

# ШВИДКІСТЬ ПЕРЕМІШУВАННЯ

*впливає на кристалізацію фруктози та якість кристалічного продукту*

С. ЛЕМЕНТАР, Є. БАБКО, М. ГНАТЕНКО,  
кандидати технічних наук  
В. МИРОНЧУК,  
доктор технічних наук  
Національний університет харчових технологій

Складна екологічна обстановка та нераціональна структура харчування населення України призводять до зростання кількості хворих на різні порушення обміну речовин. Серед найпоширеніших хвороб – цукровий діабет. За даними Міністерства охорони здоров'я, в Україні налічується більше мільйона хворих на цю недугу. Тому одне з головних завдань вітчизняної харчової промисловості – налагодження виробництва харчових продуктів лікувально-профілактичного призначення, зокрема фруктового цукру (фруктози) як найдоцільнішого заміника цукрози для хворих на діабет, ожиріння тощо.

**В**СТАНОВЛЕНО, що цінність фруктози полягає в її здатності засвоюватися без участі інсуліну й зменшувати ризик захворювання на карієс. Крім цього, фруктоза – джерело енергії у випадках значного фізичного навантаження, оскільки утворення глікогену з неї відбувається швидше, ніж з глюкози.

Порівняно з цукрозою і глюкозою, фруктоза значно краще розчиняється у воді, особливо з підвищенням температури. Така особливість фруктози потребує значних енергозатрат для одержання пересичених фруктозних розчинів і ускладнює процес кристалізації. Існують різні методи інтенсифікації процесів кристалізації цукрів: механічні, фізичні та хіміко-технологічні. Ми зупинились на одному з механічних методів, для якого не потрібні додаткові капітальні вкладення, – інтенсивному

перемішуванні. Цей метод також успішно використали попередні дослідники для інтенсифікації процесу кристалізації цукрози й глюкози.

**Мета наших досліджень – виявлення впливу швидкості перемішування на питому швидкість кристалізації фруктози, а також на якість кристалічного продукту.** Досліди проводили на експериментальному горизонтальному кристалізаторі із стрічковою мішалкою. Частоту обертання мішалки змінювали в межах від 0,5 до 50 об./хв. Максимальна колова швидкість мішалки зростала при цьому від 0,00314 до 0,314 м/с. Для дослідів використовували фруктозні розчини з  $\chi=99,8\%$  і  $CP=86,8\%$ . Кристалізація тривала 48 годин.

Питома швидкість кристалізації фруктози підвищувалась у температурному інтервалі 35–50°C (дифузійна ділянка кристалізації), причому  $V_{\text{пит}}$  зростало прямо пропорційно до збільшення швидкості обертання мішалки й температури кристалізації (рис. 1). Так, при 35°C швидкість кристалізації зростала від 0,35 до 1%, при 40°C – від 1,2 до 3,7%, при 45°C – від 1,8 до 6,3%, при 50°C – від 3,7 до 7,3%.

На нашу думку, це відбувається завдяки тому, що із збільшенням швидкості обертання мішалки зростає швидкість переміщення кристалів відносно міжкристального розчину, що сприяє зменшенню товщини малорухомого шару розчину, який оточує кристал, і, як наслідок, прискорює процес дифузії. Підтвердження цьому – результати досліджень, наведені в таблиці. У кінетичній ділянці кристалізації (нижче 35°C) процес не інтенсифікується, оскільки дифузія в цьому інтервалі не є лімітуючим фактором щодо швидкості кристалізації.

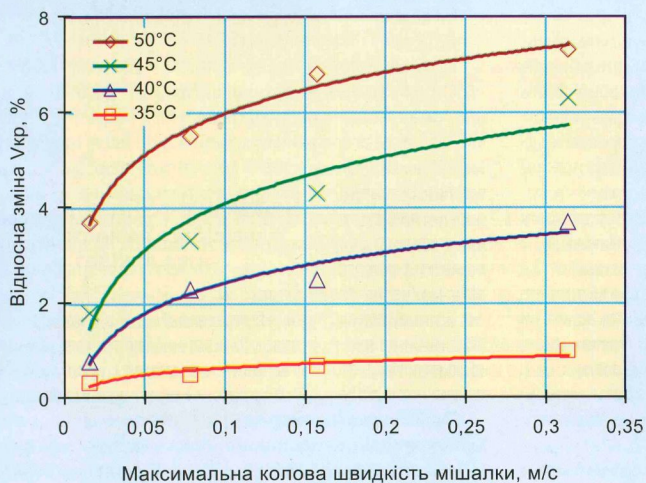


Рис. 1. Залежність питомої швидкості кристалізації фруктози з розчинів  $\chi = 99,8\%$  від швидкості перемішування.

Незважаючи на позитивний вплив при кристалізації, інтенсивне перемішування може призвести до перетирання кристалів і погіршити процес центрифугування та збільшити втрати кристалічного продукту.

