

## СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОКСИДУ АЛЮМІНІЮ В НАНОРОЗМІРНОМУ СТАНІ

**С.В. Ткаченко**, к.т.н.,

*с.н.с. лабораторії технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів*

**Т.В. Шейко**, к.т.н.,

*завідуюча лабораторії технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів,*

**Л.М. Хомічак**, д.т.н., професор,

*член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи,*

*Інститут продовольчих ресурсів НААН*

**Л.М. Верченко**, к.т.н., с.н.с

*У статті експериментально встановлено ефективність впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соків попереднього вапнування, основного вапнування, очищеного соку та підвищену стійкість одержаного на попередньому вапнуванні осаду до умов високої лужності основного вапнування.*

*Встановлено більш ефективну дію гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість очищених соків в порівнянні з дією сульфату алюмінію.*

*З'ясовано механізм фізико-хімічної дії гідроксиду алюмінію в наноформі на представників основних груп нецукрів дифузійного соку.*

*Запропоновано спосіб очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані та відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування із застосуванням вапнокarbonізації і розроблено його апаратне оформлення.*

**Ключові слова:** *дифузійний сік, очищення, нанореагент, осадження, коагуляція, гідроксид алюмінію, carbonізація, нецукри*

## METHODS OF CLEANING RAW JUICE WITH THE USE OF HYDROXIDE ALUMINUM IN NANO-DIMENSIONAL CONDITION

**S.V. Tkachenko**, Ph. D., Technique, Senior Researcher

Laboratory of Technology of Sugar, Sugar-Containing Products and Ingredients

**T.V. Sheyko**, Ph. D., Technique, Head of

Laboratory of Technology of Sugar, Sugar-Containing Products and Ingredients

**L.M. Khomichak**, D. of Sciences, Technique, professor,

Corresponding Member of NAAS, Dep. Director on Scientific Work

Food Resources Institute of NAAS

**L.M. Verchenko**, Ph. D., Technique, Senior Researcher

*Basing on investigation results of physicochemical effect of aluminum hydroxide in the nanodimensional state in conditions of progressive pre - liming on the main representatives of specific groups of nonsugar of raw juice, the physicochemical mechanism of aluminum hydroxide action in the nanostate on the main representatives of specific groups of nonsugar of raw juice: protein and pectin, saponin, dextran was found out and theoretical justification of the aluminum hydroxide action in the nanodimensional state on the macromolecular substances and the substances of colloidal dispersion during pre – liming was proposed.*

*The method of raw juice purification was developed with using aluminum hydroxide in nanostate in the previous progressive liming together with cleaning method with using aluminum hydroxide in the nanostate and separation secretion before the main liming with using liming – carbonation.*

**Keywords:** *raw juice, purification, nanoreagent, precipitation, coagulation, aluminium hydroxide carbonization, nonsugar*

Дані, які одержані за умов очищення дифузійного соку з використанням додаткового реагенту гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані, свідчать про його високу осаджуючу дію на нецукри дифузійного соку [1, 2]. Особливо ефективно діє гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані на високомолекулярні речовини та речовини колоїдної дисперсності дифузійного соку: білки, пектини, сапонін, декстран [3]. За умов очищення дифузійного соку за типовою технологічною схемою з додаванням на попереднє прогресивне вапнування гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані можна досягти загального ефекту очищення 40%. Така величина є наслідком високої коагулюючої та флокулюючої дії нанореагенту на попередньому прогресивному вапнуванні, яка обумовлює високий локальний ефект очищення – 32,1% порівняно із соком, який не оброблявся додатковим реагентом в нанорозмірному стані та мав локальний ефект очищення 21,1% [2].

Оскільки гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані сприяє більш повному видаленню нецукрів в осад на стадії попереднього прогресивного вапнування [1, 2], а також підвищенню седиментаційно-фільтраційних властивостей карбонізованих соків, доцільним є відділення утвореного осаду. Тому запропоновано спосіб очищення дифузійного соку з додаванням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на стадії попереднього прогресивного вапнування та відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування з використанням вапнокарбонізації [4].

