

# Вплив порушень технологічних режимів виробництва на якість цукру

**К.Д. Скорик**, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій (ІПДО НУХТ)

*Стаття підготовлена за матеріалами виступу на IV Міжнародній науково-технічній конференції «Новітні науково-технічні рішення в цукровій промисловості», 10-15 березня 2014 р., м. Львів, Україна*

*Розглянуті відхилення від оптимальних умов проведення технологічних процесів, які призводять до погіршення якості цукру. Проаналізовано вплив параметрів на кольоровість цукру, вміст сторонніх домішок та золи. Прیدілена увага заходам щодо попередження мікробіологічного забруднення білого цукру та зменшення утворення пластівців у підкислених розчинах.*

*Ключові слова: якість цукру, кольоровість, зола, сторонні домішки, мікробіологія, пластівці*

*Рассмотрены отклонения от оптимальных условий проведения технологических процессов, приводящие к ухудшению качества сахара. Проанализировано влияние параметров на цветность сахара, содержание посторонних примесей и зола. Уделено внимание мерам по предупреждению микробиологического инфицирования белого сахара и уменьшению образования хлопьев в подкисленных растворах.*

*Ключевые слова: качество сахара, цветность, зола, посторонние примеси, микробиология, хлопья*

*Deviations from optimal conditions of technological processes fulfillment are discussed that result in worsening of sugar quality. Analysis was carried out of parameters impact on sugar color, content of foreign matters and ash. Attention was paid to prevention of white sugar microbiological infection and flocks formation in acidified solutions.*

*Key words: sugar quality, color, ash, foreign impurities, microbiology, flocks*

В сучасних умовах все більшу увагу на підприємствах цукрової галузі приділяють підвищенню конкурентоспроможності готової продукції. Вирішення цього завдання неможливе без суттєвого та стабільного підвищення якості білого цукру. Порушення та відхилення від оптимальних умов проведення технологічних процесів призводять до погіршення якості цукру та підвищених втрат матеріальних і енергетичних ресурсів [1].

**Кольоровість білого цукру** залежить від кількісного та якісного складу забарвлених речовин. Основна кількість за-

барвлених речовин, як і зольних елементів, у білому цукрі міститься у плівці маточного розчину, що знаходиться на поверхні кристалів. Очевидно, це може пояснити певний зв'язок між кольоровістю білого цукру і його зольністю – чим вище кольоровість білого цукру, вища і його зольність. Якраз цим, імовірно, і пояснюються високі вимоги до кольоровості білого цукру, що використовується для приготування таких сильно забарвлених напоїв, як Coca-Cola, Pepsi-Cola, для яких кольоровість цукру, здавалось би, не повинна відігравати особливої ролі [2].

Забарвлені речовини цукрового виробництва є складною сумішшю речовин чотирьох основних груп:

- продуктів карамелізації;
- продуктів лужно-термічного

розкладання редукувальних речовин;

- меланоїдинів та
- поліфенольних комплексів.

Виконані останнім часом дослідження показали, що, коли на випарній установці не відбувається великого наростання кольоровості, то білий цукор, отриманий у цьому разі, практично не містить продуктів карамелізації.

Важливою групою забарвлених речовин у цукровому виробництві є продукти, що утворюються при лужно-термічному розкладанні редукувальних речовин. При їх розкладанні утворюється понад 100 нових сполук, у тому числі значна кількість забарвлених сполук, структура і властивості останніх залежать від умов (температура, рН, тривалість процесу та ін.).

## ТЕХНОЛОГІЇ

Слід враховувати, що забарвлені речовини як білого цукру, так і жовтих цукрів є продуктами термічного розкладання цукрози та утворюються в технологічному процесі перероблення цукрових буряків, а не натуральними сполуками буряків.

### Основні причини одержання цукру підвищеної кольоровості

■ Наявність в соках моно- і поліфенолів, меланінів – продуктів ферментативного окислення фенолів при надходженні на верстат зеленої маси та буряків, що виростили в посуху. Характерна ознака таких соків: червонувато-фіолетовий колір дифузійного соку, блакитнувато-фіолетовий – сакураційного.

■ Присутність меланоїдинів, які утворюються в результаті взаємодії редукувальних речовин, продуктів їх розкладання з амінокислотами, амідами, бетаїном, пептидами, аміаком. Більша кількість меланоїдинів зустрічається в буряках з підвищеним вмістом редукувальних речовин і  $\alpha$ -аміноазоту, що найчастіше буває при вегетації буряків у посушливих умовах. Вміст  $\alpha$ -аміноазоту  $\leq 0,04\%$  до маси буряків є критичним для одержання білого цукру без застосування спеціальних заходів. Кольоровість, що обумовлена меланоїдинами, практично не видаляється при пробілюванні цукру в центрифугах.