З метою вивчення впливу швидкості перемішування на перетирання кристалів порівнювали гранулометричний склад кристалів, при вирощуванні яких було витримано сталу частоту обертання перемішувального пристрою. Як видно з рис. 2, з ростом швидкості перемішування відбувається значне подрібнення кристалів. Сумарний вміст дрібних фракцій (менше 0,3 мм) при 0,003 м/с становить 12,8%, при 0,016 – 14,4, при 0,079 – 20,1, при 0,157 – 36,2, при 0,314 м/с – 56,9%. Крім того, в кінці кристалізації зростає опір утфелю, що призводить до

**Вплив швидкості обертання пристрою, що переміщує масу, на швидкість кристалізації фруктози**

Температура, °C	Питома швидкість кристалізації, 10 <sup>-3</sup> кг/м <sup>2</sup> ·год.				
	Максимальна колова швидкість мішалки, м/с.				
	0,0031	0,0157	0,0785	0,157	0,314
20	7,02	6,98	7,05	7,01	7,04
25	7,64	7,58	7,67	7,61	7,69
30	8,14	8,15	8,17	8,21	8,19
35	8,62	8,65	8,67	8,7	8,72

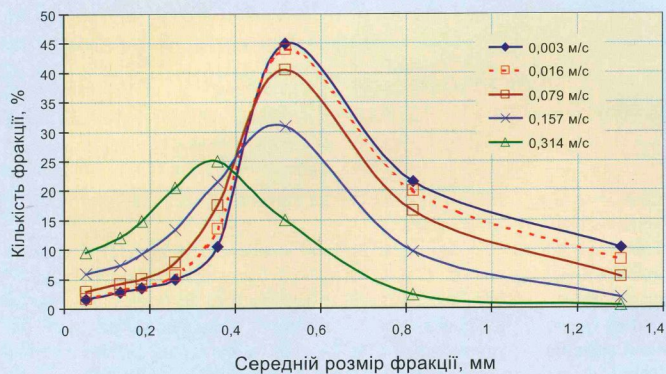


Рис. 2. Вплив швидкості перемішування на гранулометричний склад кристалічної фруктози.

Отже, на підставі експериментальних досліджень щодо впливу перемішування на швидкість кристалізації фруктози та її гранулометричний склад встановлено:

при збільшенні колової швидкості обертання мішалки від 0,014 до 0,314 м/с зростає питома швидкість кристалізації фруктози від 0,4 до 7,3% залежно від температури;

збільшення швидкості кристалізації відбувалося лише в межах дифузійної ділянки (35–50°C) пропорційно до підвищення температури та швидкості обертання мішалки.

збільшення енерговитрат. Тому такий метод інтенсифікації доцільно використовувати лише на початку кристалізації, коли вміст кристалів і в'язкість утфелю незначні. Тим більше, що в кінетичній ділянці кристалізації (нижче 35°C) відсутній позитивний ефект від збільшення швидкості перемішування.

Щоб зберегти ефект інтенсифікації та уникнути перетирання кристалів, швидкість обертання мішалки варто зменшувати пропорційно до збільшення вмісту кристалів в утфелі. Для перевірки цього твердження, провели кристалізацію фруктози при поступовому зменшенні швидкості обертання перемішувального пристрою.

Виявлено (рис. 3), що в такому режимі кристали не подрібнюються, тим часом швидкість кристалізації збільшується на 3–4%. Оптимальним є зниження  $V_{об}$  з 0,16 до 0,04 м/с.

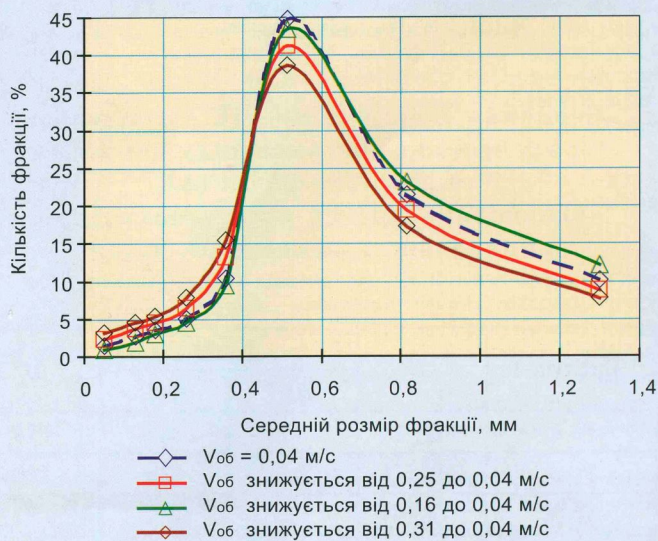


Рис. 3. Вплив швидкості перемішування на гранулометричний склад кристалічної фруктози при змінному режимі перемішування.