

**Особливості гасіння вапна цукровмісними розчинами**

УДК 664.1.038

**Ткаченко Сергій Володимирович, к.т.н. с.н.с.***відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів  
Інституту продовольчих ресурсів НААН України (ІПР)***Шейко Таміла Володимирівна, к.т.н. заступник завідувача***відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів ІПР***Хомічак Любомир Михайлович, д.т.н., професор,***член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи ІПР***Верченко Лідія Михайлівна, к.т.н., с.н.с.***Науково-практичний центр цукробурякового виробництва*

Отримання якісного вапняного молока є одним із факторів, що забезпечує високу ступінь видалення нецукрів із дифузійного соку та економію енергоресурсів в процесі кальцій-карбонатного очищення.

Якісне вапняне молоко повинне задовольняти таким вимогам [1, 2]:

- бути максимально густим ( густина не нижче за 1,18 г/см<sup>3</sup>);
- густина вапняного молока має бути стабільною;
- мати гарну текучість;
- мати високу активність (95...98% СаО до кількості загального вапна);
- ступінь очищення від домішок вапняного молока повинна бути найвища.
- для процесу вапнування варто використовувати тільки свіжо приготоване вапняне молоко з запасом не більше ніж на 2 год. роботи заводу.

Через незадовільну якість вапнякового каменю, що нині використовується на більшості цукрових заводів України, а саме низький вміст у ньому карбонату кальцію та високу ступінь вмісту домішок, використання замість коксу вугілля різних марок та розмірів шматків активність вапняного молока понизилась (нижче за 85...90% СаО). Технологи-практики застосовують для підвищення активності вапняного молока загашування вапна не водою, а цукровмісними розчинами – «промоями» та напівпродуктами цукрового виробництва. Такий прийом сприяє і ще одному ефекту - суттєвому зниженню кількості води, що поступає на верстат заводу з вапняним молоком, а значить і суттєвому зменшенню витрат газу на 1 т перероблених буряків.

За гасіння вапна цукровмісними розчинами сахароза в розчині гідроксиду кальцію, маючи властивості слабкої кислоти, утворює комплекси – сахарати.

В роботі [3] показано, що в розчинах з рН>12 можуть утворюватися розчинні міцні комплекси сахарату кальцію, що мають у своєму складі співвідношення «кальцій:сахароза» = 1:4. За більш сучасними даними дослідників [4] у випадку надлишку сахарози в розчині можуть утворюватися більш складні комплекси із співвідношенням «кальцій:сахароза» = 1:2.

Авторами [5] було досліджено, що зі збільшенням концентрації цукрози кількість утворених сахаратів в системі збільшується. За цього більша частка Са(ОН)<sub>2</sub> у водно-цукровому розчині знаходиться у вигляді сахаратів кальцію. Зокрема, за температури 70,2°C у 18%-му цукровому розчині у вигляді іонів СаОН<sup>+</sup>



і  $\text{Ca}^{2+}$  знаходиться 4,2% вапна, а у вигляді сахаратів – відповідно 95,8%. Вміст вільної цукрози за цього складає 85,10%, моносахарату – 14,11%, дисахарату – 0,78% і трисахарату – 0,01%. З підвищенням температури кількість новоутворених сахаратів зменшується, що пов'язано зі зниженням розчинності вапна.

Колектив авторів в роботі [6] дослідив розчинність вапна у воді і водно-цукровому розчині в залежності від температури. Одержані дані представлені в таблицях 1, 2 [6].

Таблиця 1

**Розчинність вапна у воді і 10,95% цукровому розчині в залежності від температури [6]**

Температура, °C	Розчинність			
	у воді		у 10,95%-му розчині цукрози	
	кг/кг $\text{H}_2\text{O}$	Г $\text{CaO}/100 \text{ cm}^3$	кг/кг $\text{H}_2\text{O}$	Г $\text{CaO}/100 \text{ cm}^3$
25	<b>0,00202</b>	<b>0,176</b>	<b>0,02461</b>	<b>1,577</b>
40	0,00175	0,163	0,02128	1,345
50	0,00155	0,156	0,01682	1,071
60	0,00142	0,141	0,01434	0,916
70	0,00122	0,129	0,01139	0,728
80	0,00096	0,119	0,00619	0,398
90	<b>0,00082</b>	<b>0,104</b>	<b>0,00389</b>	<b>0,250</b>

