

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ОЧИЩЕННЯ ЖОВТИХ ЦУКРІВ ТА ЇХ КЛЕРОВОК

Отримання цукру високої якості з мінімальними його втратами у меласі є головною умовою при виборі схеми варильно-кристалізаційного відділення. Для вирішення поставленого завдання схема цього відділення має передбачати розмежування відтоків за ступенем їх чистоти з метою направлення на уварювання утфелю І кристалізації клеровок найвищої чистоти та найменшої кольоровості. Крім того, треба передбачити додаткове очищення повернень, що сприятиме максимально можливому видаленню поверхнево-активних нецукрів, у тому числі барвних речовин. Саме ці нецукри є причиною погіршення якості білого цукру [1].

Щоб підвищити якість цукру останньої кристалізації за типовою технологічною схемою, застосовують афінацію жовтого цукру методом механічного видалення частини нецукрів з поверхні кристалів без їх розчинення. На більшості цукрових заводів застосовується афінація цукру останнього продукту першим відтоком І кристалізації в мішалках. Але така афінація не виконує основного завдання — повне видалення шкідливих нецукрів меласи, які при поверненні з клеровкою на І кристалізацію є однією з головних причин зниження якості цукру. Під час афінації в мішалках отримують цукор-афінад, на кристалах якого залишається плівка, що містить 3...4 % нецукрів, більше половини яких становлять нецукри меласи.

Нецукри, що повертаються на І кристалізацію, потрапляють під вплив багатократного нагрівання у вакуум-апаратах та збірниках і стають джерелом додаткових втрат цукрози та меласоутворення, а також причиною погіршення якості білого товарного цукру [2]. Поверхнево-активні нецукри, в тому числі барвні речовини, в процесі кристалізації адсорбуються на поверхні граней кристалів під час їх росту або включаються до кристалічної решітки, погіршуючи якість цукру [3, 4].

Більша частина нецукрів, у тому числі барвних, міститься на поверхні, тобто в плівці міжкристалального розчину, а решта — всередині кристалів. Існує кілька можливих варіантів включення нецукрів до кристалічної решітки: механічне включення міжкристалального розчину в щілинах, що утворюються за певних умов росту крупних кристалів (оклюзія); адсорбція нецукрів на поверхнях граней кристалів, що ростуть, або включення їх у кристалічну решітку (інклюдія); утворення складних сполук цукру з нецукрами. Важливу роль у цьому процесі відіграють стан та розміри поверхні кристалів, природа нецукрів, умови проведення кристалізації. Наявність в утфелі нецукрів уповільнює швидкість кристалізації та зменшує чистоту кристалів. Найшкідливішими є барвні речовини — меланоїдини, які активно включаються до кристалів цукру.

Щоб підвищити ефект очищення, треба знати кількість плівки та склад нецукрів жовтих цукрів, що направляються на афінацію. Отримані дані свідчать про те, що кількість плівки на поверхні кристалів залежить від трьох основних факторів: чистоти, в'язкості та розміру кристалів. Найзначніший вплив на кількість плівки мають чистота жовтих цукрів (табл. 1) та розмір кристалів:

Розмір кристалів, мм	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Кількість плівки, %	23,6	20,8	17,1	14,5	12,3	11,9

Отримані дані свідчать про те, що оптимальний розмір кристалів має бути 0,35...0,40 мм.

Таблиця 1

Залежність кількості плівки на кристалах від чистоти жовтого цукру (СР міжкристалального відтоку 84 %)

Чистота жовтого цукру, %	Кількість плівки на кристалах, % при чистоті міжкристалального відтоку, %		
	64	60	57
92	25,5	23,0	21,3
93	22,3	20,8	18,9
94	18,5	17,4	16,3
95	15,9	14,7	13,1
96	12,7	11,9	11,0
97	9,8	9,0	8,3
98	6,0	5,9	5,8

Крім плівки, нецукри містяться всередині кристалів цукру. Чистота афінованого в мішалках цукру становить 97,0...97,5 %. У разі повного видалення плівки з поверхні кристалів чистота їх зростає до (99,5±0,2) %. Це свідчить про те, що афінація в мішалках не дає можливості повною мірою видалити плівку з поверхні кристалів і тому треба застосовувати ефективніший спосіб афінації. Такий спосіб було розроблено на кафедрі технології цукристих речовин УДУХТ. Цей спосіб передбачає змивання плівки меласи розбавленим до СР-72...73 % першим відтоком І кристалізації, який є насиченим розчином цукрози при температурі центрифугування. Порівняно з афінацією в мішалках цей спосіб дає змогу значно зменшити кількість нецукрів в афінованому цукрі (табл. 2) і відповідно підвищити чистоту клеровки.

