

УДК 664.1.038.8

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ
БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ВАПНОКАРБОНІЗАЦІЇ*Хомічак Л. М.¹, д.т.н, професор, член-кореспондент НААН, директор*
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>*Кузнєцова І. В.¹, с.н.с., д.с.-г.н., к.т.н., завідувачка відділу*
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>*Зайчук М. В.², головний спеціаліст*
<https://orcid.org/0009-0007-1469-8832>*Джоган О. І.¹, к.т.н., с.н.с.*
<https://orcid.org/0000-0002-3827-677X>*Зайчук Л. П.¹, головна фахівчиня*
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>¹Відділ технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
Інституту продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна²Київська міська державна адміністрація, Київ, Україна<https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-19>

Предмет. Здатність гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані очистити дифузійний сік від нецукрів без проведення вапнокарбонізаційного очищення. **Мета.** Дослідження способу застосування та ефективність очищення дифузійного соку. **Методи.** Фізико-хімічний, мікроскопічний та аналітичний. **Результати.** Ідентифікація гідроксиду алюмінію шляхом електронної мікроскопії засвідчила, що тверда фаза представлена частинками пірамідальної форми, це характерно для моноклінної кристалічної системи гідроаргіліту – гідроксиду алюмінію. В дифузійному соці гідроксид алюмінію змінює форму під впливом нецукрів, адсорбуючи їх та зв'язуючи в щільний комплекс. Як показали дослідження, наявність в дифузійному соці залишків антисептичних засобів має вплив на структуру гідроксиду алюмінію, утворюючи більш щільну й компактну структуру осаду. Водночас, дослідження показали, що кількість введенного гідроксиду алюмінію різнопланово впливає на якість дифузійного соку. При введенні гідроксиду алюмінію в кількості 0,2% до маси дифузійного соку покращується чистота соку, а ефект очищення становить 13,3%. За оброблення дифузійного соку гідроксидом алюмінію спостерігали утворення осаду світло-сірого кольору з темними прошиарками. Показано, що осад утворюється більш інтенсивно залежно від кількості гідроксиду алюмінію в соці, найбільш компактно і щільно при його введенні в кількості 0,2% до маси дифузійного соку. Доведено, що застосування коагулянту є більш ефективним, ніж активне вугілля, яке швидко заповнюється нецукрами. Крім того, дрібнодисперсна фаза вугілля залишається в соці навіть після відфільтровування, що ускладнює процес очищення отриманого соку. **Сфера застосування результатів.** Харчова промисловість, а саме цукрова галузь.

Ключові слова: дифузійний сік, коагулянт, адсорбент, ефект очищення, седиментаційно-фільтраційні властивості, швидкість фільтрації, часточки.

RESEARCH OF A DIFFUSION JUICE PURIFICATION METHOD
WITHOUT APPLICATION OF LIME CARBONIZATION*Liubomyr Khomichak¹, D-r of Sc., Technics, Professor,
Corresponding Member of NAAS, Director*
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>*Inha Kuznietsova¹, D-r of Sc., Technics, Senior Researcher,
Head of the Department technology sugar, sugar-containing products and ingredients*
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>*Maksim Zaichuk², Chief Specialist*
<https://orcid.org/0009-0007-1469-8832>*Olga Dzhohan¹, PhD, Senior Research Fellow*
Department technology sugar, sugar-containing products and ingredients
<https://orcid.org/0000-0002-3827-6770>*Liudmyla Zaichuk¹, Senior Specialist, Chief specialist*
Department technology sugar, sugar-containing products and ingredients
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>¹Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine²Kyiv City State Administration, Kyiv, Ukraine

