

**Міністерство освіти і науки України  
Національний університет харчових технологій**

**НАУКОВІ ПРАЦІ  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ  
ХАРЧОВИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**№ 16**

**Київ НУХТ 2005**

№ 164.164

Н.І. Штангесва, д-р техн. наук  
Л.С. Клименко, О.В. Ничик,  
кандидати техн. наук  
В.Є. Носенко, канд. фіз.-мат. наук

## ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКРУ І РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКЦІЇ ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ

*Запропоновано підвищити якість цукру, очищенням клеровки жовтого цукру коагулянтм "Полвак". Розроблено технології нових видів продукції — інвертованих сиропів з очищеної клеровки жовтого цукру. Наведено способи інтенсифікації процесів кислотного і ферментативного гідролізу цукрози.*

**Ключові слова:** цукрове виробництво, інвертований сироп, клеровка, жовтий цукор, коагулянт, кислотний і ферментативний гідроліз, комплексна обробка сировини, якість, асортимент продукції.

У зв'язку з інтеграцією України до ЄС потрібно переглянути та узгодити нормативні вимоги до якості цукру з директивами і розпорядженнями ЄС. Цукор, який не буде відповідати цим вимогам, буде належати до нижчих категорій, що пов'язано з нижчою ціною та погіршенням можливостей його збуту на національному і світовому ринках. У зв'язку з цим необхідно не тільки розробляти і впроваджувати заводи щодо підвищення якості білого кристалічного цукру відповідно до чинного державного стандарту, а також підвищувати основні критерії якості цукру як безпосередньо харчового продукту. До таких критеріїв належать: блиск кристалів, гранулометричний склад, казаметність і піноутворювальна здатність розчинів цукру, вміст нерозчинних речовин, вміст мікроорганізмів тощо.

Міждержавна Рада із стандартизації, метрології та сертифікації прийняла ГОСТ 21-94 на цукор-пісок і ГОСТ 22-94 на цукор-рафінад, в яких, крім органолептичних та фізико-хімічних показників, включено показники безпеки для здоров'я людей, що обмежують вміст шкідливих сторонніх домішок, а саме: важких металів (арсену, свинцю, міді), а також пестицидів (гексахлорану, ДДТ, фосфорину). Слід враховувати також обмеження щодо вмісту  $SO_2$  (не більше ніж 10 мг/кг), мікроорганізмів (не більше ніж 200 КУО в 10 г цукру), дріжджів та плісневих грибів (не більше ніж 10 КУО на 10 г цукру), здатність до флокуляції, що визначається переважно вмістом сапоніну тощо.

Якість білого кристалічного цукру залежить від якості цукрових буряків, умов їх перероблення, очищення дифузійного соку, сиропу, застосування додаткових реагентів, температурних режимів та рН середовища на всіх технологічних станціях, від процесів уварювання та кристалізації цукрози тощо.

Сироп, що подається у вакуум-апарати, має бути прозорим, іскристим, рН має перебувати в межах 7.8...8.2, вміст солей кальцію в продукті має становити не більше ніж 0,5 % СаО до маси сиропу, забарвленість — не більше ніж 40 ум. од. (840 од. ICUMSa). Останній показник залежить від вмісту завислих речовин, які утворюють каламуть. Щоб вида-

*The technology of clearing solutions of yellow sugar by a coagulant "Polvac", permitting is submitted to improve the quality of white sugar. The technologies of new views of production — inverted syrups from stripped solutions of yellow sugar designed. The expedients of intensification of processes of a lead-acid and enzymatic hydrolysis of a saccharose are submitted.*

**Key words:** Sugar effecting, inverted syrup, solutions of yellow sugar, brown sugar, coagulant, lead-acid and enzymatic hydrolysis, complex processing of raw, quality, range of production.

лити каламуть, доцільно застосовувати фільтрувальні порошки (кізельгур або перліт).

