

Дисперсні характеристики білого цукру

К.О. Штангесв, кандидат технічних наук, завідувач кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

К.Д. Скорик, кандидат технічних наук, професор кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

В.О. Штангесв, доктор технічних наук, професор кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування Національного університету харчових технологій

В.М. Кухар, генеральний директор, Фірма «ТМА»

У статті показана необхідність аналізу дисперсного складу білого цукру. Розглянуто існуючі методи проведення аналізів гранулометричного складу. Результати проведених досліджень свідчать про можливість та доцільність використання логарифмічно-нормального розподілення як універсального закону розподілення кристалів білого цукру за розмірами.

Ключові слова: дисперсні характеристики, білий цукор, логарифмічно-нормальний розподіл.

В статье показана необходимость анализа дисперсного состава белого сахара. Рассмотрены существующие методы проведения анализов гранулометрического состава. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности и целесообразности использования логарифмически-нормального распределения как универсального закона распределения кристаллов белого сахара по размерам.

Ключевые слова: дисперсные характеристики, белый сахар, логарифмически-нормальное распределение.

It was shown in this article necessity of the disperse composition analysis of white sugar. The existing methods are discussed of granulometric analysis fulfillment. Results of carried out researches illustrate possibility and expediency of logarithmic-normal distribution as an universal law of white sugar crystals size distribution.

Key words: disperse characteristics, white sugar, logarithmic-normal distribution.

Як відомо, цукор є полідисперсним матеріалом (тобто до його складу входять кристали різних розмірів). Величини кристалів стандартного білого цукру можуть змінюватися від десятків мікрон до кількох міліметрів (рис. 1). Це обумовлено особливостями процесу уварювання утфелів – якістю затравного матеріалу, гідродинамічними

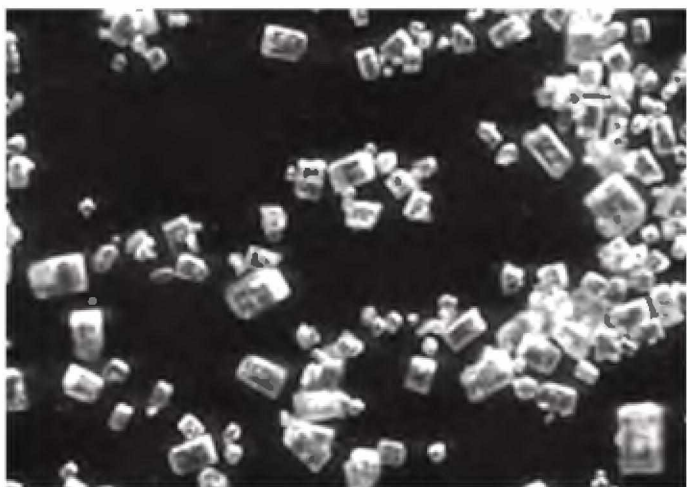


Рис. 1. Фотографія характерної проби товарного цукру

та температурними нерівномірностями в вакуум-апаратах, які впливають на процеси кристалізації та рекристалізації тощо. Наявність різних за величиною кристалів ускладнює подальші процеси: центрифугування, висушування, транспортування та зберігання готової продукції, а також часто є причиною підвищених втрат цукру у виробництві [4, 5, 6].

Для уточнення розрахунків, моделювання та оптимізації цих процесів потрібно знати закони розподілу величин кристалів цукру за розмірами.

Аналіз дисперсного складу є обов'язковим методом контролю у багатьох технологічних процесах, пов'язаних з виготовленням і переробкою порошкоподібних матеріалів. У зв'язку з цим стає зрозумілим велике значення аналізу дисперсного складу для науки, техніки і технології. В даний час існує декілька методів визначення дисперсного складу сипучих матеріалів: ситовий аналіз, седиментаційний аналіз, гідродинамічні методи, мікроскопічний аналіз.

Всі методи можна розділити на групи:

- механічне розділення часток, що включає си-

товий і фільтраційний аналіз;

- седиментаційний аналіз, що включає по- фракційне осадження, відмулювання, накопичен- ня осаду, відбір вагових проб;

- динамічні методи, засновані на сепарації в потоці у вертикальних каналах і відцентрових апаратах;

- індивідуальне вивчення часток, що включає мікроскопічний та ультрамікроскопічний аналіз;

- визначення питомої поверхні, що включає ад- сорбційний метод, або за швидкістю розчинення та ін.

Найбільш поширеними методами експрес- аналізу дисперсного складу матеріалів є ситовий та мікроскопічний. В результаті ситового аналі- зу отримують гістограми розподілу маси часток за розмірами, в результаті мікроскопічного - гісто- грами розподілу кількості часток за розмірами.

