

# Очищення сиропу бурякоцукрового виробництва з застосуванням катіонного поліелектроліту та целюлози

*Н.І. Штангеева, доктор технічних наук, професор, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості*

*А.Н. Савич, кандидат технічних наук, доцент, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості*

*О.М. Молодницька, аспірант, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості*

*Н.А. Гусятинська, доктор технічних наук, Національний університет харчових технологій*

*Л.С. Клименко, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій*

*В статті розглянуто проблему очищення сиропу бурякоцукрового виробництва. Досліджено дію полігексаметиленгуанідину гідрохлориду (ПГМГХ) на ефективність очищення сиропу після III корпусу випарної установки. Показано ефективність розробленого способу очищення сиропу бурякоцукрового виробництва з використанням ПГМГХ та сорбційно-активної целюлози марки DIACEL 150-1. Розроблений спосіб дозволяє підвищити ефект знебарвлення до 47 % та чистоту сиропу при цьому на 0,9-1,8 од.*

*Ключові слова: адсорбція, забарвлені речовини, знебарвлення, очищення, сироп, активоване вугілля, адсорбенти, целюлоза.*

*В статье рассмотрена проблема очистки сиропа свеклосахарного производства. Исследовано действие полигексаметиленгуанидина гидрохлорида (ПГМГХ) на эффективность очистки сиропа после III корпуса выпарной установки. Разработанный способ очистки сиропа свеклосахарного производства с использованием ПГМГХ и сорбционно-активной целлюлозы марки DIACEL 150-1, позволяет повысить эффект обесцвечивания сиропа до 47 % и чистоту сиропа при этом на 0,9-1,8 ед.*

*Ключевые слова: адсорбция, красящие вещества, обесцвечивание, очистка, сироп, активированный уголь, адсорбенты, целлюлоза.*

*The problem clarification of syrup of sugar-beet production is considered in the article. Influence is considered with application of complex reagent (PGMGH) is investigational on efficiency clarification of syrup after III corps of the evaporator system. Developed method clarification of syrup of sugar-beet production with the use of PGMGH and absorbent | cellulose of brand | mark | of DIACEL 150-1, allows to increase | raise | the effect of discolouring of syrup | surup | to 47 % and cleanness | ligibility | of syrup | surup | here on 0,9-1,8 | un.*

*Keywords: adsorption, dyeings matters, discolouring, clarification, syrup, absorbent carbon, adsorbents, celulose.*

Якість сиропу з випарної установки є визначальним чинником, що впливає на якість білого цукру. Для виробництва цукру високої якості необхідно, щоб вміст редукувальних речовин у сиропі не перевищував 0,5 % до його маси; кольоровість сиропу не повинна перевищувати 525–630 ICUMSA, а кольоровість сиропу з клеровкою - 840 ICUMSA. Нерідко кольоровість сиропу є значно вищою -  $2,96 \cdot 10^3$ – $3,15 \cdot 10^3$  ICUMSA, а сиропу з клеровкою –  $5,25 \cdot 10^3$  ICUMSA і вище. Важливим показником якості сиропу, що

впливає на якість білого цукру, є його прозорість, тобто відсутність в ньому каламуті, яка обумовлена наявністю суспендованих завислих речовин. Суспендовані речовини, що містяться в білому цукрі, являють собою тверді частинки розміром  $\approx 0,1$  мкм, при його розчиненні вони утворюють каламуть, яка дає осад при виробництві напоїв. Кристали цукру, отримані з каламутного, погано профільтрованою сиропу не мають блиску, їх поверхня є матовою, товарний цукор має непривабливий зовнішній вигляд. Каламутність

не нормується Держстандартом на цукор, проте вона є важливим показником контролю процесу фільтрування соків і сиропу та оцінювання якості продуктів у цукровому виробництві. Каламутність соків, сиропу та клеровок жовтих цукрів значно погіршує якість білого цукру. Каламутність цукру високої якості не повинна перевищувати 5-15 ICUMSA. Вміст нерозчинних домішок в такому цукрі від 2 до 10 мг/кг. В білому цукрі низької якості вміст нерозчинних домішок може сягати 250–270 мг/кг, каламутність

цукру – 160 ICUMSA і вище. Разом з тим багато споживачів регламентують значення каламутності цукру, що відображено у відомчій нормативно-технічній документації. Так, фірми-виробники «Кока-Кола», «Пепсі-Кола» висувають наступні вимоги до цукру, що використовується для виготовлення напоїв тривалого зберігання: каламутність для бурякового цукру менше 20 ICUMSA, для рафінадного цукру менше 45 ICUMSA [7].

