

Олішевський Валентин Вікторович, valinter@ukr.net

кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій

Хомічак Любомир Михайлович, ipr_2018@ukr.net, Lhomiczak@ukr.net

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів, Інститут продовольчих ресурсів

Бабко Євген Миколайович, babkoe@ukr.net

кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій,

Олексій Петрович Балтажи,

директор ТОВ «Корундтрейд», korundtrade.com.ua@gmail.com

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЮМІНІЙ- ТА КАЛЬЦІЙВМІСНИХ РЕАГЕНТІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ БУРЯКОЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

В статті проаналізовано застосування хімічних реагентів (гіпсу, сульфату алюмінію, коагулянту ГОАЕС) в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки. Встановлено, що всі досліджувані реагенти покращують структурно-механічні властивості бурякової тканини, в результаті чого спостерігається підвищення чистоти дифузійного та сульфітованого соків, жомопресової води та вмісту сухих речовин в пресованому жомі. При цьому коагулянт ГОАЕС володіє кращими комплексоутворюючими властивостями, і є перспективним реагентом для використання в дифузійно-пресовому способі вилучення сахарози з бурякової стружки.

Ключові слова: бурякова стружка, реагенти, екстрагування, ефект очищення.

Постановка проблеми. Якість одержаних сахарозовмісних розчинів в умовах бурякоцукрового виробництва визначається ефективністю очищення на всіх її етапах, починаючи з процесу екстрагування [1, 2]. При цьому ефективність екстрагування найбільшою мірою залежить від технологічних показників бурякової стружки і екстрагента, що надходять в дифузійний апарат.

На швидкість та якість протікання масообмінних процесів при екстрагуванні сахарози з бурякової стружки найбільш суттєво впливають структурно-механічні властивості бурякової тканини, а саме її міцність, пружність та стійкість. Низькі значення цих показників ведуть до злипання та зменшення розміру стружки всередині дифузійного апарату, відбувається збільшення кількості браку в сокостружковій суміші, в результаті чого відбувається ущільнення стружкового шару. Як наслідок, зменшується живий переріз стружкового шару, і затрудняється проходження екстрагента в дифузійному апараті, що в результаті впливає на зростання втрат сахарози в жомі, тривалості процесу екстрагування і погіршення якості дифузійного соку внаслідок інтенсивного переходу в нього нецукрів. Традиційний дифузійно-пресовий спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки з поверненням жомопресової води на екстрагування не завжди забезпечує необхідний ступінь її вилучення. Відомо, що хімічні реагенти на основі полівалентних металів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} та ін.) володіють комплексоутворюючими властивостями і здатні зв'язувати полісахариди клітинних стінок бурякової стружки в нерозчинні комплекси, знижуючи тим самим перехід нецукрів в дифузійний сік [2].

Одним із сучасних напрямків підвищення структурно-механічних характеристик бурякової тканини є застосування хімічних реагентів в процесі екстрагування [3...8]. Досить широкого використання в наш час для покращення структурно-механічних властивостей бурякової стружки та підвищенню чистоти дифузійного соку в процесі екстрагування набула технологія використання розчинів гіпсу чи глинозему (сульфату

алюмінію) [6, 9]. Однак, спостерігаються певні недоліки їх використання, що в кінцевому варіанті знижують ефективність їх застосування (табл.1).

Таблиця 1

Перспективи використання додаткових реагентів

Найменування реагенту	Технологічність	Технологічні властивості
Сульфат алюмінію [Al ₂ (SO ₄) ₃]	<ul style="list-style-type: none"> - підвищується чистота дифузійного та сульфатованого соків; - підвищується загальний ефект очистки; - підвищується пружність бурякової стружки та вміст СР в пресованому жомі. 	<ul style="list-style-type: none"> - невисокий вміст діючої речовини в перерахунку на Al₂O₃ (15...18 %); - хімічний підкислювач дифузійного соку; - знижує корозійну стійкість обладнання та трубопроводів (в 7...8 раз); - сприяє нейтралізації вапняного молока (1 т непрореагованого реагенту на дифузії нейтралізує 6 м³ вапняного молока); - життєвонебезпечний (суворе дотримання запобіжних заходів безпеки); - необхідність встановлення додаткового обладнання для підготовки та подачі його розчину.
Гіпс [CaSO ₄ ·2H ₂ O]		<ul style="list-style-type: none"> - низька розчинність твердої фази та низький (8...16%) вміст діючої речовини в перерахунку на СаО; - «загорання» випарної станції; - седиментаційно-нестійка дрібнодисперсна суспензія; - необхідність встановлення додаткового обладнання для підготовки та подачі його суспензії.

