

Друга серія експериментів мала визначити кінетичні залежності екстрагування системи «спирт – шрот ріпака» та «спирт – мука ріпака», її наведено на рис. 3.

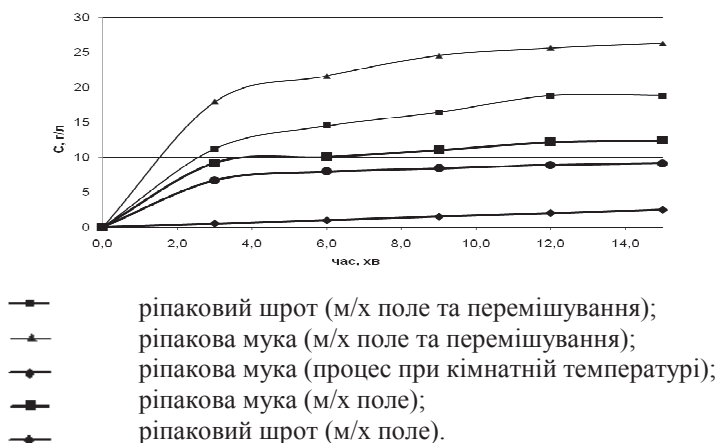


Рис. 3 – Залежності концентрацій від часу при екстрагуванні олії зі шроту і муки ріпака спиртом

Видно, що електромагнітне поле на порядок скорочує час екстрагування та вдвічі підвищує вихід цільових компонентів. Визначено вплив перемішування на інтенсивність процесу екстрагування. Саме вплив мікрохвильового поля та перемішування дає змогу підвищити концентрацію олії в розчині на 45-50 %.

Висновок

Проведені експерименти дають змогу стверджувати, що отримання екстрактів з рослинної сировини (насіння амаранту та ріпака) з допомогою мікрохвильової енергії мають велику перспективу. Застосування процесів у мікрохвильовому полі дозволяє значно інтенсифікувати технологічні процеси харчових продуктів, підвищувати якість продукту та знижувати затрати енергії.

Література

1. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе вода». Одесса, 2007. – 176 с.
2. Бурдо О.Г., Светлічний П.І., Буйвол С.М. Екстрагування олії з насіння амаранту в електромагнітному полі. «Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы»: Вып 7-8. Министерство агрополитики Украины, Южный филиал отделения промышленной радиоэлектроники МАИ; Киев – Одесса, 2009, С. 33-38.

УДК. 664.126.4.054-4

ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛОУТВОРЕННЯ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРУ У ВАКУУМ-АППАРАТАХ

Ушан О.Є., інженер, Савич А.Н., канд. техн. наук, доцент
Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості

Розглянуто питання кристалотворення при одержанні цукру у вакуум-апаратах при використанні різних видів затравочного матеріалу.

The problem of sugar crystallogenesis with different seed materials in sugar manufacturing process is described.

Ключові слова: затравочний матеріал, кристалотворення, сироп, пересичення.

Процес кристалотворення – один з найважливіших етапів для отримання утфелю потрібної якості. Від технології заведення кристалів залежить кінцевий розмір кристалів, чи з'являтимуться «кристалічна

мука», конгломерати, виснаження міжкристалевого розчину, і все це у свою чергу впливає на енерговитрати в цукровому виробництві.

Кристалотворення триває декілька хвилин (в порівнянні з 3-4 годинами всього циклу уварювання) і має дуже важливе значення для подальшої технології кристалізації [1]. При кристалотворенні має бути сформована певна кількість кристалів. Якщо кристалів буде надто багато, то до кінця уварювання вони будуть дуже дрібними, велика їх частина при центрифугуванні піде у відтік, та й сам процес центрифугування буде утруднений [2]. Якщо кристалів буде мало – зменшиться загальна площа їх поверхні: в цьому випадку при тій самій швидкості росту кристалу зменшиться масова швидкість кристалізації, швидкість виснаження міжкристалевого розчину знизиться, і внаслідок цього пересичення міжкристалевого розчину перевищить допустимий рівень і з'явиться «мука». Видалити «муку» можна лише розчиненням – додати у вакуум-апарат воду або сік [1]. Коли розчин стане ненасиченим, «мука» розчиниться, також трохи «підплавиться» основний кристал. Чим пізніше оператор-варильник виявить «муку», тим більше води знадобиться. Чим більше води – тим більше буде потрібно додаткової роботи на випарювання цієї самої води.