Subject. The ability aluminum hydroxide in the nanoscale state to clean diffusion juice from non-sugars without lime carbonation treatment. **Purpose.** Study method application and efficiency purification of diffusion juice. **Methods.** Physico-chemical, microscopic and analytical. **Results.** The identification aluminum hydroxide by electron microscopy proved that the solid phase is represent by pyramidal particles, which is characteristic hydroargillite-aluminum hydroxide monoclinic crystal system. In the diffusion juice, aluminum hydroxide changes shape under the influence of non-sugars, adsorbing them and binding them into a dense complex. Research has shown that the presence antiseptic residues in the diffusion juice affects the structure aluminum hydroxide, forming a denser and more compact sediment structure. At the same time, studies have shown that the amount aluminum hydroxide introduced has a multifaceted effect on the quality of the diffusion juice. When aluminum hydroxide add amount of 0.2% to the mass of the diffusion juice, the purity of the juice improves (86.67%), the cleaning effect is 13.3%. During the treatment of the diffusion juice with aluminum hydroxide, the formation of a light gray precipitate with dark layers observed. The sediment formed more intensively depending on the amount aluminum hydroxide in the juice, most compactly and densely when it is introduce in an amount of 0.2% to the mass of the diffusion juice. It has been proven that the use of a coagulant is more effective than activated carbon, which is quickly filled with non-sugars. In addition, the finely dispersed phase coal remains in the juice even after filtering, which complicates the process of cleaning the resulting juice. **Scope of results.** Food industry, namely the sugar industry.

Key words: diffusion juice, coagulant, adsorbent, cleaning effect, sedimentation and filtration properties, filtration rate, particles.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності цукробурякового виробництва вимагає від підприємств ресурсоощадливості та застосування екологічно безпечних технологій переробки. Раціональне використання ресурсів при переробці цукрового буряка полягає в отриманні максимального виходу різної готової продукції при мінімальних витратах матеріальних, трудових, паливноенергетичних ресурсів. Удосконалення і освоєння нових технологій виробництва або впровадження технологічних інновацій сприяє розвитку асортименту кольорових цукрів для харчової промисловості. Одним з перспективних напрямів переробки цукрового буряка є отримання цукрів або цукристих сиропів без вапнокарбонізаційного очищення. Як відомо [1, 2], цукрові буряки за хімічним складом є рослинною сировиною з високим вмістом біологічно-активних речовин, вуглеводів, пектинові речовини, органічні кислоти, азотисті речовини та протеїдами, а також амінокислоти, аміди кислот, органічні основи, зола, жироподібні речовини, жирні кислоти, вітаміни B1 B2, B6, C, P, PP, пантотенова та фолієва кислота, сапоніни.

Відомі розробки з отримання цукрового сиропу із цукрового буряка без вапнокарбонізаційного очищення із застосуванням ультразвукового оброблення тощо [1, 2]. Водночас для отримання цукру з такого дифузійного соку ключовим є процес очищення від нецукрів, що ускладнює процес кристалізації та погіршує якість цукру. Підбір реагентів для очищення дифузійного соку є в основі раніше запропонованих способів очищення але які ґрунтуються на одночасному або подальшому вапнокарбонізаційному очищення [3–6]. Одним з перспективних способів є застосування реагентів на основі алюмінію, який після кальцію, досить ефективно забезпечує видалення нецукрів. Досліджували застосування дигідроксосульфату та гідроксохлориду алюмінію [3, 4] та показано, що дані препарати покращують коагуляційну здатність порівняно з сульфатом алюмінію. Міцели, утворені в результаті їх гідролізу, мають більш високий позитивний заряд та кращу адсорбційну здатність. Крім цього, під час гідролізу дигідроксосульфату та гідроксохлориду алюмінію утворюються сульфат- та хлорид-іони, які також здійснюють антимікробну дію, обумовлену їх взаємодією з бактеріальними клітинами, що призводить до пригнічення розвитку мікроорганізмів. Розчини основних солей алюмінію менш агресивні порівняно з сульфатом та хлоридом алюмінію, що значно знижує кислотну корозію обладнання [4].