З огляду на це, на сьогоднішній день актуальними є питання використання економічно- та технологічно- доцільних хімічних реагентів нового покоління, які дозволять вирішити питання підвищення ефективності процесів сокодобування та сокоочищення.

Мета статті.

Метою даної роботи було дослідження комплексоутворюючих властивостей алюміній- та кальцієвмісних хімічних реагентів в процесі сокодобування бурякоцукрового виробництва, а також аналіз економічної- та технологічної- доцільності їх використання у виробництві.

Виклад основного матеріалу.

У сировині і продуктах цукрового виробництва містяться ВМС і колоїдні речовини різної дисперсності, як з позитивним, так і з негативним електрокінетичним зарядом, гідрофільні і гідрофобні. До них, крім більшості забарвлених і пектинових речовин належать також білкові речовини, емульсії жирів тощо [10, 11].

Розвинена капілярна система бурякової тканини створює велику поверхню зіткнення між стружкою та екстрагентом, що може стати причиною переходу в розчин пектинових речовин та різних груп ВМС, які під впливом високих температур екстрагування частково гідролізуються і стають розчинними (рис.1).

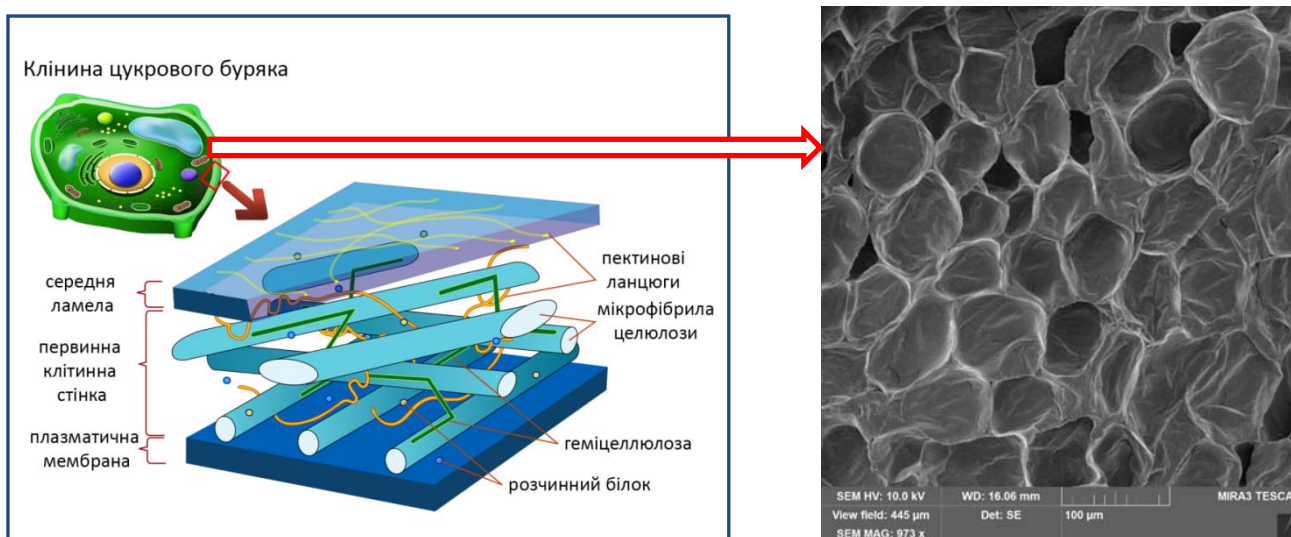


Рис.1. Клітина цукрового буряка

На швидкість та якість протікання масообмінних процесів при екстрагуванні сахарози з бурякової стружки найбільш суттєво впливають структурно-механічні властивості бурякової тканини, а саме її міцність, пружність та стійкість. Зниження пружно-міцнісних характеристик стружки в

процесі екстрагування в результаті гідролізу пектину погіршує якість дифузійного соку внаслідок інтенсивного переходу в нього нецукрів.