■ Вміст забарвлених продуктів розкладання цукрози і редукувальних речовин.

■ Утворення карамелей.

Наростання вмісту двох останніх груп забарвлених речовин залежить від рН середовища, температури, тривалості і гідродинаміки процесу, питомої поверхні випарної установки, конструктивних особливостей апаратів. Кольоровість може утворюватися після сушарки за рахунок карамелей та меланоїдинів.

### Нерозчинні домішки у білому цукрі

Одним із показників якості білого цукру є прозорість його розчинів, тобто відсутність каламуті, обумовленої завислими речовинами. При приготуванні розчинів білого цукру суспендовані (нерозчинні) речовини утворюють каламуть, наявність якої викликає утворення осаду в напоях при використанні такого цукру в їх виробництві.

Кристали цукру, отримані з каламутного, погано профільтрованого сиропу не мають блиску, їх поверхня матова, товарний цукор має непривабливий зовнішній вигляд [3].

Завислі домішки складаються в основному із важкорозчинних солей кальцію, головним чином,  $\text{CaCO}_3$ , діоксиду кремнію ( $\text{SiO}_2$ ), осадів органічних речовин. При наявності підвищеного вмісту таких домішок у білому цукрі його кристали мають матову поверхню. Матовий білий цукор, як правило, дає і каламутні розчини. Вміст нерозчинних домішок у білому цукрі коливається у значних межах і залежить, в основному, від правильності проведення технологічних процесів, якості сиропу, із якого виробляють товарний цукор.

### Причини підвищеної зольності цукру

Переробка цукрових буряків з високим вмістом золи (технічно недозрілих, що виростили в умовах вологого літа, уражених шкідниками і хворобами). Такі буряки часто мають низьку натуральну лужність, солі кальцію в очищеному соку невисокі. Для них характерний підвищений вміст  $\text{Na}^+$ , нітратів, щавлевої кислоти. Висока зольність буряків (понад 1% до маси буряків) частіше зустрічається в південних зонах бурякосіяння. Інколи при переробці такої сировини можлива поява білої каламуті в розчинах цукру (видима лише при розчиненні цу-

кру). До складу каламуті входять погано розчинні солі кальцію щавлевої, лимонної та інших кислот, кремій-кислота.

Введення лужних добавок (соди, тринатрійфосфату, ідкого натрію, інгібіторів утворення накипу). При цьому підвищується як водорозчинна зола, так і кількість нерозчинних часток. При застосуванні інгібіторів утворення накипу з цим явищем зіткнулися багато цукрових заводів.

Накопичення в цукрі імідосульфату калію  $\text{NH}_4\text{SO}_3\text{K}$  при мікробіологічному забрудненні в дифузійному апараті. Під дією певних типів мікроорганізмів нітрати цукрових буряків перетворюються на нітрити ( $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ ), а потім під час сульфитації із нітритів утворюється  $\text{NH}_4\text{SO}_3\text{K}$ . При  $\text{pH} < 8,0$  імідосульфат накопичується в цукрі при уварюванні утфелів. У цих випадках зольність цукру може різко підвищитися протягом короткого часу, наприклад, за годину вміст золи в цукрі може зрости з 0,03% до 0,06 - 0,10%.

Високий вміст кальцієвих солей в очищеному соку. Основними джерелами утворення розчинних солей кальцію є редукувальні речовини і  $\alpha$ -аміноазот.

При правильному проведенні технологічних процесів солі кальцію можуть складати 0,01...0,02% до маси соку при вмісті в дифузійному соку 0,15% редукувальних речовин і 0,04% альфа-амінного азоту. При переробці таких соків вміст солей кальцію в мелясі повинен бути на рівні 0,5...0,6% до маси меляси. На переважній більшості цукрових заводів солі кальцію в соку значно вищі і досить часто перевищують 0,10%. Основними причинами підвищеного вмісту солей кальцію є:

- надходження на верстат заводу погано відмитих буряків;
- велика кількість зеленої маси;

- підвищений вміст пульпи в дифузійному соку;
- розвиток мікрофлори в дифузійному апараті та на верстаті заводу;
- різні порушення оптимального технологічного режиму очищення соків тощо.

Недостатньо ретельне фільтрування соків і сиропу. Це має місце на переважній більшості цукрових заводів через незабезпеченість сучасним фільтраційним обладнанням, якісними фільтрувальними тканинами. На багатьох заводах відсутнє контрольне фільтрування соку II сатурації або сульфитованого соку.

