

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРОЗИ В УТФЕЛІ ОСТАННЬОГО ПРОДУКТУ

Кристалізація цукрози в утфелі останнього продукту — це заключна стадія цукрового виробництва, на якій, крім жовтого цукру, отримують мелясу, яка зумовлює більшість втрат цукрози у виробництві.

У виробничих умовах нормування технологічного процесу заданої тривалості зводиться до регламентування таких показників:

- а) кінцевої температури охолодження;
- б) складу утфелю і міжкристалевого розчину наприкінці охолодження;
- в) швидкості охолодження утфелю.

Величина втрат цукрози в мелясі визначається кількісним та якісним складом її нецукрів, що, у свою чергу, пов'язано зі складом нецукрового комплексу буряку, умовами його зберігання у період виробничого сезону, а також правильністю ведення виробничого процесу.

В оцінюванні впливу факторів режиму на процес додаткової кристалізації існують значні розбіжності, можливо тому, що є різні методи ведення цього процесу, які можна поділити на дві групи. До першої групи належать методи регулювання процесу кристалізації за кінцевим станом утфелю і міжкристального розчину, виходячи з можливостей наявного обладнання та необхідності отримати в кінці кристалізації мелясу з нормальною доброякісністю. До другої — методи управління, які засновані на пошуку найвигідніших умов його проходження.

Проведені дослідження були присвячені вивченню впливу початкового розміру кристалів на процес кристалізації цукрози під час охолодження утфелю. Для цього готували утфель з середнім розміром кристалів від $0,15 \cdot 10^{-3}$ до $0,82 \cdot 10^{-3}$. Було встановлено, що із збільшенням розміру кристалів зростає тривалість температурних інтервалів Δt , а відповідно і тривалість охолодження в цілому. Досягнення остаточної чистоти міжкристаль-

ного розчину в досліді з розміром кристалів $0,82 \cdot 10^{-3}$ м відбувалось у 2,3 раза повільніше, ніж у досліді з розміром кристалів $0,15 \cdot 10^{-3}$. Було встановлено, що ступінь збільшення тривалості кожного температурного інтервалу практично однакова і становить 2,9...2,7 год відповідно в межах 75...70 та 45...40 °C.

У разі збільшення розміру кристалів збільшується тривалість охолодження, у той же час із зменшенням поверхні кристалізації питома швидкість кристалізації змінюється незначно. Масова швидкість кристалізації значною мірою залежить від розміру кристалів. У разі збільшення розміру кристалів від $0,15 \cdot 10^{-3}$ до $0,82 \cdot 10^{-3}$ м масова швидкість кристалізації зростає в температурному інтервалі 75...70 °C в 5,4 раза, а в інтервалі 45...40 °C — у 4,7 раза. Таким же чином зменшується і швидкість знецукрення міжкристалального розчину. Отримані результати свідчать про те, що раціональним розміром кристалів в утфелі останньої кристалізації є розмір $(0,30...0,32) \cdot 10^{-3}$ м, тому що в разі подальшого збільшення розміру швидкість масової кристалізації зростає незначно.

Наступні дослідження були присвячені вивченню процесу кристалізації залежно від вмісту кристалів за інших однакових умов. Для досліджень було обрано найхарактерніший для виробничих умов інтервал варіювання початкової масової частки кристалів (36...41 %). Отримані дані свідчать про те, що тривалість кожного температурного інтервалу у разі збільшення початкової масової частки кристалів від 36 до 41 % скорочується на 1,1...1,2 год (табл. 1), а загальна тривалість охолодження при такому збільшенні зменшилась на 7,9 год. Збільшення початкової масової частки кристалів в утфелі сприяє збільшенню масової швидкості кристалізації в 1,3 раза.

Як відомо, склад нецукрів значно впливає на розчинність цукрози в міжкристалальному розчині, тому може суттєво впливати на якість цукру, який отримуємо при охолодженні (ΔC_k — зростання масової частки кристалів цукру при охолодженні). У разі збільшення розчинності цукрози від 3,321 до 3,884 кг цук./100 кг води різниця в кількості цукру, що викристалізувався, становить 0,83...0,84 кг цук./100 кг міжкристалального розчину. В температурному інтервалі 75...60 °C при такому збільшенні розчинності цукрози кількість ΔC_k зростає в 1,10...1,15 раза, а при температурі, нижчій ніж 60 °C, різниці в ΔC_k практично немає, тобто комплекс нецукрів, який міститься в міжкристалальному розчині утфелю останньої кристалізації, не має значного впливу на кількість цукрози, що викристалізовується.