Пектин складається із залишків D-галактуронової кислоти, з'єднаних через α -1,4-глікозидний зв'язок в полімерний ланцюжок (рис.2).

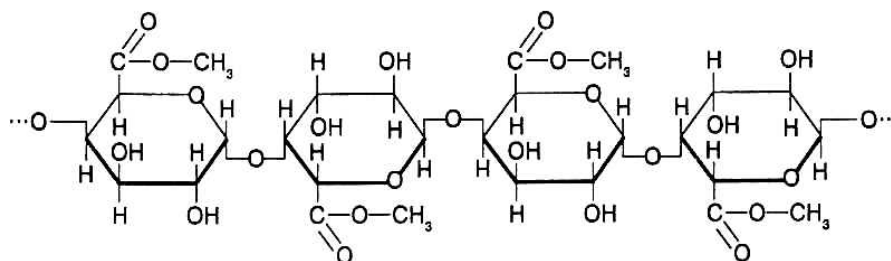


Рис.2. Структурна формула пектину

Пектин, як полімерна кислота, володіє підвищеною комплексоутворюючою здатністю до багатозарядних іонів полівалентних металів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} . При цьому оксигени пектинової ланки витісняють молекули води і координуються навколо іонів даних металів з утворенням стійких пектинових комплексів, наприклад пектату алюмінію чи кальцію (рис.3).

Аналіз результатів досліджень використання традиційних хімічних реагентів в цукровому виробництві (рис.4, рис.5) [7] показав, що на якісні показники напівпродуктів сокодобувного відділення впливають параметри екстрагування, а саме рН середовища та кількість додаткових хімічних реагентів.

Матеріали та методи.

При проведенні досліджень використовували водні розчини як традиційних реагентів - гіпсу $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ [12] та сульфату алюмінію $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ [13], так і реагенту нового покоління - нанорозмірного коагулянту ГОАЕС [14], що одержаний електроіскровим способом [15], як окремо, так і комбінаціях. Характеристики даних реагентів представлено в табл.2 та на рис.6, рис.7.