Із розвитком нанотехнології з'явилися препарати, речовини в яких знаходяться в стані надвисокого подрібнення, що впливає на властивості не характерні їх хімічним сполукам. Тобто такі препарати мають високорозвинену питому поверхню та характеризуються підвищеною хімічною активністю. Основні солі алюмінію у воді утворюють гідрофобні колоїдні системи, які завдяки присутності протилежно заряджених колоїдів, коагулюють з утворенням пластівців гідроксиду алюмінію. Ці пластівці сорбують на своїй поверхні певні речовини, в тому числі й мікроорганізми [3]. 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 досягається ефект очищення близько 40%, що сприяє більш повному переходу нецукрів в осад та покращенню седиментаційно-фільтраційних властивостей карбонізованих соків [3, 7]. Враховуючи наявний досвід застосування гідроксиду алюмінію при очищенні дифузійного соку, було проведено серію досліджень щодо ефективності його застосування в технологічній схемі без вапнокарбонізаційного очищення.

Предмет – здатність гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані очистити дифузійний сік від нецукрів без проведення вапнокарбонізаційного очищення.

Метою є дослідження способу очищення дифузійного соку із застосуванням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані.

Метод та методики досліджень. За проведеними раніше нами дослідженнями [9] визначено доцільним застосування антисептику, що дозволяє покращити доброякісність отриманого дифузійного соку та пригнічити розвиток мікроорганізмів в процесі дифузії. Враховуючи дане, вирішено також дослідити вплив застосування антисептику під час екстрагування на ефективність застосування гідроксиду алюмінію. Для оброблення сокоотружкової суміші застосовували засіб антисептичний «Бактрілон-А», що використовується на всіх стадіях виробництва для захисту і дезінфекції обладнання та сировини, зараженого патогенними мікроорганізмами і грибами. Виробляється згідно ТУ У 20.2-32531568-001:20174 (виробник ТОВ «ТМА «Трістан»»).

Для оброблення дифузійного соку застосовували гідроксид алюмінію (коагулянт акглікол) та активне вугілля. Аглікол (3%) – препарат оксиду алюмінію, є слаболужною водною стабільною дисперсною системою: показник pH_{20} – 4,5–8,2; концентрація гідроксиду алюмінію складає – 100 мг/дм³; розмір частинок твердої фази - 317,0–320,0 нм.

В дослідженнях використовували дифузійний сік, отриманий без додавання будь-яких реагентів та із додаванням під час екстрагування антисептику «Бактрілон-А». Зразки дифузійних соків розділяли на дві частини, які очищали від нецукрів: одну частину соку очищали активним вугіллям, другу частину соку очищали гідроксидом алюмінію. Оброблення зразків проводили впродовж 15 хв за температури 50°C. Дослідження проводили в трьохкратній повторності. Аналіз дифузійного соку до та після його очищення здійснювали згідно чинних методик для цукрової галузі [8].

Результати досліджень. Гідроксид алюмінію – це позитивно заряджений коагулянт, який викликає стиснення подвійного шару і, таким чином, нейтралізує електростатичний заряд поверхні частинок. Використання властивостей наноматеріалу дозволяє отримати реагент на основі металу (гідроксид алюмінію) з високими коагулюючими властивостями [10]. Такий коагулянт, на відміну від традиційних реагентів, забезпечує одержання частинок коагулянтів більших розмірів за рахунок утворення більш міцніших комплексів, які осаджуються швидше, а залишкова кількість алюмінію при використанні нанореагенту на третину нижча, ніж при використанні звичайного [11].

Структура часток гідроксиду алюмінію та його дії в дифузійному соці представлено на рис. 1. На рисунку представлено мікрофотографію гідроксиду алюмінію в

нанорозмірному стані, що показує формування структури алюмінію, на поверхні якої адсорбують речовини колоїдної дисперсності (як видно з двох інших фотографій). За встановлення контакту, дестабілізовані частки нецукрів оточують коагулянт. Швидке перемішування важливо на даному етапі для того, щоб отримати однорідну дисперсію хімічної речовини і збільшити можливість максимального контакту між частинками. Після тривалого перемішування, відбувається коагуляція часток у більші сполучення, так звані «конгломерати», що призводить до їхнього осадження.

