

ОСОБЛИВОСТІ МАСОВОГО ЗАРОДЖЕННЯ КРИСТАЛІВ ЦУКРОЗИ

Мирончук В.Г., професор, д.т.н. (НУХТ)

Розглянуто питання механізму зародження кристалів цукрози в умовах промислової кристалізації при використанні дрібнокристалічної затравки.

Механізм утворення зародків кристалів трактується дослідниками по-різному і досі остаточно не вивчений [1]. У випадку масової кристалізації цукрози на процес утворення центрів кристалізації впливає велика кількість факторів: в'язкість, чистота розчину, перемішування, коливання температури тощо [2]. У промисловості для здійснення процесу зародження центрів кристалізації цукрози застосовують: цукрову пудру, затравочні цукрові суспензії та спеціальні затравочні пасти [3]. Механізм процесу кристалоутворення в цьому випадку пояснюється тим, що в об'єм перенасиченого розчину вводиться певна кількість кристалічних центрів розміром 1-12 мікрон [3], на яких відбувається подальше нарощування кристалів. Разом з тим, після введення затравки необхідна кількість (критична концентрація) зародків кристалів утворюється протягом певного часу (латентного періоду). Процес кристалоутворення відбувається за складним механізмом. Частинки твердої фази, що вводяться у перенасичений розчин в якості затравки суттєво впливають на стан цукрового розчину.

Водні розчини цукрози в інтервалі коефіцієнтів перенасичень від 1,0 до 1,2-1,3 містять незначну кількість вільної води [4], що зумовлює малу ймовірність об'єднання молекул цукрози і утворення центрів кристалізації. Разом з тим за цих умов можливе утворення дозародкових асоціатів молекул цукрози, які не досягають критичного розміру і розпадаються.

За умов нестійкої системи (коефіцієнт перенасичення $1,25 \div 1,3$) введені у цукровий розчин затравочні кристали зв'язують вільну воду. Нестача вільної води викликає порушення рівноважного стану розчину і появу молекул цукрози із неповним ступенем гідратації, які об'єднуються в асоціати. За умов випарювання

розчинника ці асоціати ростуть, досягають критичного розміру і перетворюються у центри кристалізації.

Критичний розмір зародка кристала цукрози, здатного до подальшого росту, може бути визначений із уявлень нерівноважної статичної термодинаміки з врахуванням впливу на термодинамічний потенціал системи градієнтів густини, що виникли за умов дифузійного масообміну між зародком і оточуючим середовищем [5]. Розмір критичного зародка кристала цукрози за умов максимуму зміни величини термодинамічного потенціалу визначається за виразом [5]:

$$r_{кр} = \frac{2K_{Fr}\sigma G_M}{3K_{Gr}\Delta\mu} - K \frac{(\rho_1 - \rho_0)^2}{2\sigma}, \quad (1)$$

де K_{Fr} , K_{Gr} – коефіцієнти форми кристала при розрахунку його поверхні і маси за лінійними розмірами;
 σ – питома поверхнева енергія на межі поділу фаз;
 G_M – маса молекули розчиненої речовини;
 $\Delta\mu$ – різниця хімічних потенціалів у розчиненому і кристалічному стані;
 K – коефіцієнт пропорційності;
 ρ_1, ρ_0 – густина розчину на межі розділу фаз і об'ємі.

В умовах масової кристалізації цукрози визначальним для подальшого ведення процесу є не тільки критичний розмір центрів кристалізації, а також їх критична концентрація у двохфазній системі «розчин-кристал», яку у виробництві цукру називають «ульфелю». Критична концентрація кристалів цукру в утфелі обумовлює перехід системи до структурованого стану, тобто, за І.Г. Бажалом [6], до утворення структурованої дисперсної системи, в якій кількість міжкристального розчину, що оточує кожний кристал, пропорційна масі та поверхні кристала. Наші дослідження [7] засвідчили, що на початку процесу варіння утфелю, після досягнення критичної концентрації твердої фази він змінює структурно-реологічні властивості і набуває структурованого стану.

Отже, механізм зародження кристалів цукрози в умовах промислової кристалізації пов'язаний із порушенням рівноважно-

го стану нестійкого пересиченого розчину цукрози внаслідок зв'язування в ньому вільної води кристалами затравки. Кількість кристалів затравки повинна бути достатньою, щоб якнайшвидше зменшити ступінь гідратації такої кількості молекул цукрози, яка б забезпечила утворення центрів кристалізації критичного розміру і критичної концентрації за мінімальний латентний період.

Література

1. Мирончук В.Г. Кристалізація // Процеси та апарати харчових виробництв / За ред. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2003. – С. 336-358.

2. Гулый И.С., Мирончук В.Г. Кристаллизация // Физико-химические процессы сахарного производства. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 184-216.

3. Затравочная паста «Магмас» – повышение эффективности работы продуктовых отделений / Штангеев В.О., Сушенко А.К., Гуцол А.Ф., Власенко А.В., Мирончук В.Г. // Сахар, № 4. – 2002. – С. 52-53.

4. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. – М.: Агропромиздат, 1986. – 431 с.

5. Новая оценка размера критического кристаллического зародыша / Б.В. Кузьменко, В.О. Штангеев, В.Г. Мирончук, И.С. Гулый // Вісник аграрної науки, № 8. – 1992. – С. 43.

6. Бажал И.С., Курыленко О.Д. Переконденсация в дисперсных системах. – К.: Наукова думка, 1975. – 215 с.

7. Бабко Е.Н., Погорельый Т.М., Мирончук В.Г. Улучшение реологических свойств сахарных утфелей // Сахар, № 4. – 1999. – С. 16-17.