

УДК 664.1.054

**В.Г. МИРОНЧУК,
М.М. САМІЛИК,
О.А. ЄЩЕНКО**

Національний університет харчових технологій

ПОЛІТЕРМІЧНА КРИСТАЛІЗАЦІЯ САХАРОЗИ

Розглянуто питання доцільності використання проміжного нагрівання утфелю останньої кристалізації замість розкачок водою чи мелясою при політермічній кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах. За таких умов ведення процесу досягається найбільше знецукрення меляси і покращується гранулометричний склад кристалів цукру.

Ключові слова : сахароза, кристалізація, проміжне нагрівання, утфель, перемішувач-кристалізатор.

Процес додаткової кристалізації сахарози утфелю останнього ступеню кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах здійснюється в політермічних умовах. За існуючого регламенту ведення цього процесу, температура утфелю знижується від 68 – 72 °С до 35 – 40 °С та наступним підігрівом до 40 – 45 °С, при тривалості процесу в горизонтальних перемішувачах-кристалізаторах не менше ніж 32 години, у вертикальних не менше, ніж 25 годин [1].

Кінетика процесу кристалізації за таких умов залежить від коефіцієнту пересичення міжкристалного розчину різної чистоти [2]. Зменшення температури утфелю та чистоти міжкристалного розчину в процесі кристалізації охолодженням зменшують швидкість кристалізації по причині зростання в'язкості міжкристалного розчину [3]. Це, та наявність нерівномірності температурного поля біля поверхонь теплообміну в перемішувачах-кристалізаторах провокує утворення вторинних кристалів та конгломератів, що погіршує умови кристалізації, центрифугування і як наслідок, підвищує вміст сахарози в мелясі.

Крім того, перевищення темпу охолодження утфелю швидкості кристалізації сахарози збільшує пересичення міжкристалного розчину переводячи його в лабільну зону, що також сприяє інтенсивному утворенню вто-ринних кристалів.

В практиці цукрового виробництва для усунення цих явищ застосовують розкачку утфелю водою, мелясою чи розбавленою мелясою [4]. Такий метод дозволяє зменшити в'язкість міжкристалного розчину утфелю. Після розкачки швидкість кристалізації дещо зростає, покращується гранулометричний склад кристалів цукру [5]. Разом з тим, зважаючи на те, що вода є інтенсивним мелясоутворювачем (коефіцієнт мелясоутворення води досягає 2,3 – 2,7) [2], збільшується кількість і чистота меляси та вміст сахарози в ній [6].

Альтернативою розкачок утфелю останнього ступеня кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах може бути їх зміна на теплові розкачки, тобто використання проміжного нагрівання утфелю.

Метою даної роботи було дослідити і визначити доцільність використання проміжного нагрівання утфелю замість його розкачок водою чи мелясою в процесі політермічної кристалізації сахарози, шляхом охолодження утфелю останнього ступеня кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах.

Дослідження [6] показують, що при зменшенні температури утфелю від 70 – 75 °С до 50 – 55 °С швидкість кристалізації зменшується майже вдвічі (рис. 1).

З огляду на дифузійно-кінетичну теорію кристалізації, її швидкість залежить від лімітуючих факторів: швидкості дифузії (транспортування) молекул сахарози з об'єму цукрового

розчину до поверхні кристалів і швидкості кристалохімічної реакції вбудо-вування молекул в кристалічну решітку сахарози на поверхні кристалів [3]. Швидкість перенесення молекул сахарози (швидкість дифузії) в значній мірі залежить від в'язкості міжкристального розчину. Зі зменшенням в'язкості розчину швидкість дифузійного перенесення молекул сахарози зростає.

Швидкість перетворення на поверхні кристалів (кристалічно-хімічна реакція) залежить від поверхневого натягу на межі розділу фаз «розчин- кристал». Зі зменшенням температури, поверхневий натяг на межі розділу фаз тверде тіло — рідина зростає [7]. Отже, для прискорення швидкості перетворення на межі «розчин- кристал» поверхневий натяг слід зменшувати.

Аналіз літературних джерел та наші дослідження показують, що зі збільшенням температури в'язкість міжкристального розчину зменшується в залежності від його чистоти.