Очищенню піддавали дифузійні соки різної якості: з чистотою 84,8% сік погіршеної якості та 87,4% більш якісний дифузійний сік. Очищені соки аналізували за методиками [5, 6].

Було уточнено раціональну витрату вапна для проведення вапнокарбонізації за умов оброблення соку на попередньому вапнуванні нанореагентом  $Al(OH)_3$  в разі очищення дифузійних соків різної якості: 0,7% CaO до маси соку для соків погіршеної якості та 0,5% CaO до маси соку для більш якісних соків [2].

Проведено порівняльні дослідження якості соку, очищеного за сучасним типовим способом та за запропонованим способом із відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування з додаванням (табл. 1, Спосіб 2) та без додавання (табл. 1, Спосіб 1) гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на попереднє прогресивне вапнування.

Таблиця 1

**Порівняльні дані якості соків, очищених за різними способами**

Показник чистоти диф. соку, %	Спосіб очищення	Вміст солей $Ca^{2+}$ , г на 100 г СР	Вміст аніонів кислот, %CaO на 100 г СР	Забарвленість од. ICUMSA	Ч, %	Ефект очищення, %
84,8	Сучасний типовий	0,243	0,223	447	88,8	29,6
	Спосіб 1	0,163	0,143	328	89,5	34,6
	Спосіб 2	0,124	0,103	132	90,2	39,4
87,4	Сучасний типовий	0,220	0,199	279	91,3	33,9
	Спосіб 1	0,152	0,132	162	91,7	37,2
	Спосіб 2	0,118	0,098	108	92,2	41,3

Результати проведених досліджень засвідчили ефективність запропонованого способу, а саме підвищення чистоти для соків погіршеної якості складає 0,7%, кількість солей кальцію та вміст аніонів кислот знижується на 24,0% та 28,0% відповідно, забарвленість знижується на 59,8%, ефект очищення зростає на 4,8%. У випадку очищення

більш якісних дифузійних соків встановлено підвищення чистоти очищеного соку на 0,5%, зниження кількості солей кальцію та вмісту аніонів кислот на 22,4% та 26,0% відповідно, зниження забарвленості на 33,3%, зростання ефекту очищення на 4,1%. Соки, очищені за запропонованим способом, мають високу прозорість та іскристість.

Седиментаційно-фільтраційні властивості суспензії соку І-ї карбонізації (табл. 2), одержаної при використанні способу очищення дифузійного соку з додаванням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані і відокремлення осадку нецукрів до основного вапнування із застосуванням вапнокарбонізації (**Спосіб 2**), мають покращені показники в порівнянні з типовим способом очищення та способом очищення з вапнокарбонізацією та відокремленням осадку нецукрів до основного вапнування без додавання гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані (**Спосіб 1**).

Оскільки зараз пред'являються суворі вимоги до вмісту токсичних елементів у харчових продуктах та напівпродуктах, то доречним було визначення щодо залишкового вмісту алюмінію у напівпродуктах цукрового виробництва. Якщо врахувати розчинність гідроксиду алюмінію  $2,9 \cdot 10^{-9}$  моль/л то, в сік може перейти 0,00023 мг/л гідроксиду алюмінію, при цьому згідно національного стандарту на питну воду вміст алюмінію у воді повинен знаходитися в межах 0,2-0,5 мг/л (ДСанПіН 2.2.4-171-10), а це в 2000 разів більше від кількості гідроксиду алюмінію яка може перейти в сік. Крім цього відомо [7], що при обробці технічної води і технологічних суспензій алюмінієвими коагулянтами, гідроксид алюмінію із лужного розчину повністю видаляється при рН, яке приблизно дорівнює 11,0, що обумовлює його видалення на стадії вапнокарбонізації та І карбонізації.