Проведення уварювання і центрифугування утфелів в неоптимальних умовах. Незадовільна якість води, яка використовується для пробілювання цукру в центрифугах. Потрапляння забруднень у сушарку при поганій фільтрації повітря.

Для забезпечення випуску білого цукру з мінімально можливим вмістом золи необхідно:

Систематично проводити роботу з постачальниками цукрових буряків для поліпшення технологічних якостей буряків. Сировинним і заводським лабораторіям визначати  $\alpha$ -аміний азот (фотометричним методом на КФК-3), вміст редукувальних речовин.

З метою зниження зольності буряків та цукру слід зменшити кількість незрілих буряків (за рахунок вирощування ранньостиглих сортів, скорочення доз азотних добрив). В технічно незрілій сировині вміст нітратів перевищує 250 мг/кг буряків, вміст натрію – близько 3...4 мг-екв. на 100 г буряків.

При хіміко-технічному і мікробіологічному контролі дифузійного процесу не обмежуватися лише визначенням рН в дифузійному соку і по довжині (висоті) апарату. Внаслідок високої буферності дифузійного соку падіння рН спостерігається лише при дуже сильному розвитку мікрофлори. Слід ви-

значати вміст молочної кислоти і нітритів в нормальному і дифузійному соках. Стан мікробіологічного забруднення на верстаті заводу значною мірою можна визначити за результатами визначення вмісту нітритів у цукрі.

Визначати причини підвищеного вмісту солей кальцію в соках I і II сатурації, сульфитованому сиропі, сиропі з клервою, мелясі.

Для зменшення вмісту солей кальцію необхідно:

- проводити ретельне відмивання і дезінфекцію буряків;
- зменшити надходження на верстат зеленої маси (гичка, бур'яни);
- забезпечити ефективне видалення пульпи з дифузійного соку (до вмісту < 1 г/л);
- витримувати на попередній дефекації оптимальне рН<sub>20</sub>, яке визначають за швидкістю осадження CaCO<sub>3</sub> в соку попередньої дефекації. При рН<sub>20</sub> > 11,0 краще осаджуються солі шавлевої, лимонної і винної кислот;
- працювати з мінімально можливим повертанням CaCO<sub>3</sub> на переддефекацію, замінити повертання соку I сатурації на згущену суспензію;
- не допускати розвитку мікроорганізмів у горизонтальних переддефекаторах типу Бригель-Мюлера, виконувати спеціальний тест на забрудненість мікроорганізмами;
- намагатися скорочувати до оптимальної тривалість гарячої дефекації, щоб знизити пептизацію білково-пектинового осаду;
- підтримувати на I сатурації лужність вище лужності, визначеною за швидкістю осадження CaCO<sub>3</sub> в соку I сатурації. При цьому краще видаляються силікати, MgCO<sub>3</sub>, нітрати, сульфати;
- не допускати надходження на II сатурацію каламутного соку I сатурації.
- Слід враховувати, що інколи каламутність соку пов'язана не з присутністю CaCO<sub>3</sub>, а з над-

ходженням у переробку погано відмитих буряків. На тканині в фільтрах відкладається темно-коричневий осад, що містить кремній, алюміній, магній, складові частини ґрунту;

■ витримувати на II сатурації по можливості лужність, яка відповідає мінімальному вмісту солей кальцію. Чим більша різниця значень фактичного рН і рН, що відповідає мінімуму солей кальцію, тим більше ймовірність відкладення осадів в II і III корпусах випарної установки, підвищення зольності цукру, одержання каламутних розчинів;

■ додавати вапно на II сатурацію;

■ використовувати дозрівачі соку II сатурації для зменшення пересичення CaCO<sub>3</sub> в соках;

Якщо завод може отримувати якісний цукор без сульфитації, то її необхідно припинити з метою зменшення зольності цукру, ступеня загоряння випарки (солі CaSO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>).

■ Не допускати надходження каламутних соків на сульфитацію. При надходженні CaCO<sub>3</sub> на сульфитацію неминуче утворення CaSO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>; вважати за доцільне проведення контрольної фільтрації соку II сатурації.

■ При надходженні на II сатурацію каламутних соків, при високому вмісті MgCO<sub>3</sub> у вапняковому камені вапно на II сатурацію додавати недоцільно.

■ Забезпечувати ретельне фільтрування сиропу (із застосуванням фільтрувальних порошків не лише для наживу шару, а і для поточного дозування в процесі фільтрування).