Наші дослідження по визначенню коефіцієнта поверхневого натягу за різних умов обробки утфелю останньої кристалізації показали, що зменшення коефіцієнту поверхневого натягу досягається лише за умов проміжного нагрівання утфелю. В інших випадках, при розкачці утфелю водою чи цукровими розчинами, він зростає (рис. 2).

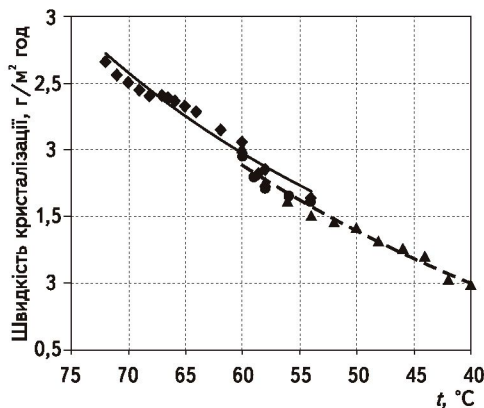


Рис. 1. Швидкість політермічної кристалізації сахарози:
 -♦- — до нагріву, -●- — під час нагріву,
 -▲- — після нагріву

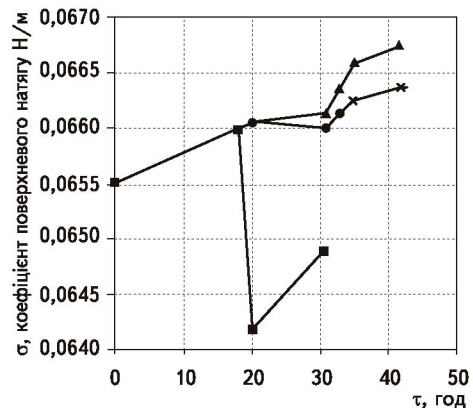


Рис. 2. Зміна коефіцієнту поверхневого натягу при різному режимі політермічної кристалізації:
 -✱- — за умов розбавлення цукровим розчином високої чистоти; -▲- — за умов розбавлення водою;
 -●- — за умов розбавлення цукровим розчином низької чистоти; -■- — за умов проміжного нагрівання

Отже, проміжне нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації від температури 50 — 55 °C на 7 — 10 °C прискорює процес політермічної кристалізації сахарози за рахунок зменшення в'язкості міжкристального розчину та зменшення коефіцієнту поверхневого натягу на межі розділу фаз «кристал — цукровий розчин».

Наші дослідження по визначенню чистоти міжкристального розчину за різних способів обробки утфелю останньої ступені кристалізації показали, що найбільше знецукрення меляси досягається за умов проміжного нагрівання цукру на 7 — 10 °C (рис. 3).

Результати досліджень гранулометричного скраду кристалів цукру показує, що за умов проміжного нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації досягає найбіль-



Рис. 3. Залежність чистоти міжкристального розчину від способу обробки утфелю останньої кристалізації в кінці політермічної кристалізації:
 1 — розкачка водою, 2 — розкачка мелясою,
 3 — проміжний нагрів на 5 °C, 4 — проміжний нагрів на 7 °C, 5 — проміжний нагрів на 10 °C,
 6 — проміжний нагрів на 12 °C

шого відсоткового вмісту кристалів цукру фракції $>0,5$ мм — 91,5 %, в порівнянні з розкачкою водою — 85,5%.

Наші дослідження зміни температури при політермічній кристалізації утфелю останньої ступені кристалізації (рис. 4) в умовах застосування проміжного нагрівання утфелю засвідчили високу точність.