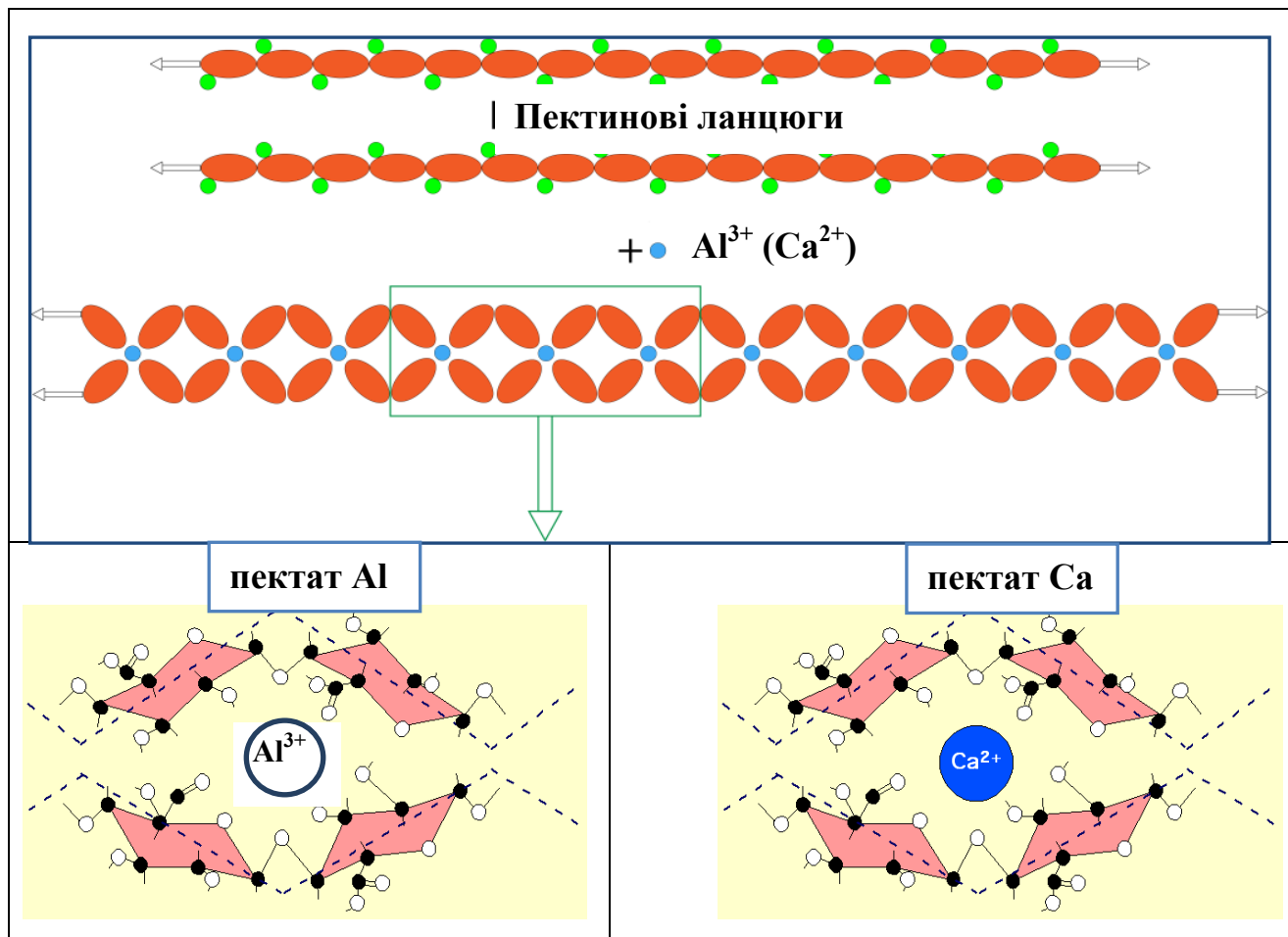


Рис.3. Структурні зображення пектатів полівалентних металів:
а – пектат алюмінію; б – пектат кальцію

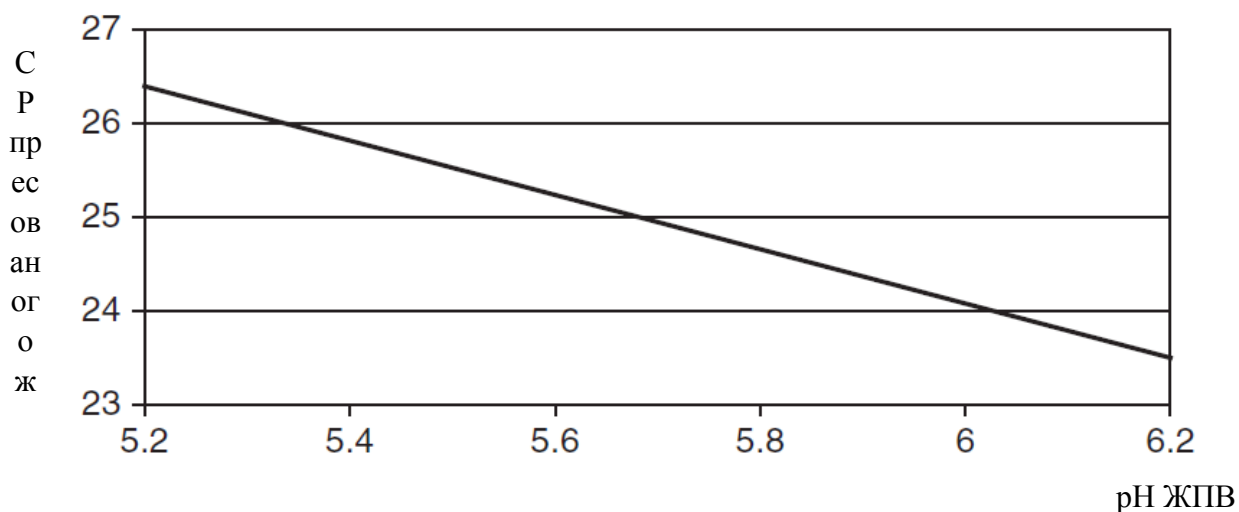


Рис.4. Залежність вмісту сухих речовин (СР) пресованого жому від рН жомопресової води (ЖПВ) [7]