■ Посилити контроль каламутності сиропу, зольності цукру, особливо при роботі заводу з інгібіторами утворення накипу, при застосуванні нових видів тканин.

Якщо вміст солей кальцію в соку II сатурації перевищує 0,20% на 100 г сухих речовин соку, то при застосуванні інгібіторів утворення накипу підвищуються ризики погіршен-

ня якості продукції в зв'язку зі зростанням зольності та каламутності розчинів цукру.

Зменшувати тривалість уварювання утфелів, уварювання проводити при понижених температурах, попереджати утворення «друз», дрібних кристалів, конгломератів.

- Ретельно видаляти міжкристалічний розчин при центрифугуванні, забезпечити постійний контроль якості води для пробілювання.

- Обмежити контакт цукру з атмосферним повітрям, в якому може міститися пил, частки висушеного жому, вапняку, вугілля та ін.

- Фільтрувати повітря, що використовується для сушіння цукру.

- Забезпечувати ефективно видалення феродомішок із цукру (застосовувати сепаратори з постійними магнітами).

- Виключити додавання вапна в мішалки утфелю останнього ступеня кристалізації.

Інколи візуальна каламутність цукрових розчинів пов'язана не з вмістом мінеральних домішок, а з наявністю в цукрі сапоніну і декстрану.

### Попередження мікробіологічного забруднення цукру

Вміст різних видів мікроорганізмів у цукрі є також одним із показників його якості. Причому на ряді виробництв це один із найважливіших показників якості цукру. В кристалічному цукрі мікроорганізми містяться як всередині кристалів цукру, куди вони потрапляють з крапельками міжкристалічного розчину, так і на їх поверхні – у плівці маточного розчину.

У технологічному процесі більша частина мікроорганізмів, що пройшли дефекацію і сатурацію, за виключенням спор, затримується фільтраційним осадом, який працює як біологічний фільтр. На подальших етапах технологічного процесу боротьба з мікро-

організмами провадиться, головним чином, впливом підвищеної температури. Застосування на цих етапах засобів дезінфекції обмежене.

В кристалізаційному відділенні особливу увагу слід приділяти афінаційному відтоку, в якому міститься на порядок більше мікроорганізмів, ніж у цукрі, що афінується. У мішалках-кристалізаторах і центрифугах джерелами інфікування є повітря, розлитий утфель, відтоки і вода для пробілювання.

У зв'язку з тим, що на цукровому заводі повітря постійно насичене цукровим пилом і бризками рідин, які містять цукор, то трубопроводи і поверхні збірників часто покриваються слизом і пліснявою. При підсиханні слизу спори бактерій і пліснявих грибів розносяться потоками повітря по приміщенням заводу і стають вторинними джерелами інфікування. Бактерії, дріжджі, плісняві гриби можуть розмножуватися на кришках, стінках і днищах збірників. Усі розбавлені цукрові розчини (розливи тощо) значно інфіковані і підвищують кількість мезофільних мікробів. У процесі сушіння цукру кількість мікробів зростає, якщо атмосферне повітря недостатньо профільтроване й очищене.

### Причини та попередження утворення пластівців

В останні роки все більше вітчизняних цукрових заводів проводять додаткові перевірки виробленого цукру на утворення пластівців у підкислених розчинах (так званий флок-тест). Ця перевірка є обов'язковою при входному контролі цукру виробниками безалкогольних напоїв. Контроль за наявністю пластівців у розчинах цукру дозволяє підвищити якість готової продукції, особливо при поставках для виробництва безалкогольних напоїв і кондитерських виробів.

На відміну від каламут-

них (непрозорих) безалкогольних чи слабоалкогольних напоїв чи напоїв на основі фруктових соків, доцільно згадати про зміни оптичних властивостей через утворення пластівців у прозорих прохолоджувальних напоях. Мова йде про коагуляцію незначної інтенсивності, яка, проте, може ставати причиною рекламацій (ці пластівці можуть утворюватися і в каламутних напоях, але вони «злипаються» із часточками фруктів і споживач їх просто не помічає). Осади, про які йде мова, з'являються лише через значний проміжок часу після розливу напоїв. Процес формування пластівців може продовжуватися кілька днів чи тижнів; їх помічають, коли напій уже знаходиться у торговельній мережі чи у споживача. *Слід насамперед з'ясувати, чи осади утворюються через розвиток мікроорганізмів у напої, чи це пов'язано з низькою якістю цукру.* В останньому випадку причиною утворення флокул є високий вміст *поверхнево-активних речовин* або поліцукрів.