Додаткові дослідження з уточнення складу барвних речовин жовтих цукрів вказують на те, що як у жовтих цукрах останнього продукту, так і в афінованих цукрах містяться барвні речовини, які належать до продуктів лужного гідролізу редукувальних речовин. Співвідношення карамелану і меланоїдинів в очищених жовтих цукрах змінюється відповідно до способу очищення (табл. 3).

В останні роки під час перероблення буряків погіршеної якості отримують цукор І кристалізації з високою кольоровістю. На це впливає кілька факторів, один з яких — незадовільна афінація цукру останньої кристалізації. Значну роль при цьому відіграє також повертання тих домішок, особливо барвних речовин, які містяться всередині кристалів.

Достатньо повне видалення плівки міжкристалального відтоку з поверхні кристалів дає змогу визначити максимально можливе очищення кристалів жовтих цукрів та кількість нецукрів, що містяться всередині кристалів. Для цього після видалення плівки з поверхні кристалів розділяли їх на фракції і визначали середній розмір кристалів. В кристалах визначали чистоту, кольоровість, вміст солей кальцію, золи та склад барвних речовин (табл. 4).

Наведені в табл. 4 дані свідчать про те, що кристали цукрів останньої кристалізації середнього розміру (0,30...0,35 мм), що повністю звільнені від плівки між-

Залежність кількості нецукрів в афінованому цукрі від способу афінації

Показник	Цукор останньої кристалізації	Цукор-афінад			
		Афінація в мішалці	Ефект очищення, %	Афінація в полі дії відцентрових сил	Ефект очищення, %
Чистота, %	94,5	97,4	44,0	99,0	78,7
Кольоровість, од. опт. густ.	23,5	6,15	73,6	2,14	90,4
Масова частка солей кальцію, % СаО	0,09	0,05	44,4	0,03	66,7
Масова частка редукувальних речовин, %	0,33	0,11	66,7	0,05	84,8
Масова частка золи, %	1,610	0,782	54,5	0,426	73,5
Масова частка РКД, %	0,78	0,35	55,1	0,22	71,8
Масова частка азоту амінокислот, %	11,828	5,351	54,8	2,981	74,8
Масова частка натрію, %	0,148	0,062	58,1	0,023	84,4
Масова частка калію, %	0,762	0,283	62,8	0,153	79,9

Таблиця 3

Склад барвних речовин жовтих цукрів залежно від способу очищення

Найменування речовин	Вміст у суміші окремих груп барвних речовин				
	Цукор останньої кристалізації	Цукор-афінад		Цукор-афінад, очищений в полі дії відцентрових сил	
	мг на 100 г СР	мг на 100 г СР	Ефект видалення нецукрів, %	мг на 100 г СР	Ефект видалення нецукрів, %
Продукти лужного розкладу редукувальних речовин	1049,5	561,0	46,5	130,2	87,6
Карамелан	376,3	226,0	39,9	35,0	90,7
Меланоїдини	252,5	133,7	47,0	60,2	76,1

Таблиця 4

Залежність основних якісних показників цукру від лінійного розміру кристалів

Показник	Лінійний розмір кристалів, мм						
	0,208	0,304	0,341	0,349	0,357	0,396	0,410
Кольоровість, од. опт. густ. на 100 г СР	3,74	2,28	2,20	2,14	1,89	3,29	3,97
Масова частка солей кальцію, %	0,023	0,021	0,020	0,020	0,020	0,022	0,023
Масова частка золи, %	0,281	0,209	0,192	0,199	0,187	0,262	0,298
Продукти лужного розкладу цукрів, мг на 100 г СР	114,3	107,0	133,5	127,5	188,0	130,0	151,0
Карамелан, мг на 100 г СР	13,3	13,2	10,1	10,3	11,0	10,4	12,8
Меланоїдини, мг на 100 г СР	25,2	14,7	15,9	15,6	20,0	21,0	26,0

кристалевого відтоку, містять значно менше включень нецукрів порівняно з крупнішими та дрібнішими кристалами. Тому під час останньої кристалізації треба вирощувати кристали середніх розмірів.