Каламутність сиропу на заводах Європи становить 6–10 ICUMSA, при цьому вміст нерозчинних домішок в сиропі складає 4–40 мг/л. Вважається, що сироп доброї якості («іскристий») повинен містити завислих домішок не більше 30 мг/л. З такого сиропу можна одержати цукор високої якості. Нерідко каламутність сиропу на вітчизняних цукрових заводах може досягати 400–450 ICUMSA.

Переважає більшість фільтраційного обладнання вітчизняних цукрових заводів не забезпечує достатнього видалення каламутності густих продуктів цукрового виробництва. Застосування допоміжних фільтрувальних матеріалів (кізельгур, фільтроперліт) корисне і дозволяє суттєво підвищити якість фільтрування, але якщо фільтрувальний по-

рошок потрапляє у фільтрат, це призводить до збільшення каламутності і зольності. Для підвищення якості фільтрату та одержання більш стійкого намітого шару фільтруючого порошку іноді додають целюлозу у кількості приблизно 5 г на 1 м<sup>2</sup> поверхні фільтрування.

Однією з причин підвищеної каламутності сиропу є надмінна каламутність соків I і II сатурації через утворення дрібнодисперсного осаду CaCO<sub>3</sub> при наявності в соках значної кількості пектинових речовин, декстрану. Вміст CaCO<sub>3</sub> в соку I сатурації на заводах України коливається в межах 200...2000 мг/л. Бажаєно, щоб вміст CaCO<sub>3</sub> не перевищував 500 мг/л. У соку II сатурації вміст CaCO<sub>3</sub> не повинен перевищувати 100 мг/л. На каламутність напівпродуктів цукрового виробництва значно впливає підвищений вміст солей кальцію, особливо оксалату, цитрату і молочнокислого кальцію. Ці солі створюють тонку каламуть, що проходить через фільтри з розмірами пор 8 мкм. Оксалат і цитрат кальцію осідає на поверхні теплообміну випарних апаратів, підігрівачів сиропу, вакуум-апаратів. При перемішуванні утворюється під час уварювання у вакуум-апаратах кристали цукрози з осадом утворюють так звану «білу»

каламуть [7]. До збільшення каламутності сиропу, а отже і цукру, призводить також застосування інгібіторів утворення накипу, та додавання лужних реагентів (соди, тринатрійфосфату) на випарну установку. Підвищення каламутності сиропу викликають сапоніни, деякі види піногасників.

Отже, зниження якості сиропу – одна з основних причин погіршення якості білого цукру, особливо за показниками кольоровості, зольності, каламутності. Тому, основними вимогами до очищення сиропу є видалення барвних речовин, високомолекулярних сполук, речовин колоїдної дисперсності.

Видалення завислих речовин можливе за рахунок адсорбційного очищення сиропу. Автори [1,6] запропонували систему класифікації адсорбентів, адсорбатів та сил адсорбційної взаємодії, відповідно до якої адсорбенти поділяють на три типи: неспецифічні (неполярні), специфічні, що мають на своїй поверхні позитивний заряд, який сприяє електростатичній взаємодії з адсорбатом (типовий адсорбент – алюмосилікати, кремнезем) та специфічні адсорбенти, які мають на своїй поверхні від'ємний заряд (полімерні адсорбенти з наявністю

Таблиця 1

№ поз.	Сироп до фільтрування		Витрати ПГМГХ, % до маси сиропу	Витрати целюлози, % до маси СР сиропу	Сироп після фільтрування		Ефект знебарвлення, %	Ефект зниження каламутності, %
	Кольоровість, ICUMSA	Каламутність, ICUMSA			Кольоровість, ICUMSA	Каламутність, ICUMSA		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Целюлоза марки Alphcel GM 12								
1	1195,97	1008,64	0,0075	0,5	885,2	304,42	25,9	69,8
2	1195,97	1008,64	0,0075	1,5	986,33	284,37	23,4	71,81
Целюлоза марки Alphcel GM 100								
1	1057,47	851,85	0,0075	0,5	793,2	320,5	24,99	62,37
2	1057,47	851,85	0,0075	1,5	769,4	260,2	27,2	69,45
Целюлоза марки Diacel 150-1								
1	1093,22	961,77	0,0075	0,5	692,89	171,5	36,6	82,17
2	1093,22	961,77	0,0075	1,5	651,59	60,5	40,4	93,7

на поверхні нітрільних, карбонільних та інших іоногруп).

Барвні речовини цукрового виробництва являють собою складну суміш різної природи та хімічного складу, різного ступеню іоногенності та полярності. [10]. Незалежно від ступеня полярності, барвні речовини можна повністю адсорбувати як полярними (в цукровій промисловості - аніонообмінними смолами), так і неполярними (вуглецевими або аналогічними їм речовинами з гарно розвинутою адсорбційною поверхнею) адсорбентами [6]. Для очищення цукрових розчинів необхідно використовувати як полярні так і неполярні адсорбенти, в кількостях, відповідних до вмісту в них іоногенних та неіоногенних розчинних домішок. Досліджено і впроваджено багато способів очищення сиропу бурякоцукрового виробництва [2,5].