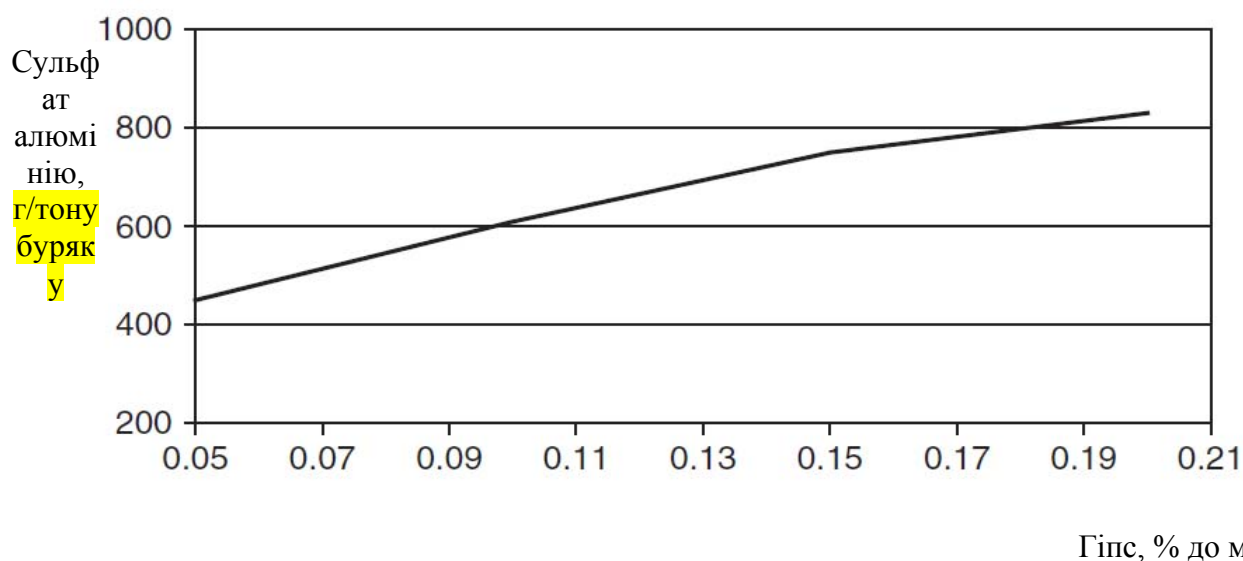


Рис.5. Взаємозв'язок між використанням гіпсу та сульфатом алюмінію в дифузійному соку [7]

Таблиця 2

Характеристики реагентів

№ п.п.	Найменування реагенту	Доза реагенту, мг/дм ³	Характеристики розчинів реагентів			Інформація про реагент
			ξ-потенціал, мВ	розмірність частинок, мкм	pH	
1	Гіпс [CaSO ₄ ·2H ₂ O]	400	+ 2,5	130	9,6	Марка Г-5, ДСТУ Б.В.2.7-82:2010, ПАТ «Гіпсовик»
2	Сульфат алюмінію [Al ₂ (SO ₄) ₃]	200	- 3,7	0,45	3,8	Очищений, безводний, CAS № 10043-01-3, ПАТ «Суміхіпром»
3	ГОАЕС [Al(OH) ₃]	20	+ 28	0,06	5,8	ГОАЕС, ТУ У 20.1-41063292-001:2017, ТОВ «Корундтрейд»