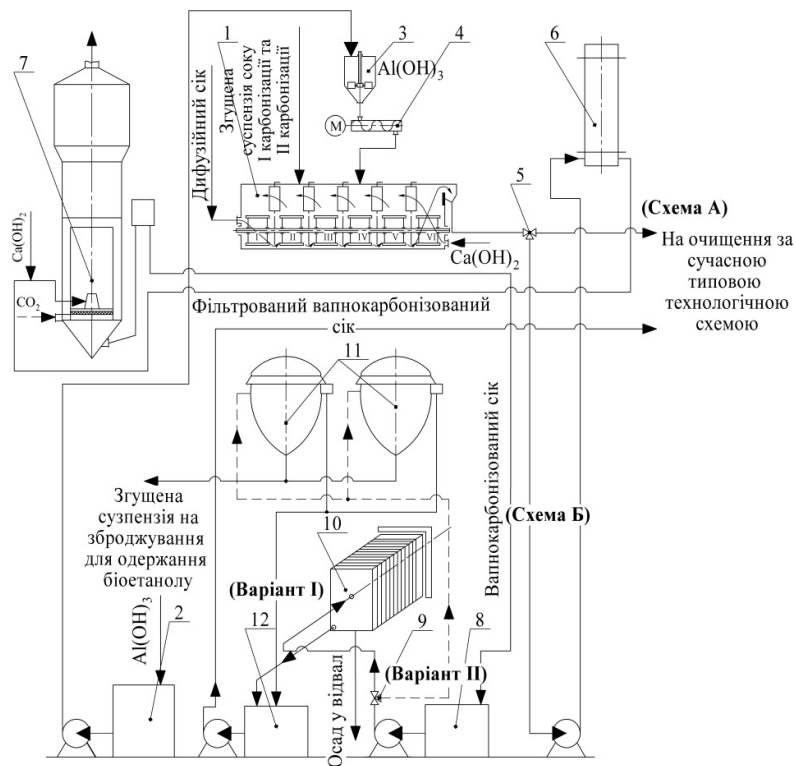
Таблиця 2

**Седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій соків І-ї карбонізації за різних способів очищення дифузійного соку**

Показник чистоти диф. соку, %	Спосіб очищення дифузійного соку	S <sub>5</sub> , см/хв	V <sub>25</sub> , %	F <sub>k</sub> , с/см <sup>2</sup>	Швидкість фільтрування під тиском, W м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·год
84,8	Сучасний типовий	1,7	23,0	5,8	0,480
	Спосіб 1	5,0	14,3	4,3	0,667
	Спосіб 2	5,5	12,8	3,4	0,705
87,4	Сучасний типовий	1,9	21,0	5,5	0,502
	Спосіб 1	5,2	13,2	4,1	0,680
	Спосіб 2	5,8	12,0	3,3	0,712

Очищений за розробленим способом сік було проаналізовано на наявність катіону Al<sup>3+</sup>, як за допомогою якісної реакції з груповим реагентом – сульфідом амонію (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S на всю третю групу катіонів, так і за допомогою специфічного реагенту на катіон алюмінію – ацетату натрію CH<sub>3</sub>COONa. Результати аналізів засвідчили відсутність алюмінію в соках.

На основі проведених досліджень розроблено апаратурне оформлення способу очищення дифузійного соку з використанням додаткового реагенту – гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані без відокремлення осадку (**Схема А**) і з відокремленням осадку вапнокарбонізованого соку до основного вапнування (**Схема Б**) (Рис. 1).



**Рис. 1. Схеми апаратурного оформлення способів очищення дифузійного соку з використанням додаткового реагенту – гідроксиду алюмінію**

Відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування може реалізовуватися за двома варіантами: з виведенням суспензії осаду вапнокарбонізованого соку для вироблення біоетанолу (**варіант I**) та з виведенням осаду вапнокарбонізованого соку у відвал (**варіант II**).

