{M_{вин}}{2\pi RT}} \quad (3)$$

де α - коефіцієнт випаровування, який враховує чистоту розчину та умови випаровування; $p_{парц}^{нас}$ - парціальний тиск насичення парів речовини за тиску p_{mux} та температури T ; $p_{парц}^{пот}$ - поточне значенням парціального тиску в об'ємі газової бульбашки; $M_{вин}$ - молекулярна маса речовини, яка випаровується.

$$\alpha = \left(\frac{p_{розч}^0}{p_{вин}^0} \right) \sqrt{\frac{M_{вин}}{M_{розч}}} \quad (4)$$

де $p_{розч}^0$ та $p_{вин}^0$ - тиск чистих парів розчинника та речовини, яка випаровується, при температурі T ; $M_{розч}$ - молекулярна маса розчинника.

При визначенні інтенсивності випаровування етилового спирту в об'єм газових бульбашок за розчинник приймається вода, а при знаходженні інтенсивності випаровування води, то розчинник - етиловий спирт.

Висновки. Проведено аналіз інтенсивності видалення газової фази з сусла при спиртовому бродінні та вплив на даний процес зниження тиску в бродильному апараті. Виведено залежності, які дозволяють оцінити геометричні параметри газових бульбашок, час їх існування, об'єм газової фази, яка видаляється за час τ ; загальну площу поверхні масо- та енергообміну. Також виведені залежності, які дозволяють визначити масу етилового спирту та води, які видаляються з сусла при зниженні тиску в бродильному апараті.

Література.

1. *Reynes, E. G.* / E. G. Reynes, G. Thodos // *AIChE J.*, 1962, - Volume 8, - p. 357.
2. *Богданов О.С.* Физико-химические основы флотации / О.С, Богданов, А.М. Гольман, И.А. Мелик-Гайказян и др., - М.: Наука, 1983. – 264 с.
3. *Соколенко А.І.*, Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях (Монографія) / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, О.Ю. Шевченко – К. : Люксар, 2008. – 443 с.