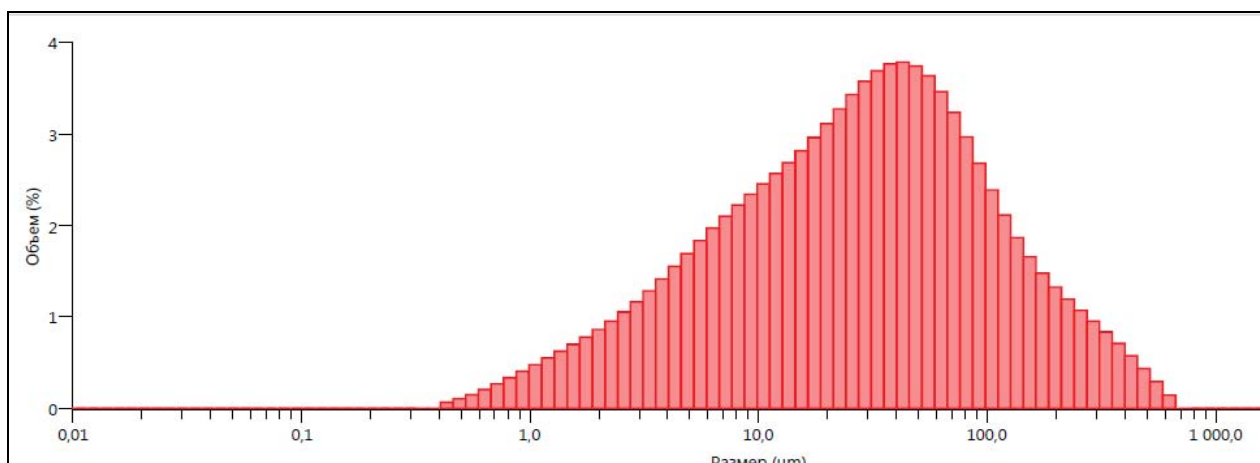


Рис.6. Дисперсний склад гіпсу марки Г-5



a

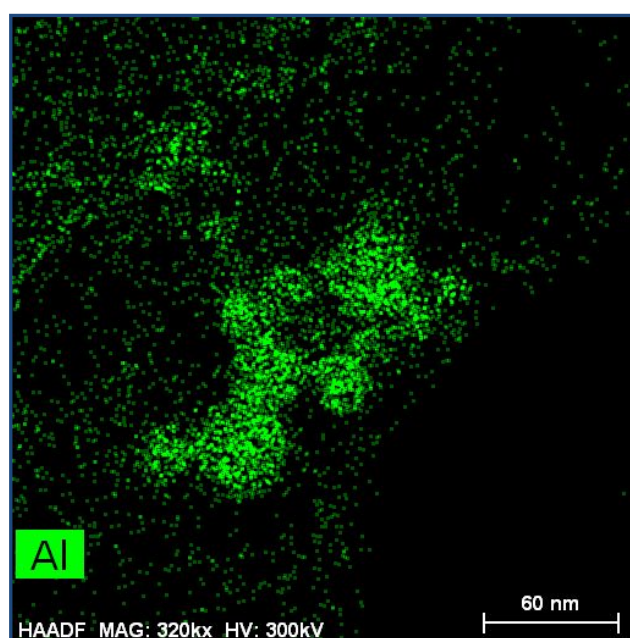


Рис.7. Коагулянт ГОАЕС:
a і *б* - відповідно зовнішій вигляд та мікрофотографія ГОАЕС

Для дослідження впливу додаткових реагентів на процес сокодобування, використовували методику, описану в [16]. Визначення технологічних показників напівпродуктів бурякоцукрового виробництва визначали за допомогою методик, рекомендованих в [17, 18].

Результати та обговорення.

Результати досліджень впливу даних реагентів на якісні показники напівпродуктів бурякоцукрового виробництва представлено на рис.8 та в табл.3.