Класично процес кристалотворення починається з внесення при згущуванні у вакуум-апарат затравочного матеріалу, який ініціює утворення нових кристалів, – так починається процес кристалотворення [3].

Після попадання у підготовлений сироп, затравочний матеріал викликає процес утворення кристалів. Звичайно цей процес триває від напівхвилини до декількох хвилин. Класичним методом контролю є розгляд проби сиропу на склі оператором-варильником у світлі лампи. Розмір видимих кристалів до цього часу досягає (5-20) мкм. Лише після того, як оператор-варильник бачить достатню кількість кристалів (це приблизно 8-10 шт. на 1 кв. мм), він зупиняє їх утворення додаванням нової порції сиропу з меншою концентрацією, тобто знижуючи загальну концентрацію у вакуум-апараті. Після досягнення необхідного значення концентрації сиропу оператор-варильник підтримує цю концентрацію безперервними або періодичними підкачками.

Одним з основних параметрів кристалізації є ступінь пересичення розчину, який вимірюється коефіцієнтом пересичення α – так називається число, що показує, у скільки разів у даному розчині на одиницю води міститься більше цукру, ніж у насиченому розчині при тій самій температурі [1]. Для підрахунку коефіцієнта пересичення потрібно знати вміст сухих речовин (СР), чистоту сиропу (Ч) і температуру (Т):

$$\alpha = \frac{H_1}{H'}, \quad (1)$$

де H_1 – кількість цукру на одиницю води в даному розчині, тобто

$$H_1 = \frac{\times \cdot \tilde{N}D}{100 - \tilde{N}D} \quad (2)$$

H' – розчинність цукру (на одиницю води) при тій самій температурі в тому самому нечистому розчині.

Залежно від величини пересичення змінюється як характер кристалізації, так і характер кристалотворення. Наведемо діапазони пересичень.

Коли розчин насичений, тобто $\alpha = 1,0$, між твердою і рідкою фазами встановлюється динамічна рівновага: у ньому швидкості розчинення і кристалізації однакові. Такі розчини називають *стійкими* або *стабільними*.

Якщо розчин трохи пересичений: $\alpha = 1,00 - 1,10$, кристали у ньому зростають, проте нові кристали не утворюються. Такі розчини називають *метастабільними* [4].

У інтервалі пересичень 1,10 – 1,20 виділимо проміжну зону. Тут також, хоча й дуже повільно, утворюються центри кристалізації. При значному пересиченні ($\alpha = 1,20$ і вище) кристали цукру, присутні в розчині, не лише самі зростають, але також провокують зростання нових кристалів. Такі розчини називаються *нестійкими*, або *лабільними*.

Треба сказати, що кордони різних зон непостійні: насамперед вони залежать від розчинності H' , а та, у свою чергу, залежить від складу нецукрів і їх впливу на розчинність і кристалізацію.

Є ще одна проблема, на яку треба звернути увагу, – друзи. Кристали цукру, які зростають в тісній близькості, можуть врости сусідніми гранями один в одного, утворюючи зіркоподібні скупчення кристалів, тобто друзи (або конгломерати). Такі друзи, зростаючись, утворюють дуже міцні шматки. Утворення друз необхідно уникати, оскільки вони утруднюють пробілювання цукру і підвищують його кольоровість. Друзи, сформувавшись один раз, у нормальних умовах уварювання не розсипаються на кристали, які їх утворили.