Обидва варіанти передбачають попереднє прогресивне вапнування дифузійного соку в апараті Бригель-Мюллера 1, куди дозується вапно у вигляді вапняного молока в кількості 0,2...0,3 % CaO до маси буряків. В метастабільну зону апарата подається 20...30% згущеної суспензії соку I-ї карбонізації і вся згущена суспензія соку II-ї карбонізації. Гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані із збірника 2 подається до напірного збірника 3 та через насос-дозатор 4 надходить в апарат прогресивного теплового попереднього вапнування 1 у зону з рН<sub>20</sub> 9,0...9,5, що відповідає 4-й секції шестисекційного апарата, та 5-й секції восьмисекційного апарата попереднього вапнування.

За розробленими схемами дифузійний сік після теплового попереднього прогресивного вапнування з додаванням Al(OH)<sub>3</sub> в нанорозмірному стані надходить на очищення за сучасною типовою технологічною схемою (**Схема А**) або через байпас 5 у теплообмінник 6 (**Схема Б**), де нагрівається до температури 70...75°C, для запобігання пінення, після чого подається в карбонізатор соку 7, де відбувається його карбонізація при рН<sub>20</sub> 10,8 з одночасним додаванням 0,5% або 0,7% CaO до маси соку в залежності від якості дифузійного соку. Через збірник 8 вапно-карбонізований сік направляється за **варіантом I** на камерний фільтр-прес 10 або за **варіантом II** через байпас 9 на листові фільтри-згущувачі 11. Згущена суспензія соку з листових фільтрів подається на зброджування для одержання біоетанолу. Фільтрований вапнокарбонізований сік після фільтр-пресів та фільтрів-згущувачів через збірник 12 направляється на комбіноване тепло-гаряче вапнування за сучасною типовою технологічною схемою.

На сьогоднішній день метод об'ємного електроерозійного диспергування, за допомогою якого отримують гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані [8], дозволяє

отримувати реагент у промислових масштабах з концентрацією твердої фази  $2,10 \pm 0,01$  г/дм<sup>3</sup> [9].

### **Висновки**

Таким чином теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена ефективність застосування гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані в якості додаткового реагенту для очищення дифузійного соку і розроблено способи очищення дифузійного соку з використанням цього реагенту.

### **Література**

1. Верченко, Л.М. Перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві / Л.М.Верченко, С.В. Ткаченко, А.І. Маринін, К.Г. Лопатько // Цукор України. – 2012. – №12(84). – С. 15 – 20.
2. Ткаченко, С.В. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 “Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння” / С.В. Ткаченко. – Київ, НУХТ, 2014. – 21 с.
3. Верченко, Л.М. Влияние гидроксида алюминия в наноформе на несахара диффузионного сока / Л.М. Верченко, С.В. Ткаченко, Л.М. Хомичак, // Сахар. – 2013. – №9. – С. 44 – 47.
4. Заводские схемы очистки диффузионного сока с отделением осадка несахаров до основной дефекации: обзорная информация / [Н.И. Жаринов, Ю.В. Аникеев, Р.Г. Жижина и др.]; Сахарная промышленность. – [серия 23, выпуск 10]. – М.: АгроНИИТЭИПП. – 1991. – 32 с.
5. Инструкция по химико-техническому контролю и учёту сахарного производства. – Киев: ВНИИСП, 1983. – 475 с.
6. Технологія цукристих речовин: лабораторний практикум / [М.П. Купчик, Л.П.Рева, Н.І. Штангєєва та ін.]. – К.: НУХТ, 2007. – 393 с.
7. Запольский, А.К. Очистка воды коагулированием / Запольский А.К. – ЧП «Медоборы – 2006», 2011. – 296 с.
8. Патент на корисну модель 38461 UA, МПК (2006) B22F 9/08. Пристрій для отримання колоїдних розчинів ультрадисперсних порошоків металів / К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтанділянц, А.А. Щерба, С. М. Захарченко, С. А. Яцюк, заявник і патентовласник Національний аграрний університет. – № u200810312; заявл. 12.08.2008; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1, 2009.
9. Досвід використання нанокompозиту алюмінію в умовах бурякоцукрового виробництва / [В.В. Олішевський, А.І. Українець, К.Г. Лопатько, Н.М. Пушанко та ін.] // Цукор України. – 2016. – №11-12(131-132). – С. 11 – 16.