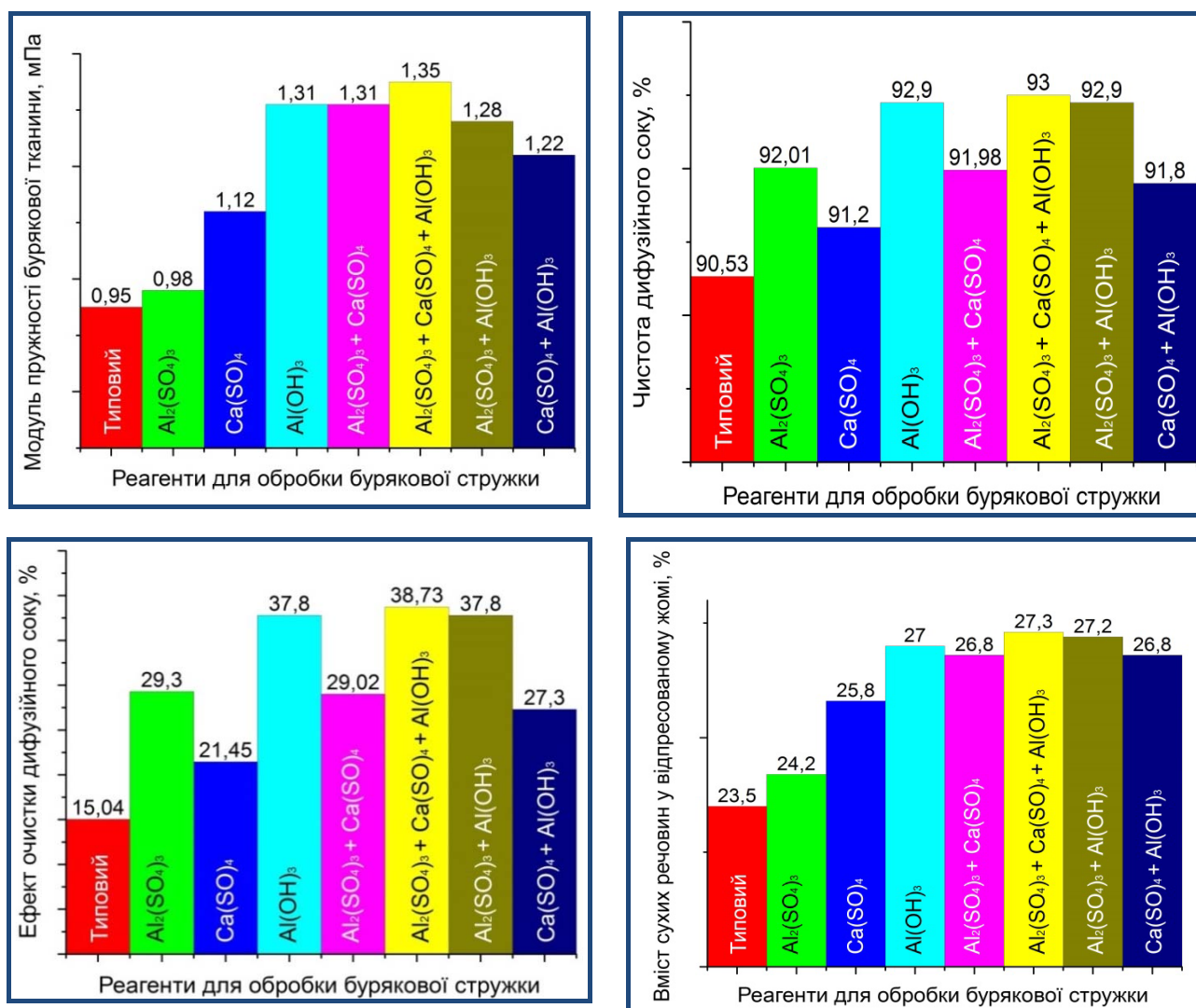


Рис.8. Вплив додаткових реагентів на показники напівпродуктів бурякоцукрового виробництва

Отримані результати свідчать про те, що всі додаткові реагенти покращують показники соків та пресованого жому, при цьому коагулянт ГОАЕС виявив кращі коагулюючі та комплексоутворюючі властивості. Досягнутий ефект пояснюється тим, що іони металів Ca^{2+} та Al^{3+} розчинів даних додаткових реагентів в процесі екстрагування по каналам пошкоджених під час різання поверхневих клітин бурякової стружки проникають в їх будову, укріплюють клітинні стінки (пружно-міцнісний каркас) за рахунок утворення комплексів з пектинами, і як наслідок, знижують вміст в дифузійному соку нецукрів та сприяють підвищенню його чистоти.

Таблиця 3

Вплив додаткових реагентів на якісні показники напівпродуктів бурякоцукрового виробництва

Показники	Спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки						
	без додавання	з додаванням розчинів					
		Гіпсу		Сірчаноокислого алюмінію		Коагулянту ГОАЕС	
	значення	значення	% до типової	значення	% до типової	значення	% до типової
Вміст в екстрагенті, % до м.б.	-	0,04	-	0,02	-	0,002	-
<i>Буряковий сік, Цк/Ср/Чистота %:</i>		17,20/19,35/88,9					
<i>Очищений (сульфітований) сік:</i>							
Цк, %	15,19	15,40	+0,21	16,06	+0,87	16,10	+0,91
Ср, %	16,47	16,60	+0,13	17,30	+0,83	17,25	+0,78
Чистота, %	92,23	92,77	+0,54	92,83	+0,60	93,30	+1,07
<i>Ефект очищення, %:</i>	20,60	21,77	+1,17	21,71	+1,11	25,76	+5,16
кольоровість, од. ICUMSA	1006,20	984,70	-2,14	946,7	-5,91	907,0	-9,86
мутність, од. ICUMSA	108,30	92,40	-14,70	84,17	-22,3	68,50	-36,75
<i>Чистота ЖПВ, %</i>	85,20	85,90	+0,70	86,20	+1,0	86,80	+1,4

Висновки.