При підвищеній забарвленості сиропів треба застосовувати адсорбційне видалення барвних речовин за допомогою природних сорбентів (наприклад, палігорськіту) та активного вугілля типу Norit, Carboraffin, а також марок OVA та УАМ, які дають ефект знебарвлення сиропів 20...29 %. Витрати активного вугілля становлять близько 0,5 % до маси сухих речовин сиропу, оптимальна тривалість контакту сиропу з активним вугіллем — 20 хв. Щоб отримати цукор рафінованого гатунку, слід обробляти сироп свіжим активованим порошкоподібним вугіллем перед уварюванням, а відпрацьоване вугілля подавати на оброблення більш рідких технологічних розчинів цукрози [1].

Відомо, що якість білого цукру значно погіршується внаслідок надходження клеровки жовтого цукру II і III кристалізації. Щоб підвищити якість жовтого цукру, застосовують афінацію жовтого цукру III кристалізації першим, а в разі потреби і другим відтоком I кристалізації, схему продуктового відділення з послідовним поверненням цукрів (клеровку жовтого цукру III кристалізації — на уварювання утфелю II кристалізації, клеровку жовтого цукру II кристалізації подають на уварювання утфелю I кристалізації) та інші технологічні заходи. Найбільш поширеним способом очищення густих напівпродуктів цукрового виробництва є дефекосатураційне очищення, яке забезпечує зниження забарвленості і підвищення чистоти завдяки адсорбції нецукрів осадом карбонату кальцію і частково внаслідок їх осадження. Але суттєвим недоліком дефекосатурації є значне пінення густих цукрових розчинів, що викликає труднощі у здійсненні самого процесу. Зважаючи на це, на кафедрі розроблено спосіб очищення та знебарвлення клеровок коагулянтм гідроксохлоридом алюмінію (торгова назва "Полвак") [2]. Під час введення реагенту в розчин у результаті гідролізу утворюються гідрофобні колоїдні системи, які завдяки наявності в цукрових розчинах електролітів і протилежно заряджених часток високомолекулярних сполук коагулюють з утворенням пластівців гідроксиду алюмінію, а вони сорбують на своїй поверхні нецукри і барвні речовини. Встановлено, що викори-

стання розробленого способу забезпечує ефект знебарвлення клеровок 25...35 %, ефект очищення — 20,6...30,7 %. Але навіть цей новий спосіб очищення клеровки не дає змоги підвищити її якість до рівня сиропу з випарної станції, тобто її повернення на уварювання утфалю I кристалізації буде погіршувати якість білого кристалічного цукру.

Водночас для цукрової промисловості України, крім завдань з підвищення якості білого кристалічного цукру, першорядною є проблема розширення асортименту готової продукції, що відображено в "Національній програмі розвитку бурякоцукрової галузі на період до 2010 р." і є запорукою стійкого і соціальноорієнтованого розвитку галузі. Це зумовлено умовами ринкової економіки, а також вимогами сучасної науки про харчування, проблемою відновлення та захисту адорів'я населення України.

Особливої уваги заслуговує напрям створення технології нових видів цукропродуктів як у рідкому, так і в кристалічному вигляді з напівпродуктів цукробурякового виробництва: сиропу після випарної станції, відтоків, жовтого цукру, клеровки жовтих цукрів і т. ін. Виробництво продукції нових видів дасть змогу комплексно переробляти бурякосировину на продукти високої якості, збагачені природними біологічно активними речовинами вихідної сировини, підвищеною харчовою і біологічною цінністю, зниженою калорійністю. Крім того, виробництво рідких цукропродуктів з сиропу після випарної установки дасть змогу створити частково безмеласну технологію, і 2,5 % цукрози до маси буряків, що за традиційною технологією переходить у меласу, будуть залишатися в готовому продукті [3, 4].

Жовтий цукор в широкому асортименті випускають цукрові заводи розвинених країн світу. Використання його як харчового продукту є науково обґрунтованим. В нашій країні виробництво такого цукру стримується через низький рівень вітчизняної економіки, до того ж немає зацікавленості з боку промисловості.

Жовтий цукор замість клерування і перекристалізації у вакуум-апаратах I кристалізації доцільно виводити у вигляді товарного продукту одночасно з білим цукром-піском. Жовтий цукор містить комплекс природних біологічно активних речовин (мікроелементів), які підвищують працездатність і поліпшують ряд клінічних і біохімічних показників крові, підвищують імунітет. В ньому міститься значно більше амінокислот, мікроелементів, зокрема і хрому, ніж у білому цукрі, що позитивно впливає на нормальне засвоєння організмом людини глюкози та регулювальну дію інсуліну [4].