Таблиця 2

**Розчинність вапна за 60°C в залежності від концентрації цукрози [6]**

Масова частка цукрози в розчині, %	Розчинність	
	кг/кг $\text{H}_2\text{O}$	г $\text{CaO}/100 \text{ cm}^3$
10,95	0,01434	0,916
18,3	0,02478	1,404
27,54	0,05524	2,622
<b>32,19</b>	<b>0,09646</b>	<b>4,133</b>
36,85	0,09587	3,757
46,22	0,08398	2,724
55,65	0,8370	2,160

Було встановлено (табл. 1), що розчинність вапна з підвищенням температури в інтервалі 25...90°C знижується. Найбільшу розчинність у воді і водно-цукровому розчині було зафіксовано за температури 25°C, найменшу за температури 90°C. У водно-цукровому розчині зі збільшенням температури зниження розчинності гідроксиду кальцію відбувається більш різко у порівнянні з водою. Такий факт автори [6] пояснюють гідролізом розчинних сахаратів кальцію, що посилюється з підвищенням температури. Якщо проаналізувати дані розчинності вапна в залежності від концентрації цукрози в розчині (табл. 2), то в області масової частки цукрози 10,95...32,19% спостерігається значне збільшення розчинності, а в області більш високих концентрацій – її зниження.

Також було встановлено, що концентрація двохзарядних іонів кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , кількість яких і є визначальним фактором повноти видалення нецукрів в процесі кальцій-



карбонатного очищення, швидко знижується зі збільшенням концентрації цукрози та наближається до нуля за концентрації вище 13%. Тобто у випадку загашування вапна цукровмісними розчинами концентрація цукрози в них повинна бути нижчою або рівною 13%, що необхідно контролювати у випадку загашування соками I та II карбонізації.

Окрім цього розчинність вапна також залежить від вмісту CaO у розчині. Так максимум розчинності досягається за вмісту 2,0-2,5% CaO в розчині, в той же час наступне додавання вапна спричиняє зниження розчинності.

Виходячи із викладених вище даних закономірним буде питання: Чому не можна загашувати вапно цукровмісними розчинами із температурою 60°C і нижче, адже розчинність вапна за таких умов буде вищою, а отже і активність вапняного молока також буде високою?

У процесі отримання вапняного молока у виробничих умовах, одним з найважливіших факторів є швидкість загашування вапна, що супроводжується швидким змочуванням поверхні пористих шматків випалено вапняку і їх руйнуванням, подрібненням та утворення насиченого розчину водно-вапняної суспензії.

У роботі було показано, що за гасіння вапна цукровмісними розчинами чим нижче температура розчину і чим вища концентрація цукру в ньому, тим довше відбувається насичення розчину вапном, тобто вапно загашується повільніше.

В роботі [7] автори наводять залежність впливу режиму випалу вапняку і температури води на тривалість процесу загашування вапна (рисунок 2).

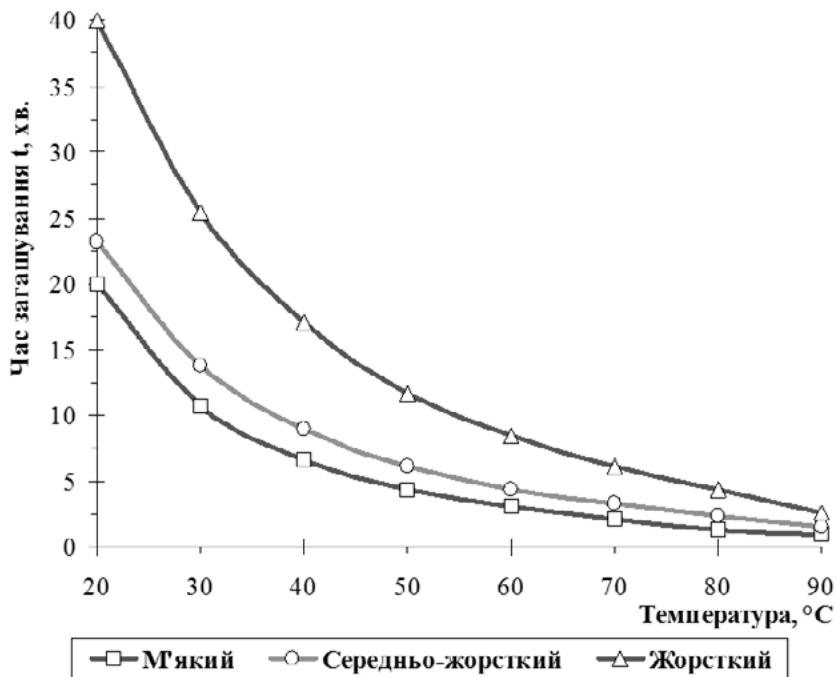


Рисунок 2. – Залежність впливу режиму випалу вапняку і температури води на тривалість загашування вапна