За результатами дисперсного аналізу кристалів білого цукру визначають два основні показ- ник: середній розмір кристалів (М.А., мм) та ко- ефіцієнт нерівномірності кристалів (С.В., %). Не- зважаючи на те, що чинний стандарт на цукор бі- лий не містить останній показник, на нашу дум- ку, необхідно підвищувати ретельність контролю виробництва цукру. Доцільно визначати кілька до- даткових параметрів, в тому числі і коефіцієнт не- рівномірності кристалів. Середня величина і рів- номірність кристалів є тими параметрами, за яки- ми можна характеризувати хід і результати проце- са кристалізації у вакуум-апаратах. Від них в по- дальшому в значній мірі залежать якість готової продукції та проведення наступних технологічних операцій: центрифугування утфелю, кристаліза- ція утфелю останнього ступеня при охолоджен- ні в мішалках, афінація жовтого цукру останньо- го ступеня кристалізації, кількість відтоків тощо. В результаті від вказаних процесів залежать втрати цукру від розкладання у відділенні кристалізації та витрати палива.

Для використання у виробничих умовах на ві- тчизняних цукрових заводах найбільш простим є метод розсіву проб цукру і оброблення результа- тів дисперсного аналізу за допомогою математич- ної статистики.

Результати гранулометричного аналізу зручно заносити в таблицю:

№ пп.	Розмір сит, мм	Середній розмір кристалів фракції d_{cp} , мм	d_{cp}^2	Маса фракції f , %	$d_{cp} \cdot f$	$d_{cp}^2 \cdot f$

Розрахунок середньозваженої величини кри- сталів проводять за формулою:

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x \cdot f}{\sum_{i=1}^n f} \quad (1)$$

Оскільки, $\sum_{i=1}^n f = 100\%$, то формула (1) спрощу- ється:

$$d_{cp} = \sum_{i=1}^n (0,01 \cdot f) \quad (2)$$

Відхилення розмірів кристалів від середнього значення (дисперсія) відповідно до математичної статистики визначають за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{cp}^2 \cdot f}{\sum_{i=1}^n f} - d_{cp}^2} \quad (3)$$

або, враховуючи, що, $\sum_{i=1}^n f = 100\%$, отримаємо вираз:

$$\sigma = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n 0,01 \cdot d_{cp}^2 \cdot f - d_{cp}^2} \quad (4)$$

Коефіцієнт нерівномірності кристалів або кое- фіцієнт варіації обчислюється за формулою:

$$C.V. = \frac{\sigma}{d_{cp}} \quad (5)$$

або в процентах, за формулою:

$$C.V. = \frac{\sigma}{d_{cp}} \cdot 100 \quad (6)$$

Величина коефіцієнта $C.V. \leq 0,25$ (25%) вважа- ється прийнятною для якісного цукру за цим па- раметром у практиці роботи цукрових заводів.

В цукровій галузі найбільш широке розповсю-

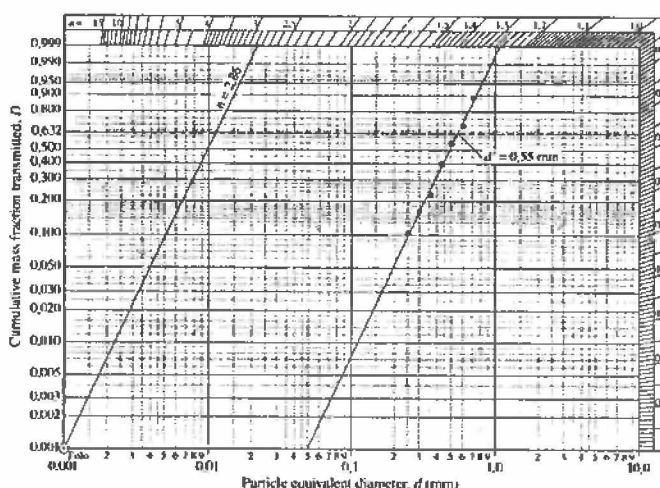


Рис.2. Інтегральні характеристики дисперсності кристалів цукру за ICUMSA

Вісь X – Еквівалентний діаметр часток d , мм;

Вісь Y – Загальна маса фракцій, D

дження набув ситовий аналіз [4, 5, 6], але в той же час, у деяких випадках, застосовуються методи оптичного аналізу кристалоструктури.