Для подальших досліджень процесу кристалізації вивчали методом математичного планування експериментів залежність тривалості охолодження, швидкості кристалізації та швидкості знецукрення від рівня температурного інтервалу (Δt) та одного з факторів, що вивчається, за інших однакових умов:

$$\tau = [2,92 - 13,88\Delta\alpha + 0,03\Delta t + 21,72\Delta\alpha^2 + 0,004\Delta t^2] \cdot 60,4;$$

$$S_{\text{мк}} = -3,34 - 6,23L_{\text{п}} - 0,11\Delta t + 0,08L_{\text{п}}\Delta t + 3,48L_{\text{п}}^2 + 0,001\Delta t^2;$$

$$S_{\text{мк}} = [3,59 - 0,21K_{\text{п}} - 0,1\Delta t + 0,006K_{\text{п}}\Delta t + 0,12K_{\text{п}}^2 + 0,001\Delta t^2] \cdot 10^{-3},$$

де τ — тривалість температурного інтервалу; $\Delta\alpha = K_{\text{п}} - 1$; $K_{\text{п}}$ — коефіцієнт пересичення; Δt — температурний інтервал, $\Delta t = 75 - t$; $S_{\text{мк}}$ — швидкість знецукрення міжкристалального розчину; $L_{\text{п}}$ — початковий розмір кристалів; $S_{\text{мк}}$ — масова швидкість кристалізації; $K_{\text{п}}$ — початкова масова частка кристалів.

Таблиця 1

Залежність тривалості температурних інтервалів від початкової масової частки кристалів

Масова частка кристалів $K_{\text{п}}$, %	Тривалість, год, температурних інтервалів Δt , °C						
	75...70	70...65	65...60	60...55	55...50	50...45	45...40
36	2,76	3,91	4,94	6,00	7,36	8,74	11,04
37	2,30	3,45	4,37	5,40	6,67	8,05	10,12
38	2,07	3,00	3,91	4,94	6,21	7,59	9,66
39	1,84	2,64	3,68	4,60	5,75	7,13	9,18
40	1,61	2,41	3,45	4,37	5,40	6,90	8,74
41	1,84	2,53	3,45	4,37	5,29	6,90	8,85

Таблиця 2

Вплив початкової масової частки кристалів на швидкість охолодження утфелю

Масова частка кристалів $K_{\text{п}}$, %	Швидкість охолодження, °C/год, в температурних інтервалах Δt , °C						
	75...70	70...65	65...60	60...55	55...50	50...45	45...40
36	2,78	1,95	1,85	1,28	1,20	1,05	0,40
37	3,33	2,08	1,90	1,61	1,32	1,09	0,46
38	3,37	2,29	1,92	1,67	1,50	1,12	0,48
39	4,17	2,39	1,93	1,72	1,52	1,14	0,50
40	4,47	2,79	2,38	1,75	1,59	1,16	0,52
41	5,00	4,90	2,56	1,92	1,67	1,19	0,59

Під час проведення експерименту були отримані дані визначення залежності швидкості охолодження від вищенаведених факторів (табл. 2).

У разі збільшення початкової масової частки кристалів $K_{\text{п}}$ збільшується їх максимально можлива кінцева масова частка (при $K_{\text{п}} = 36$ % кінцева масова частка досягає 47,3 %, а при $K_{\text{п}} = 41$ % — 51,6 %). Щоб досягти максимально можливої масової частки кристалів, їх початкова масова частка має становити 36...38 %.

Висновки. Оскільки параметром, що лімітує процес, є чистота нормальної меляси, оптимізацію проводили, починаючи із завершального етапу охолодження. В результаті були отримані значення технологічних параметрів для кожного температурного інтервалу, що забезпечує перебіг кристалізації при максимально можливій швидкості.

Надійшла до редколегії 01.11.99 р.