Із залежності зображеній на рис. 2 видно, що усі зразки вапна найшвидше загашувались за температури 90°C. Краще загашується вапно отримане за м'якого режиму випалу, повільніше – вапно випалене за середньо-жорсткого та жорсткого режимів, що пов'язано із різною пористістю шматків отриманого вапна. За м'якого випалу пористість складає 46...55%, середньо-жорсткого – 34...46%, жорсткого – менше 34%. Таким чином чим вища температури води, що подається на загашування вапна тим, швидше йде процес.

Окрім температури, на швидкість загашування вапна будуть впливати такі фактори [2]:

- розмір частинок CaO, що буде залежати від режиму випалу та структури вапняку;
- наявність у продуктах загашування гіпсу, оксиду магнію, а також глюкози. Всі перераховані елементи знижують швидкість загашування;
- вид розчину для загашування вапна. За загашування цукровмісними розчинами швидкість реакції буде нижчою, у порівнянні із загашуванням чистою водою;
- наявність у розчині для загашування вапна будь яких поверхнево-активних речовин (ПАР), що буде уповільнювати процес;
- розмір шматків вапна. Чим вони менші, тим більша реакційна поверхня і тим активніше йде процес загашування вапна;
- умови і час зберігання вапна. Свіжо-випалене вапно гаситься швидше ніж те, що довго зберігалось.

В роботі [8] також було виявлено, що в насиченому водно-цукровому розчині більша кількість іонів кальцію  $\text{Ca}^{2+}$ , котрі потрібні для ефективного проходження фізико-хімічних реакцій на стадії переддефекації та основного вапнування, існує за високих температур (рисунок 1). Тому загашування вапна цукровмісними розчинами необхідно проводити за їх температури не нижче 90°C.

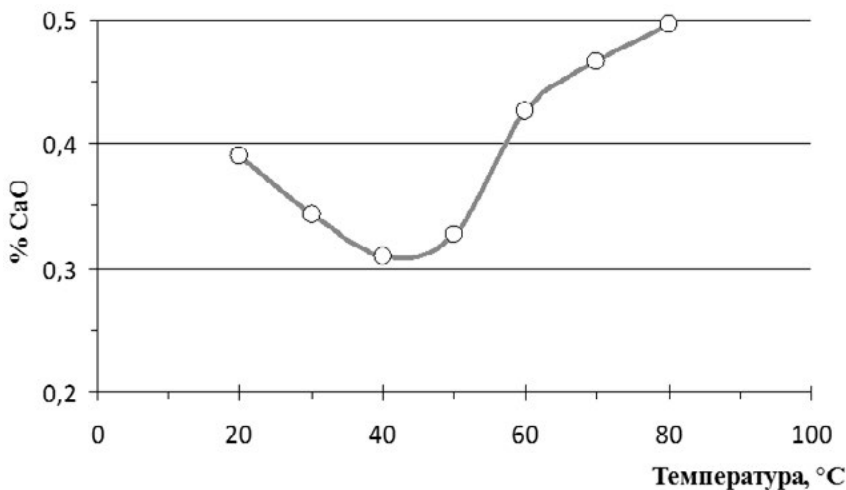


Рисунок 1. – Залежність рівноважної концентрації іонів  $\text{Ca}^{2+}$  у водно-цукровому розчині від температури за pH 11 [8]



Автори в роботі [9] показали, що за гасіння вапна «промоями» має місце руйнування цукрози в кількості 0,016% до маси буряку, зменшення швидкості процесу загашування вапна і підвищення в'язкості вапняного молока, що в свою чергу, ускладнює його очищення та збільшує втрати вапна з відходами. Найбільша частка зруйнованої цукрози (67%) припадала на вапно-гасильний апарат, 21% на піскоуловлювач Русселя-Дорошенко, 12% на мішалку вапняної суспензії. Наступна карбонізація отриманої суспензії була дуже ускладнена внаслідок утворення в процесі карбонізації колоїдного карбонату кальцію, що значно збільшувало в'язкість суспензії, ускладнюючи за цього проходження  $\text{CO}_2$ , а час карбонізації збільшувався до 2,5-3,0 год.