Змоделюємо утворення друз на фізичному рівні і встановимо необхідні умови:

1. Слабке перемішування утфельної маси.
2. Маленька відстань між кристалами, які зростають.
3. Надмірно висока швидкість кристалізації.

Це також слід враховувати внаслідок важливості проблеми друз.

Із сказаного вище видно, що на характер кристалоутворення і на результат впливають такі параметри:

1. Кількість і якість затравочного матеріалу, що вводиться у вакуум-апарат.
2. Пересичення сиропу у момент заведення кристалів.
3. Характеристики середовища (сиропу), де відбувається кристалоутворення.

Якщо першими двома можна керувати, то третій – характеристика середовища – на виробництві сприймається як даність і залежить як від чистоти (кількісного складу нецукрів), так і від їх якісного складу.

Метою нашого дослідження буде вивчення кристалоутворення у вакуум-апаратах при різних параметрах.

Для аналізу нам необхідно досліджувати поведінку середовища для різних параметрів 1 (затравочний матеріал) при зміні параметра 2 (пересичення). Результат експерименту – визначення часу кристалоутворення. Часом кристалоутворення вважатимемо час від моменту введення затравочного матеріалу до появи потрібної кількості кристалів.

На більшості підприємств для заведення кристалів використовують просіяну цукрову пудру. Це найбільш простий спосіб отримання затравочного матеріалу. Середній розмір просіяних кристалів 50 мкм.

Інший зразок – суспензія ССС-Р. Наш вибір зупинився на суспензії ССС-Р (виробництва фірми «Спеціальні технології», м. Одеса). Середній розмір кристалів – 6 мкм. Кількість затравочного матеріалу, що вводиться, взята в першому випадку (для цукрової пудри) з досвіду роботи операторів на заводах – 100 г, в другому випадку (для суспензії ССС-Р) – виходячи з регламенту його використання – 10 мл.

Метод досліджень ми вибрали такий. Для кожного із зразків затравочного матеріалу проводимо заведення кристалів при змінному параметрі (пересиченні сиропу) в діапазоні значень $\alpha = 1,16 - 1,40$. Для визначення пересичення побічним методом використовували встановлений у вакуум-апараті ротаційний віскозиметр РВ-07С виробництва НПК «Шефмастер» (Одеса).

Віскозиметр являє собою електродвигун з вимірювальним елементом на кінці вала (циліндр або диск). Механічний момент (або відповідні йому електричні величини) на валу двигуна відповідають в'язкості розчину. Правильний вибір діаметра і площі вимірювального елемента допоможе нівелювати невеликі відхилення електричних параметрів обмотки двигунів.

Місце проведення експерименту – Набутовський цукровий завод. Часовий інтервал – 4 доби. Діапазон зміни чистоти сиропу: 90,2 – 90,5. Температура сиропу у вакуум-апараті – 74 °С ± 0,5 °С. Інтервал пересичень – $\alpha = 1,16 - 1,40$.

Кількість затравочного матеріалу, що вводиться:

- цукрової пудри – 100 г
- суспензії ССС-Р – 10 мл

Індикація кількості кристалів – за допомогою кристалоскопа КР-1 виробництва НПК «Шефмастер» (ціна поділki – 0,01 мм, збільшення 24×).

Результати отриманих досліджень представлені у вигляді таблиць 1 і 2, за якими побудований графік (рис. 1).