В стандартному методі ICUMSA [7] викорис- товується графічне представлення дисперснос- ті в системі логарифмічно-нормальних координат (рис. 2):

На цьому графіку по осі ординат значення ін- тегралу вірогідності, а ось ординат – логарифміч-

ХІМІКОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ & ЯКІСТЬ

на. Значення проходу через сито з певним розміром вічок (інтегральна характеристика) групуються в цих координатах, біля певної прямої. Це говорить про те, що для опису закону розподілу кристалів цукру за розмірами може бути застосований статистичний закон логарифмічно-нормального розподілу (ЛНР), тобто поточні значення величин кристалів (δ) можуть бути представлені залежністю:

$$f(\delta) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(\delta) - \ln(\delta_m))^2}{2 \cdot \sigma^2}\right) \quad (7)$$

Такий закон розподілу характерний для серій випадкових процесів, кожен із яких має розподіл, що відповідає нормальному (Гаусовському) закону. Такі розподіли мають місце при подрібнен-

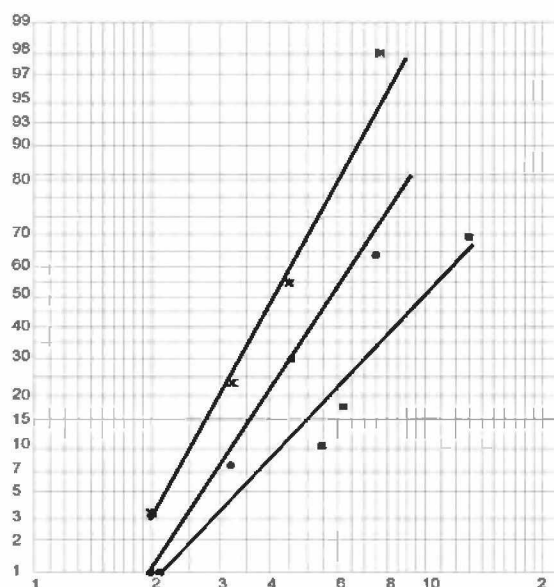


Рис.3 Результати ситового аналізу дисперсного складу цукру різних заводів України

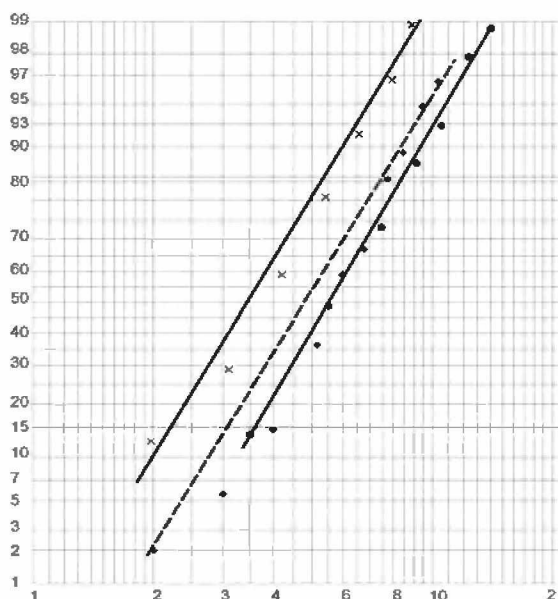


Рис. 4. Результати оптичного аналізу дисперсного складу цукру різних заводів Білорусі

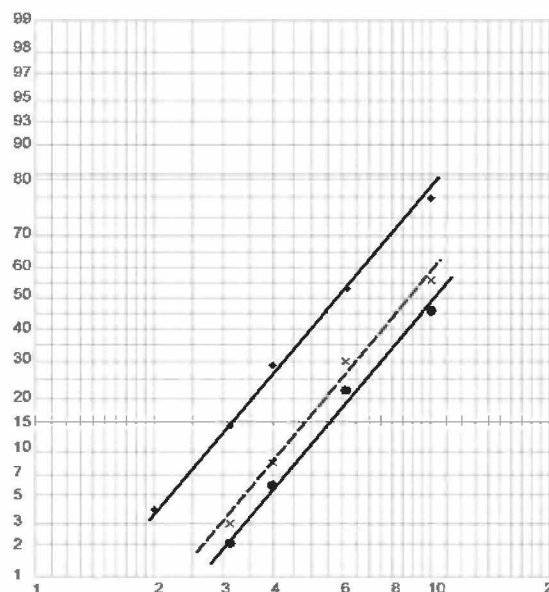


Рис. 5. Результати ситового аналізу цукру, отриманого на експериментальній установці КТІХП при різних тисках

ні матеріалів, для пилу [3], він також характерний для дисперсного складу продуктів згорання мазута [1] та продуктів корозії в контурах теплоносіїв АЕС [2]. Аналогічний характер розподілу встановлено і для характеристики часу перебування розчину у випарних апаратах [8].