На появу пластівців у розчині цукру з буряків найбільшою мірою впливають сапоніни. Сапонін – це карофілін-β-D-глюкуронід, який належить до тритерпенового класу. Соляний комплекс цього глюкозиду і вільного карофіліну знаходиться в цукрових буряках. Вміст сапонінів у цукрових буряках складає 0,1...0,8%. Їх концентрація залежить від часу збирання, стиглості цукрових буряків, складу ґрунту та ін.

В дифузійний сік переходить до 40% сапонінів, що становить відповідно 0,1...0,3% до маси соку. Якщо величина рН води, яка надходить на дифузійну установку, низька (рН = 5,6...5,8), то сапоніни гідролізуються і карофілін частково виводиться зі стружкою, а частково – під час очищення соку.

На дефекації значна частина

Виробництво в Україні цукру різних категорій за останні два сезони

	Сезон 2012 року		Сезон 2013 року	
	Вироблено цукру, тис.т	Від загального обсягу виробництва, %	Вироблено цукру, тис.т	Від загального обсягу виробництва, %
<b>Всього вироблено цукру,</b>	2 226,375	100	1212,135	100
<b>в тому числі:</b>				
<b>I категорії</b>	37,343	1,7	114,423	9,4
<b>II категорії</b>	194,082	8,7	295,620	24,4
<b>III категорії</b>	1890,080	84,9	795,175	65,6
<b>IV категорії</b>	10,469	4,7	6,917	0,6

сапонінів знаходиться в осаді у формі кальцієвих солей. Збільшення кількості вапна, підвищене рН, сприяють видаленню сапонінів на I сатурації. При додаванні вапна на II сатурацію ефект видалення сапонінів збільшується. При правильному проведенні дефекосатурації видалається до 98% сапонінів. Кількість видалених сапонінів залежить від їх вмісту в дифузійному соку, кількості вапна, що дозується при очищенні соку, а також лужності соку I сатурації.

Велика поверхнева активність сапонінів призводить до включення його в кристали цукру. Близько 1% сапонінів, що знаходяться в утфелі, потрапляють до кристалів цукру, а основна їх частина накопичується в мелясі (біля 1000 мг/кг меляси). Щоб зменшити вміст сапонінів у цукрі, рекомендується підвищити рН утфеля до величини 8,5.

За останні роки в цукровій галузі України намітилася позитивна тенденція щодо збільшення випуску якісного цукру I та II категорії. Якщо у виробничий сезон 2012 р. цукру I категорії вироблено 1,7%, то в сезон 2013 р. – вже 9,4% від загального обсягу готової продук-

ції (див. таблицю). Причому в останній сезон до трьох цукрових заводів, які в 2012 році випускали цукор I категорії (ТОВ «Агрофірма «ім. Довженка» ВП «Яреськівський цукровий завод», ТзОВ «Радехівський цукор» і ТОВ «Хмільницьке» ВП «Жданівський цукровий завод»), приєдналися ще два підприємства – ВАТ «Новоіванівський цукровий завод» і ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані». Виробництво цукру II категорії також суттєво підвищилось: 24,4% у 2013 р. порівняно з 8,7% у 2012 р. Незважаючи на те, що в 2013 р. працювало всього 38 цукрових заводів, помітно збільшилася кількість підприємств, які можуть випускати цукор, що за якісними показниками задовольняє сучасні потреби ринку. Завдяки цьому, вітчизняна цукрова галузь сумарно в сезон 2013 р. випустила 33,4% цукру I та II категорії, що майже втричі більше, ніж було в сезоні 2012 року (10,4%).

Таким чином, з метою забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного цукру слід довести його показники до рівня, що відповідають як мінімум другій категорії якості згідно з вимогами ДСТУ на цукор

білий. Для цього потрібно працювати на кондиційних буряках, проводити процеси в оптимальних умовах, застосовувати сучасні технології та обладнання, попереджати виникнення причин та порушень технологічних регламентів, які призводять до погіршення якості білого цукру. Всі вказані заходи дозволять підняти рівень цукрової промисловості та забезпечити високу якість цукру.

#### Список використаних джерел

1. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики 156.83-37-106:2007. – К. : вид-во «Цукор України». 2007, 419 с.

2. К.Д.Скорик. Якість цукру: вимоги, контроль, менеджмент: Навч. Посібник. / Скорик К.Д. // – К. : «Сталь», – 2009. – 99 с.

3. Н.И. Липская. Качество сахара и пути его повышения (рекомендации) / Липская Н.И., Турбан Т.И. – Минск : – Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», – 2008. – 78 с.