Таблиця 1 – Заведення кристалів на затравочній суспензії ССС-Р

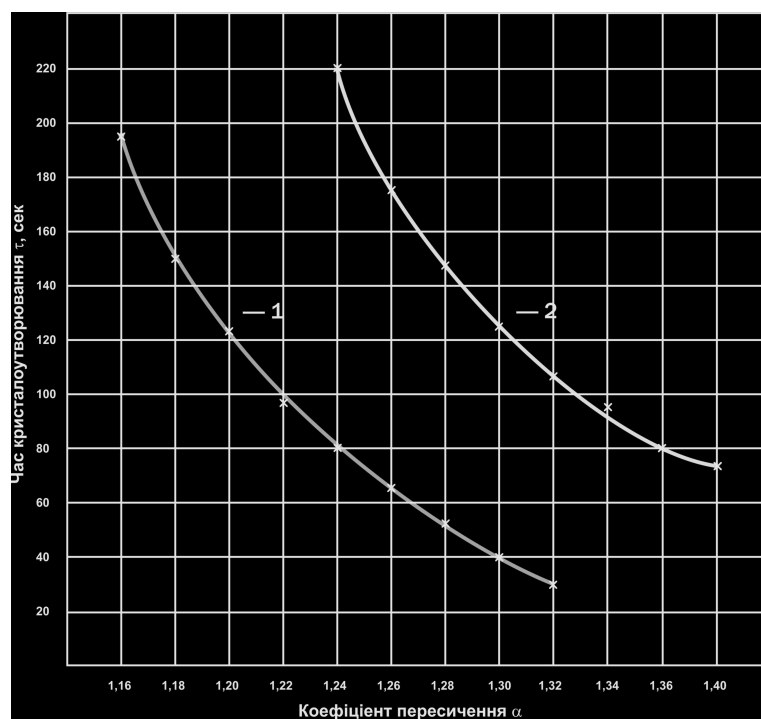
| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коефіцієнт пересичення α | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,22 | 1,24 | 1,26 | 1,28 | 1,30 | 1,32 | 1,34 | 1,36 | 1,40 |
| Час кристалоутворення τ , сек. | 195 | 150 | 122 | 98 | 80 | 65 | 52 | 40 | 30 | ---- | ---- | ---- |

Таблиця 2 – Заведення кристалів просіяною цукровою пудрою

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коефіцієнт пересичення α | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,22 | 1,24 | 1,26 | 1,28 | 1,30 | 1,32 | 1,34 | 1,36 | 1,40 |
| Час кристалоутворення τ , сек. | ---- | ---- | ---- | ---- | 220 | 175 | 148 | 125 | 108 | 95 | 80 | 72 |

Аналіз використання двох різних типів затравочного матеріалу показує основні відмінності і деякі закономірності:

- вибір затравочного матеріалу кардинально змінює характер утворення кристалів. Це дуже важливо для операторів-варильників, які звикли до певних умов утворювання кристалів;
- цукрова пудра не викликає кристалоутворення при низьких значеннях пересичення;
- використання суспензії ССС-Р недопустиме при великих значеннях пересичення, оскільки в цьому випадку процес стає некерованим;
- невелика зміна пересичення при заведенні кристалів на 0,2 од. веде до збільшення часу кристалоутворення в 2 рази.



1 – для затравочної суспензії ССС-Р;
2 – для просіяної цукрової пудри

Рис. 1 – Залежність часу кристалоутворення від моменту внесення затравочного матеріалу до появи необхідної кількості кристалів при різних коефіцієнтах пересичення

Висновки

Виходячи з вищенаведених міркувань, можна зробити наступні висновки:

1. Для якісної роботи автоматизованої системи управління необхідний аналіз кристалічної фази – детектування кількості кристалів.
2. Потрібно по можливості уніфікувати затравочний матеріал.

Література

1. Силин П.М. Технология сахара. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 429 с.
2. Скорик К.Д. Промислова кристалізація цукру. – К.: ІПДО НУХТ, 2004. – 180 с.
3. Уровский Л.Ф. Определение оптимальных размеров кристаллов при вакуум-кристаллизации и центрифугировании. ВНИИСП. Труды. XXI- М., 1974. – с. 84-88.
4. Хамский Е.В. Кристаллизация в химической промышленности. – М., Изд. – "Химия", 1979. – 192 с.