Також колективом авторів у роботі зазначено, що за внесення вапна у цукровий розчин частинки  $\text{CaO}$  на своїй поверхні зв'язуються з цукрозою і за абсорбції цукру колоїдно переходять у розчин, тобто відбувається подрібнення частинок  $\text{CaO}$  з утворенням колоїдних структур. Такі колоїдні структури, потрапляючи на верстат сокоочисного відділення, на наступних етапах призводять до утворення дрібнодисперсного  $\text{CaCO}_3$ , що забиває пори фільтрувальної тканини та призводить до утворення інкрустацій.

Однак, було накопичено позитивний досвід з використання цукровмісних розчинів для загашування вапна [10]. Аналіз даних, отриманих у виробничих умовах, показав, що доброякісність очищеного соку за цього підвищується на 1,5-2,0%, ефект очищення зростає на 8,0%. Керуючись такими показниками для заводу продуктивністю 3000 т буряків за добу додатковий вихід цукру за гасіння вапна цукровмісними розчинами складе 3,0 тони за добу. Якщо врахувати, що втрати цукру від розкладу цукрози складуть 0,016% до кількості буряків, тобто майже 0,5 т цукру, то додатковий вихід цукру за цього складе не менше як 2,5 т/добу. До економії цукру необхідно також додати економію палива за рахунок зниження кількості випарюваної води, що надійшла на верстат сокоочисного відділення з вапняним молоком. Разом з тим останні дослідження показали, що втрати цукру від лужно-термічного розкладу під час гасіння вапна промивами можуть бути ще меншими.

Опираючись на вище викладений матеріал можна сформулювати рекомендації, яких необхідно дотримуватись за загашування вапна цукровмісними розчинами:

- вміст цукрози у розчині повинен бути рівним або нижчим за 13%;
- температура розчину має бути не нижчою ніж 90°C;
- цукровмісні розчини не повинні містити будь-яких ПАР;
- шматки випаленого вапна варто перед загашуванням подрібнювати, що дозволить збільшити поверхню реагування і активізувати процес загашування.
- оскільки за загашування вапна цукровмісними розчинами утворюються колоїдні структури, що на наступних етапах призводять до утворення дрібнодисперсного  $\text{CaCO}_3$ , який забиває пори фільтрувальної тканини та призводить до утворення інкрустацій, необхідно дуже ретельно підходити до вибору режиму випалу вапнякового каменю з різною кристалічною структурою.



## Список використаних джерел

1. Гусарук, Т. С. Вимоги цукрового виробництва до технологічних властивостей вапняного молока / Т. С. Гусарук, Л. М. Верченко, Л. М. Хомічак // Матеріали науково-технічної конференції цукровиків України, 21–23 березня 2007 р. – 2007. – С. 183–187.
2. Штангеев К.О. Отримання вапна та сатураційного газу [Електронний Ресурс]: Звіт проекту «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах України», що виконується Агенством ООН з питань промислового розвитку (ЮНІДО) за підтримки Глобального Екологічного Фонду / К.О. Штангеев – К.: ЮНІДО, 2015. – 61 с.
3. Бобровник Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве / Л.Д. Бобровник – Киев: Выща школа, 1994. – 255 с.
4. Бобровник Л.Д. Сахараты кальция: состав и строение / Л.Д. Бобровник, В.М. Логвин, В.Ю. Выговский // Сахар. – 2009. – № 10. – С. 56-60.
5. Перельгин В.М. О растворимости гидроксида кальция в водно-сахарных растворах / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Сахар. – 2003. – №5. – С.40-42.
6. Лосева В.А. Растворимость извести в воде и водно-сахарном растворе / В.А. Лосева, И.С. Наумченко, В.М. Перельгин // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1987. – №3. – С.48-50.
7. Производство извести и сатурационного газа на сахарных заводах / [Табунщиков Н.П., Аксенов Э.Т., Гуревич Р.Я., Шевцов Л. Д.] – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 175 с.
8. Кульнева Н.Г. Исследование известково-карбонатной системы сахарного производства / Н.Г. Кульнева, А.И. Шматова // Вестник ВГУИТ. – 2012. – №3. – С.157-162.
9. Аксёнов Э.Т. Разложение сахарозы при гашении извести сахарными растворами / Э.Т. Аксёнов, Л.М. Верченко // Пищевая пром. – 1977. – № 2. – С. 20-22.
10. Волошаненко Г.П. Производственная оценка эффективности очистки диффузионного сока известковым молоком, содержащим сахар / Г.П. Волошаненко // Сахарная промышленность. – 1986. – № 6. – С. 16.