Таким чином, застосовуючи спеціальні умови кристалізації та кінцевого оброблення, продукт можна випускати у вигляді жовтого цукру-піску, коричневого цукру, а також пресованого жовтого цукру та інших видів. При цьому підвищуються продуктивність та ефективність роботи кристалізаційного відділення цукрового заводу, зменшуються витрати теплової енергії і втрати цукрози від розкладання на 0,05...0,07 % до маси буряків та збільшується вихід товарного цукру.

На основі очищеної клеровки жовтого цукру можна також виробляти рідкі цукропродукти із застосуванням інверсії цукрози кислотним або ферментативним способами.

Аналіз відомих способів одержання інвертного сиропів показав, що найпоширенішими є технології які ґрунтуються на гідролізі цукрози на фруктозу та глюкозу неорганічними й органічними кислотами. Ці способи гідролізу досить ефективні, оскільки процес не тривалий.

Недоліком способу є те, що в результаті кислотного гідролізу отримують сиропи зі ступенем інверсії не більше ніж 50 %, що зумовлено небезпечною утворенням оксиметилфурфурулу. Встановлено оптимальні параметри проведення інверсії цукрози очищених клеровок жовтих цукрів лимонною кислотою, при яких спостерігається максимальне утворення редуковальних речовин і мінімальне утворення оксиметилфурфурулу: витрати лимонної кислоти 0,2 % до маси сухих речовин, тривалість 2 год при температурі 90...95 °С.

Одним із варіантів отримання інвертного сиропу з мінімальним вмістом оксиметилфурфурулу і максимальним вмістом редуковальних речовин є скорочення тривалості процесу внаслідок швидкого і рівномірного підвищення температури, яке відбувається в результаті дії полів надвисокої частоти. Розроблено спосіб інтенсифікації кислотного гідролізу полями НВЧ. Встановлено, що попереднє імпульсне оброблення клеровки протягом 180 с скорочує тривалість процесу кислотного гідролізу зі 120 хв до 90. При цьому ступінь інверсії підвищується від 51,2 до 59,3 %, що неможливо досягнути без використання НВЧ внаслідок небезпеки утворення оксиметилфурфурулу.

Ми розробили спосіб ферментативного гідролізу очищених клеровок жовтих цукрів, застосування якого забезпечує практично повний розклад цукрози [5]. Як біологічний катализатор використано інвертазозвмісний фермент INVERTIN. Експериментально встановлено оптимальні параметри проведення інверсії: витрати ферменту — 10...20 од.акт./г цукрози; масова частка сухих речовин субстрату — розчину цукрози — 65...70 %; температура 50...55 °С; рН 4,5...5,0.

Залежно від того, з яким ступенем інверсії потрібно отримати сиропи, тривалість процесу становить для ступеня гідролізу 50...60 % — 4...9 год; для 80...100 % — 8...20 год. Щоб скоротити тривалість процесу ферментативного гідролізу, його інтенсифікували, обробивши ультразвуковими коливаннями. Встановлено, що оброблення УЗ протягом 10...15 хв підвищує ступінь гідролізу на 7...8 % порівняно з гідролізом, проведеним без застосування УЗ, і це дає змогу суттєво скоротити процес.

Отримані за цими способами інвертні сиропи досліджено з визначенням вуглеводного складу і якісного та кількісного складів азотовмісних і неазотовмісних нецукрів. Встановлено, що незалежно від способу гідролізу (табл. 1) сироп, окрім цукрози, містить значну кількість суміші глюкози й фруктози, а наявність у ньому, особливо одержаному за допомогою ферментативного гідролізу протягом 48 год незначної кількості цукрози (2,9 %) дає змогу рекомендувати його до споживання як заміник цукру.

У сиропі ідентифіковано 16 амінокислот, з яких шість є незамінними (табл. 2). Вміст метионіну — сірковмісної амінокислоти дає змогу характеризувати інвертний сироп як цукропродукт підвищеної біологічної цінності. З мікроелементів, які відіграють важливу роль в обмінних процесах життєдіяльності людини, в сиропі є марганець у кількості 1,2 мг/л.