Нами розроблено спосіб очищення густих напівпродуктів цукрового виробництва з використанням нетоксичного реагента ПГМГХ в поєднанні з активним вугіллям марки СКН-3 ІСПЕ НАНУ [8, 10].

Чистота сиропу, очищеного за запропонованим спосо-

бом підвищується на 0,9-1,8 од., ефект знебарвлення сиропу склав 23–33 %.

Для підвищення ефекту видалення меланоїдинів та інших забарвлених речовин, що містяться у сиропі застосували целюлозу, яка характеризується більшою до них спорідненістю. Целюлоза, яка має в своєму складі значну кількість функціональних груп на поверхні (гідроксильних, карбонільних та карбоксильних), є адсорбентом змішаного типу. Поряд з видаленням полярних домішок, вона може також видаляти неполярні, які найбільше вклинюються в кристалічну ґратку сахарози під час її кристалізації.

Дослідження [6] по вивченню здатності целюлози до адсорбційного очищення молекулярно-розчинних домішок - завислих та забарвлених речовин, показали її сорбційну ефективність. Нами проведені дослідження різних зразків сиропу (табл 1.) Сироп з вмістом сухих речовин 40 % і рН 7,5 обробляли ПГМГХ в кількості 0,0075 % до маси сиропу і целюлозою, витрати якої склали 0,5 – 1,5 % до маси СР сиропу. В оброблених та про-

фільтрованих пробах сиропу визначали кольоровість та каламутність.

З таблиці 1 видно, що зі збільшенням витрат целюлози від 0,5 % до 1,5 % збільшується і ефект знебарвлення сиропу від 23 до 40 %, каламутність зменшується від 72 до 94 %. Використання більшої кількості целюлози економічно нецільне у зв'язку з тим, що незначно змінюються ефекти знебарвлення та зниження каламутності сиропу. З досліджених зразків целюлози вищу сорбційну активність показала целюлоза марки Diacel 150-1.

Целюлоза марки Diacel 150-1 являє собою білий порошок з нейтральним запахом, насипна щільність більше 130 г/л, втрати при висушуванні менше 7,5 %, рН середовища 5-7,5, розмір часток целюлози від 32 до 160 нанометрів.

Целюлоза є екологічно безпечним продуктом, виготовляється з відновлювальних ресурсів і використовується для фільтрування продуктів, харчової, хіміко-фармацевтичної промисловостей та інших галузей.

Розроблений нами спосіб очищення сиропу з випарної станції, в якому в якості хімічного реагента використовується

Таблиця 2

№ поз.	Витрати ПГМГХ, % до маси сиропу	Кольоровість, ICUMSA	Ефект знебарвлення, %	Каламутність, ICUMSA	Витрати целюлози, % до маси СР сиропу	Ч, %	Кольоровість, ICUMSA	Каламутність, ICUMSA	Загальний ефект зниження каламутності, %	Загальний ефект знебарвлення, %	Висновки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контроль (сироп після III к випарки)	-	1224,17	-	961,87	-	87,5	-	-	-	-	
1	0,002	1124,65	8,1	811,98	0,1	87,8	1027,7	690,7	28,2	16,04	Незначне підвищення чистоти і зменшення забарвленості
2	0,003	1095,97	10,47	489,7	0,3	88,4	885,5	377,8	60,7	27,66	Збільшення чистоти на 0,9-1,8 од. і значне зменшення забарвленості
3	0,006	939,01	23,29	272,99	0,5	88,7	692,89	171,5	82,17	43,39	Спостерігаються найбільші ефекти очищення
4	0,0075	832,7	31,97	237,5	1,5	89,3	651,59	60,5	93,7	46,77	
5	0,01	920,65	24,79	268,9	2,5	89,5	798,89	120,03	87,5	34,74	Подальше збільшення витрат ПГМГХ збільшує чистоту, але ефект знебарвлення

полігексаметиленгуанідин гідрохлорид, в якості адсорбенту - целюлоза марки Diacel 150-1.

Спосіб здійснюється наступним чином. До сиропу після III корпусу випарної станції з чистотою 87,5 % додавали полігексаметиленгуанідин гідрохлорид у кількості 0,002-0,01 % до маси сиропу, суміш перемішували протягом 15 хвилин при температурі 80°C, відокремлювали осад, у фільтраті визначали масову частку сахарози, сухих речовин, рН20, кольоровість, каламутність та розраховували чистоту. Потім додавали целюлозу марки Diacel 150-1 у кількості 0,1-2,5 % до маси сиропу, перемішували протягом 20-25 хв., фільтрували і визначали кольоровість і каламутність та розраховували ефект знебарвлення та зниження каламутності сиропу.