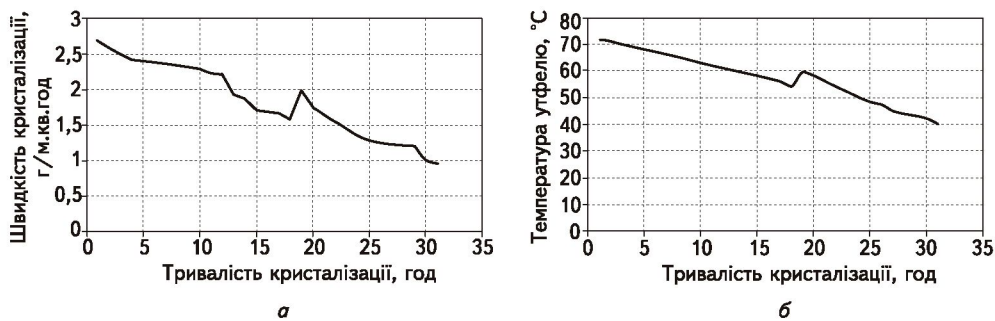


Рис. 4. Зміна швидкості кристалізації з часом при проведенні проміжного нагрівання утфелю (а) та зміна температури утфелю в часі при проведенні проміжного нагрівання утфелю (б) протягом процесу політермічної кристалізації

Збіжності зміни температури утфелю і швидкості кристалізації. Коефіцієнт кореляції між функціями $t_{\text{кр}} = f(\tau)$ і $v_{\text{кр}} = a(\tau)$ складає 0,98 одиниць.

Висновки. Проміжне нагрівання на 7 – 10 °С утфелю останнього ступеня кристалізації від температури 50 – 55 °С до 58 – 60 °С в процесі політермічної кристалізації усуває недоліки розкачок утфелю водою чи мелясою і забезпечує ефект кристалізації 8,2 – 8,4 % при кращих гранулометричних характеристиках кристалів цукру.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технологічний процес виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики* 15.83. — 37. — 106.2007. — К.: Цукор України. — 2007. — С. 420.
2. Сапронов А.Р. *Технология сахарного производства*. — М.: Колос, 1998. — С. 495.
3. Кулинченко В.Р., Мирончук В.Г. *Промышленная кристаллизация сахаристых веществ*. — К.:РВЦ НУХТ, 2012. — С. 426.
4. Скорик К.Д. *Промислова кристалізація цукру*. — К.: ТОВ «Сталь», 2004. — С. 202.
5. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Часть 2.* / Штангев В.О., Кобер В.Т., Белостоцкий Л.Г. и др. Под ред. Штангеева В.О., — К.: «Цукор України», 2004. — С. 320.
6. Мирончук В.Г., Ещенко О.А., Картава М.М. *Интенсификация процесса кристаллизации охлаждением сахарного утфеля последнего продукта*. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. — Луцьк, 2012. — С. 111 — 117.
7. Гулий И.С. // *Непрерывная варка и кристаллизация сахара*. М.: Пищевая промышленность. 1976. — 270с.

Рассмотренные вопросы целесообразности использования промежуточного нагрева утфеля последней ступени кристаллизации вместо раскачек водой или мелассой при политермической кристаллизации в мешалках-кристаллизаторах. При таких условиях ведения процесса достигается наибольшее обессахаривание мелассы и улучшается гранулометрический состав кристаллов сахара.

Ключевые слова: сахароза, кристаллизация, промежуточный нагрев, утфель, мешалка-кристаллизатор.

V.H. Myronchuk, M.M. Samilyk, O.A. Yeshchenko***Polithermal crystallization of sucrose***

The problem of the usefulness of an intermediate heat finish crystallization massecuite instead of water or molasses dilutions during polythermal crystallization at mixers-crystallizer is discussed. The kinetics of the crystallization process depends on the supersaturation coefficient of the different purity syrup. Reducing the massecuite temperature and syrup purity during cooling crystallization reduces the rate of crystallization due to syrup viscosity increase. This, and the presence of temperature distribution unevenness next to the heat transfer surface in mixer-crystallizers provoke the formation of secondary grains and conglomerates impair crystallization and centrifugation conditions, and, consequently, increase the sucrose content of the molasses. Intermediate heating by 7 – 10 °C of the finish crystallization stage massecuite from temperature of 50 – 55 °C to 58 – 60 °C during polythermal crystallization overcomes the disadvantages of water or molasses dilution and provides the effect of crystallization of 8,2 – 8,4 % with better grain size characteristics sugar crystals and increases molasses desugarization.

Key words: sucrose, crystallization, intermediate heat, massecuite, mixer crystallizer.

Одержано редколлегією 1.03.2013 р.