Під час клерування афінованих жовтих цукрів соком II сатурації кристали цукру розчиняються і переходять у розчин нецукрів, які частково залишились на поверхні кристалів після афінації, а також нецукрів, що були всередині самих кристалів. Повернення цих нецукрів на I кристалізацію негативно впливає на якість, особливо на кольоровість білого цукру. Тому виникає потреба додаткового очищення клеровок. У наш час ця проблема вирішується застосуванням адсорбційних методів очищення продуктів цукрового виробництва [5, 6, 7], а кольоровість розчинів знижують використанням хімічних реагентів (гідросульфиту та сульфиту натрію). Однак введення сульфиту натрію безпосередньо у вакуум-апарати під час уварювання утфелю I кристалізації небажано через можливість утворення осаду CaSO_4 , що може вплинути на зародження кристалів.

Одним з найефективніших способів очищення клеровок є запропонований на кафедрі технології цукристих речовин УДУХТ спосіб оброблення їх сульфитом натрію, який дає змогу зберегти ефект сульфитації, але виключає можливість включення в кристали цукру осаду CaSO_4 . Крім цього, під дією сульфиту натрію зменшується вміст солей кальцію в густих продуктах (табл. 5).

Отримані дані свідчать про те, що ефект видалення солей кальцію залежить від складу продуктів та кількості сульфиту натрію, що додається. При введенні в густі продукти незначних кількостей сульфиту натрію сульфит-іон у першу чергу витрачається на інгібування та знебарвлення барвних речовин і лише тоді, коли його вміст у розчині досягне певного значення, він вступає в реакції осадження з солями кальцію.

Наступним кроком дослідження було встановлення впливу сульфиту натрію на якісні показники клеровки (табл. 6).

Сульфит натрію в невеликих кількостях (0,02...0,03 % до маси продукту) позитивно впливає на зміну якісних по-

Таблиця 5

Залежність ефекту видалення солей кальцію від кількості сульфату натрію, що додається в густі продукти

Продукт	Масова частка солей кальцію в продуктах при додаванні $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, %			Ефект видалення солей кальцію, %	
	0	0,05	0,10	0,05	0,10
Сироп з клеровкою	0,483	0,424	0,252	12,5	47,1
Клеровка	0,324	0,280	0,208	12,6	34,0
Перший відтік І продукту	0,639	0,531	0,453	17,1	29,6
Афінаційний відтік	0,812	0,805	0,790	8,6	27,0

казників клеровки. Із збільшенням кількості сульфату натрію якісні показники клеровки погіршуються відносно таких же показників при витратах $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,02...0,03 % до маси продукту. Це явище пояснюється тим, що рН клеровки відхиляється від оптимального значення (7,40...7,85) при температурах процесу, при яких має місце максимальне видалення з розчину солей кальцію, РКД та спостерігаються мінімальні кольоровість і густина.

Висновки. Спосіб проведення афінації в центрифугах дає можливість значно зменшити кількість нецукрів в афінованому цукрі та підвищити чистоту клеровки порівняно із способом проведення афінації в мішалках. Для очищення клеровок найефективнішим є спосіб оброблення їх сульфатом натрію, який дає змогу зберегти ефект сульфатації і виключає можливість включення в кристали цукру осаду CaSO_4 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Сапронов А.Р. Технология сахара: Учебн. — М.: Колос, 1998. — 495 с.

Таблиця 6

Зміна якісних показників клеровки після оброблення сульфатом натрію

Показник	Кількість $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, %, що додається до клеровки					
	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10
Масова частка вільного SO_4 , % · 10 ³	0	4,0	8,0	13,5	20,0	26,0
Кольоровість, од. опт. густ. на 100 СР	4,2	3,0	3,3	3,4	3,5	3,5
Масова частка РКД, %	0,28	0,17	0,14	0,18	0,22	0,28
Масова частка солей кальцію, % СаО	0,035	0,025	0,018	0,022	0,024	0,024
Густина, Па·с · 10 ³	5,8	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3

2. Белостоцкий Л.Г. Интенсификация технологических процессов свеклосахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1989. — 223 с.

3. Даишев М.И. Теоретические основы технологии сахара: Учебн. пособие: В 2 ч. — Краснодар: Домино, 1997. — Ч. 1. — 70 с.

4. Бобровник Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве. — К.: Вища шк., 1994. — 255 с.

5. Интенсификация процесса уваривания и кристаллизации сахарных утфелей / В.О. Штангеев, А.К. Сущенко, И.С. Гулый и др. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1988. — Сер. 23. — Вып. 16. — 47 с.

6. Интенсификация процесса клерования сахара / В.В. Кузьменко, В.О. Штангеев, А.Ф. Немчин и др. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1989. — Сер. 23. — Вып. 2. — 39 с.

Надійшла до редколегії 01.11.99 р.