Для перевірки можливості застосування закону ЛНР для опису дисперсності білого цукру проведені аналізи проб за ситовим та оптичним методами для ряду цукрових заводів України та Білорусі (рис. 3 та 4). Ситовим методом виконані також аналізи дисперсного складу цукру, отриманого на експериментальній установці КТІХП (рис. 5) [9, 10]. На експериментальній установці [10] проводилися дослідження можливості інтенсифікації росту кристалів цукру за рахунок примусового коливання тиску вторинної пари у лабораторному вакуум-апараті. Було встановлено, що коефіцієнт нерівномірності в цілому має тенденцію до зменшення при збільшенні тривалості процесу кристалізації і загальної амплітуди коливання температури в системі. Безумовно, амплітуда коливання температури повинна мати свої розумні межі, бо інакше коефіцієнт нерівномірності буде рости.

Частина результатів мають різкий підйом у верхній частині графіка (рис. 3). Такий вид графіка свідчить про сепарацію відносно великих кристалів цукру. Це може відбуватися при просіюванні цукру, або матиме місце при методично невірному відборі проб, наприклад, в місцях пересипання цукру можлива часткова сепарація більш крупних кристалів цукру.

Результати проведених досліджень свідчать про можливість та доцільність використання закону логарифмічно-нормального розподілення як універсального закону розподілення кристалів білого цукру за розмірами. Це створює можливос-

ті для більш ґрунтового моделювання певних аспектів роботи та об'єктивної оцінки ефективності роботи обладнання кристалізаційного відділення, застосування поверхнево-активних речовин, засобів піногасіння, нових суспензій для заведення кристалічних центрів тощо.

Список використаних джерел

1. М.А. Аваков. Исследование дисперсного состава твердых частиц в продуктах сгорания мазута / Аваков М.А., Новоселов С.С. // Теплоэнергетика. – 1991. – № 5. – С. 71-74.
2. М. Змитко. Анализ дисперсного состава продуктов коррозии в контуре теплоносителя на АЭС Дукованы и на реакторной петле RVS-3 / Змитко М., Тревлин М.А. // Теплоэнергетика – 1991. – № 5. – С.74-77.
3. П.А. Коузов. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / Коузов П.А. – Ленинград: Изд-во Химия, 1987. – 264 с.
4. К.Д. Скорик. Лабораторний практикум для працівників цукрових заводів / Скорик К.Д., Нагорна В.О. К.: ПІК, 2001. 97 с.
5. К.Д. Скорик. Якість цукру: вимоги, кон-

троль, менеджмент: Навч. посібник. / Скорик К.Д. // К.: «Сталь», 2009. 99 с.

6. К.Д. Скорик. Контроль та покращення гранулометричного складу білого цукру / Скорик К.Д., Штангеев К.О. // Цукор України. – 2013. – №3 (87). – С. 20-25.

7. ICUMSA Method GS2/9-37 (2007). Визначення розподілу часток за розмірами білого цукру та плантаційних білих цукрів шляхом розсіву.

8. К.О. Штангеев. Исследование времени пребывания раствора при сгущении клеровки сахара-сырца. /Штангеев К.О., Чернявская Л.И., Куприяненко А.П., Авдусь Л.В., Куприяненко В.А. // Сахар. – 2002. – №5.

9. В.О. Штангеев. Влияние принудительного колебания температуры на процесс кристаллизации сахарозы в изогидрических условиях. / Штангеев В.О., Гулый И.С., Борисенко В.Я., Свинцо К.А. // Реферативная информация о законченных НИР в вузах УССР (Пищевая промышленность), 1976, вып. 11. – С. 3-4.

10. В.О. Штангеев. Установка для исследования пульсаций на процесс кристаллизации сахарозы. / Штангеев В.О., Гулый И.С. // Реферативная информация о законченных НИР в вузах УССР (Пищевая промышленность), 1974, вып. 8. – С. 16-17.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Весело, смачно і цікаво



Доценти кафедри технології цукру і підготовки води Національного університету харчових технологій Ірина Крапивницька та Інна Карпович познайомили студентів із новітніми технологіями продукції молекулярної гастрономії кондитерського виробництва.

На лабораторних заняттях з нової дисципліни «Технологія полісахаридів та їх застосування» студенти ознайомились із широким спектром полісахаридів, зокрема з крохмаллями, пектином, карагенами, агар-агаром, альгінатом на-

трію, камедями. Присутнім сподобалось дослідження їх фізико-хімічних властивостей, а також студенти дізнались, що дані полісахариди використовуються в різних галузях харчової промисловості. Цікаво було дізнатись, що полісахариди можна використовувати також як згущувачі у харчових продуктах.

Наприкінці заняття, провели дегустацію продуктів вироблених своїми руками – пирога з використанням у рецептурі агар-агару, який підсилює і яскравіше виражає смак та прикрашає виріб хрусткою смачною скоринкою, спробували шоколадний десерт та «Бабл-Джус» (закапсульований сік).

Було дуже весело, смачно і цікаво, а головне дуже корисно дізнатись, що полісахариди використовуються і у нових модернових напрямках та розробках досвідчених науковців університету.