... — 1,2, кобальт — 4,8, алюміній — 12,6 мг/кг.

... результати дослідження зміни якісних показників одержаного сиропу протягом десяти місяців доцільність його тривалого зберігання зі збереженням високої якості та мікробіологічної чистоти. Для цього найкращий термін зберігання при температурі 15...25 °С становить шість місяців, протягом яких якісні показники одержаного продукту не змінюються. Склад одержаного інвертного сиропу наведено в табл. 3.

Таблиця 1

Якісний та кількісний склад вуглеводів інвертних сиропів

Вуглевод	Масова частка вуглеводів, % до маси вуглеводів продукту	
<i>Ферментативний гідроліз при τ, хв</i>		
	300	480
Сукроза	40,1	2,9
Фруктоза	28,8	47,3
Глюкоза	30,1	49,5
<i>Кислотний гідроліз (τ = 90 хв)</i>		
Сукроза	41,7	
Фруктоза	23,6	
Глюкоза	29,5	

Таблиця 2

Амінокислотний склад інвертного сиропу, мг/100г СР продукту

Амінокислота	Ферментативний гідроліз	Кислотний гідроліз	Амінокислота	Ферментативний гідроліз	Кислотний гідроліз
Аланин*	0,74	0,68	Аланин	7,861	7,50
Гліцин	2,85	2,34	Гліцин	0,40	9,15
Валін*	1,92	1,54	Валін*	3,52	3,46
Метіонін*			Метіонін*	0,47	0,41
Ізолейцин*	8,43	8,21	Ізолейцин*		
Серин	3,91	3,17	- лейцин*	3,69	5,89
Тирозин			Тирозин	3,90	3,62
Гістидин	7,95	6,74	Фенілаланін*	0,52	0,45
Трозин	2,50	2,32			
Водневий вміст амінокислот	60,26	53,07	Водневий вміст незамінних амінокислот	11,54	10,85

\* — незамінна амінокислота

Таблиця 3

Склад інвертного сиропу

Показник	Сироп, отриманий гідролізом	
	кислотним	ферментативним (τ=8 годів)
Масова частка сухих речовин, %	64...69	
Реакція середовища (рН)	4,5...5,0	
Забарвленість, оп. опт. густ.	172...180	
Запах	Приємний карамельний	
Колір	Від світло-жовтого до світло-коричневого	
Смак	Солодкий, без гіркоти	

**Висновки.** Таким чином, із застосуванням розроблених технологій на цукровому заводі можна розширити асортимент готової продукції, виробляючи високоякісний білий кристалічний цукор рафінадного гатунку, жовтий цукор в асортименті, білий цукор, збагачений вітаміном С, желеутворювальний цукор з різними добавками, а з очищеної кілеровки — інвертний сироп. Нові цукропродукти підвищеної харчової і біологічної цінності призначені для реалізації в торговельній мережі, на підприємства харчо-

вої промисловості для виробництва харчових продуктів низькокалорійної, дієтичної, профілактичної і лікувальної групи.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Дмигренко А.У., Бренман С.А., Кравець Я.О. Применение активных порошкособразных углей в свеклосахарном производстве // Сах. пром-сть. — 1987. — №2. — С. 28 — 30.
2. Пат. України № 45831. Спосіб очищення густих цукровмісних розчинів / Ничик О.В., Штангеева Н.І., Клименко Л.С., Лагода В.А., Рилик І.Е. — Опубл. 15.04.02, Бюл. №4.
3. Штангеева Н.И., Архипович Н.А., Клименко Л.С. Получение пищевого сиропа // Сах. пром-сть. — 1986. — №4. — С.54,55.
4. Расширение ассортимента продукции / Л.П. Рева, А.Н. Дорохович, Н.И. Штангеева, Ю.А. Заяц // Сахар. — 2004. — №5. — С. 13,14.
5. Пат. України № 33453. Спосіб одержання рідкого інвертного пукру // Штангеева Н.І., Лагода В.А., Клименко Л.С., Чмутов Л.М., Хоменко І.М., Нікіфоров О.В., Ничик О.В. — Опубл. 15.02.01, Бюл. №1.

Надійшла до редколегії 11.04.05 р.