В ході досліджень нами встановлено, що використання хімічних реагентів (гіпсу, сульфату алюмінію, коагулянту ГОАЕС) в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки покращують структурно-механічні властивості бурякової тканини, в результаті чого спостерігається підвищення чистоти дифузійного та сульфітованого соків, жомопресової води та вмісту сухих речовин в пресованому жомі. При цьому коагулянт ГОАЕС володіє кращими комплексоутворюючими властивостями, і є перспективним реагентом для використання в дифузійно-пресовому способі вилучення сахарози з бурякової стружки.

Література

1. Силин, П. М. Технология свеклосахарного производства / П. М. Силин // Ч.2. – М.: Пищепромиздат, 1948. – 203 с.
2. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства. / А. Р. Сапронов. // – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Колос, 1999. – 495 с.
3. Гусятинська, Н. А. Наукове обґрунтування та розроблення фізико-хімічних методів інтенсифікації вилучення сахарози з цукрових буряків : дис. д-ра техн. наук: 05.18.05 / Наталія Альфредівна Густинська // – К., 2008. – 627 с.
4. Баранникова, А. Н. Повышение качества очистки сахаросодержащих растворов с применением алюминийсодержащего сорбента: дис. к-та техн. наук: 05.18.05 / Алла Николаевна Баранникова // – М., 2007. – 161 с.
5. Bosse, E.D. Increase in dry substance of pressed pulp by addition of pressing aids into the pulp press / 29th General Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists Phoenix, Arizona March 2 to 5, 1997. – P. 233–235.

6. Осадчий, Л.М. Использование гипса в диффузном процессе свеклосахарного производства. / Л.М. Осадчий // Вісник цукровиків України. – 2013. – № 6 (85).– С. 13–17.
7. Asadi, Mosen. Beet-sugar handbook /Includes bibliographical references and index // Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. - 868 p.
8. Семенихин, С.О. Совершенствование технологии извлечения сахарозы из свекловичной стружки: дис. к-та техн. наук: 05.18.05 / Семен Олегович Семенихин // – Краснодар, 2015. – 126 с.
9. Бугаенко, И.Ф. Повышение эффективности свеклосахарного производства. Часть 2. Извлечение сахара из стружки. / И.Ф. Бугаенко // – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2000. – 70 с.
10. Герасименко О.А., Хвалковський Т.П. Методи аналізу і контролю у виробництві цукру. – К.: Вища школа, 1992. – 388 с.
11. Силин П.М. Технология сахара. – М.: Пищ. пром-сть, 1967. – 624 с.
12. Гіпс будівельний Г-5 Н-П. ДСТУ Б.В. 2.7-82:2010.
13. Алюмінію сульфат технічний очищений. ДСТУ ГОСТ 30333:2009.
14. Коагулянт ГОАЕС. ТУ У 20.1-41063292-001:2017.
15. Патент на корисну модель 113262 UA, МПК С13В 15/00. Пристрій для отримання колоїду металу / Олішевський В.В., Бабко Є.М., Балтажи О.П., Лапшин С.О., Лопатько К.Г. заявник і патентовласник Балтажи О.П. – № u 201809540, заявл. 21.09.2018; 26.12.2018, Бюл.№ 24, 2018 р.
16. Олішевський В. В. Вплив нанокompозиту алюмінію на дифузійні властивості бурякової стружки / В. В. Олішевський, А. І. Українець, Є. М. Бабко, Н. М. Пушанко, Т. В. Никитюк, Д. І. Закордонець, І. В. Бартошак // Цукор України. - № 5 (137). - 2017. – С.17-23.
17. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. – К: ВНИИСП, 1983. - 476 с.

18. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики (ПУП) 15.83-37-106:2007 / М. М. Ярчук, М. Ф. Калініченко, В. П. Чупахіна та ін. // Видавництво ТОВ «Інформаційно-аналітичний центр «Цукор України». – К.: 2007. – 420 с.