В таблиці 2 наведено результати визначення впливу обробки сиропу за запропонованим способом на якісні показники сиропу.

З отриманих даних можна зробити висновок, що раціональними витратами полігексаметиленгуанідину гідрохлориду для досягнення найкращих якісних показників сиропу є 0,003-0,0075 % до маси сухих речовин сиропу та 0,5-1,5 % целюлози марки Diacel 150-1.

Технічний результат полягає в підвищенні якісних показників сиропу, який надходить на уварювання утфелю, що досягається завдяки додатковому вилученню нецукрів, в тому числі барвних речовин. У сиропі, очищеному полігексаметиленгуанідин гідрохлоридом відбувається зв'язування та осадження ВМС, що сприяє зменшенню його кольоровості, каламутності та підвищенню чистоти сиропу.

Застосування в якості адсорбента целюлози, марки Diacel 150-1 сприяє додатковому очищенню сиропу шляхом виведення дрібнодисперсного осаду за рахунок функціональних

груп, які є на поверхні целюлози та взаємодіють с зарядженими завислими частинками.

Перевага целюлози, в порівнянні з активним вугіллям [10] полягає в тому, що за менших її витрат покращуються фільтраційні характеристики внаслідок високого ступеня її дренажності та адсорбційної активності. З волокон целюлози утворюється високопористий осад, який сприяє утворенню відкритої пористої структури, збільшуючи при цьому площу активної адсорбції [3, 6]. Сироп, очищений ПГМГХ в поєднанні з целюлозою, є більш прозорим, іскристим. Значно зменшується його каламутність, завдяки вилученню органічних і мінеральних нецукрів та завислих речовин.

Отже, очищення сиропу полігексаметиленгуанідином гідрохлоридом та целюлозою марки Diacel 150-1 дає змогу додатково видалити ВМС, аніони кислот, барвні та завислі речовини, забезпечує підвищення чистоти сиропу на 0,9-1,8 од., ефекту знебарвлення сиропу до 47 % та зменшення його каламутності на 82-93 %.

#### Список використаних джерел:

1. Комаров В.С. Адсорбенты и их свойства. // Минск : Наука и техника, 1977.- 245 с.
2. Рева Л.П. Эффективность дополнительной очистки сока II сатурации (в процессе его згущения) и сиропа с использованием фильгроперлита/Л.П. Рева, С.А. Замура, Н.Н. Пушанко, Н.Г. Детлашок, Ю.О. Шубовская// Сахар Украины - 2008.- №5.- С.24-27.
3. Романовская Т.И. Исследование сорбционных свойств целюлозы/ Т.И. Романовская, И.Я. Романовский, О.М. Левчук// Научные работы НУПТ - 2007.- №20.- С.60-61.
4. Сапронов А.Р., Красящие вещества и их влияние на качество сахара. /А.Р Сапронов, Р.А. Колчева// М. : Пищевая

промышленность.- 1975. - 347 с.

5. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства./ А.Р. Сапронов- М. : Колос. - 1998. - 495 с.

6. Сидоренко Ю.И. Адсорбенты на основе целлюлозы для переработки тростникового сахара-сырца в сахар-рафинад/ Ю.И. Сидоренко, Н.В. Межевикина, А.Н. Савич, Е.А. Безлюдько//М. : Сахар.- № 8.- 2009.- С. 56-59.

7. Скорик К.Д. Якість цукру: вимоги, контроль, менеджмент: Навч. посібник. - К. : Сталь.- 2009.- 99 с.

8. Спосіб очищення сиропу бурякоцукрового виробництва. : Патент на корисну модель № 55119 Бюл. № 23 від 10.12.2010 / В.О. Штангеев, Н.А. Гусятинська, А.А. Ліпец, Л.А. Купчик, Л.С. Клименко, О.М. Молодницька // К. : НУХТ.- 2010.

9. Тарасова И.А. Изучение степени специфической адсорбции различных групп красящих веществ сахарного производства на полярных и неполярных адсорбентах/ И.А.Тарасова, Ю.И. Сидоренко, И.С. Шуб// Хранение и переработка сельхозсырья.- 2004.- №6.- С.66-69.

10. Штангеев В.О. Очищення густих напівпродуктів цукрового виробництва з застосуванням нетоксичних реагентів/ В.О. Штангеев, О.М. Молодницька, Н.А. Гусятинська, Л.С. Клименко, Л.А. Купчик// К. : Цукор України.-№ 3.- 2011.- С. 30-33.

11. Хомутецкая Наталья Игоревна. Разработка состава и способа применения нетоксического осветлителя для поляриметрического определения массовой доли сахарозы в продуктах сахарного производства: дис. канд. техн. наук./ Хомутецкая Наталья Игоревна.- Киев, 1994.- 175 с.

Рецензент: Л.М. Хомічак, д.т.н., проф.