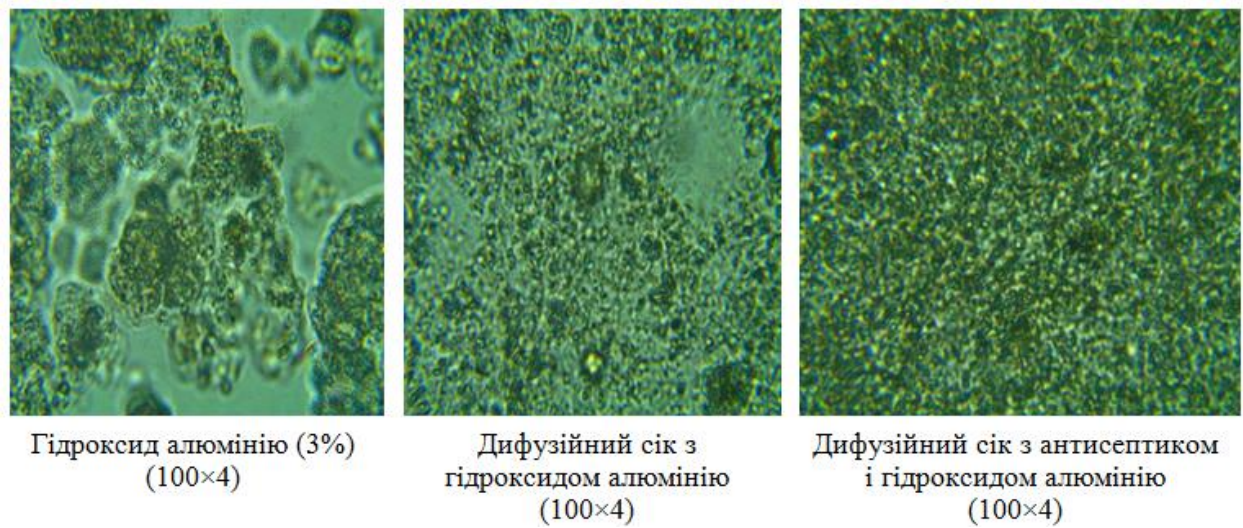


Рис. 1. Мікрофотографії впливу складу дифузійного соку на гідроксид алюмінію

В дифузійному соці гідроксид алюмінію змінює форму під впливом нецукрів, адсорбуючи їх та зв'язуючи в щільний комплекс. Як показали дослідження, наявність в дифузійному соці залишків антисептичних засобів має вплив на структуру гідроксиду алюмінію та сприяє утворенню більш щільної й компактної структури осаду. Більш коагульована структура помітна на третій мікрофотографії, що показує вплив антисептику. Самі структурні елементи гідроксиду алюмінію майже не помітні, що показує більш компактне утворення конгломератів.

Результати досліджень з ефективності очищення дифузійного соку (Еф. оч.) за різного дозування (від 0,05 до 0,4 % до маси соку) гідроксиду алюмінію представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Визначення кількості введенного гідроксиду алюмінію

Кількість гідроксиду алюмінію, % до маси соку	Вміст сухих речовин (СР), %	Вміст сахарози (Цк), %	Чистота дифузійного соку (Ч), %	Вміст високомолекулярних сполук (ВМС), % до маси СР	Ефект очищення, %
-	15,6	13,25	84,94	1,358	-
0,1	15,0	12,9	86,00	1,092	8,2
0,2	15,0	13,0	86,67	1,095	13,3
0,3	15,8	13,2	83,33	1,104	-
0,4	15,4	12,5	81,17	1,254	-

Водночас, дослідження показали, що кількість введенного гідроксиду алюмінію різнопланово впливає на якість дифузійного соку. Зокрема, кращим виявився зразок соку, очищеного гідроксидом алюмінію в кількості 0,2% до маси соку. При цьому покращується чистота соку (Ч=86,67%), а ефект очищення становить (Еф. оч. =13,3%. Більше виокремлюється й високомолекулярних сполук (ВМС=1,095% до маси СР). Збільшення дозування коагулянту погіршує якість соку, а саме: знижується чистота соку до 81,17%,

зростає кількість ВМС у соці до 1,254% до маси СР. При цьому спостерігали утворення осаду світло-сірого кольору з темними прошарками.

Ефективність коагулянту визначається когуляційною активністю, що є інтегральним показником, і переважно визначається сорбційною здатністю компонентами коагулянту щодо домішок води та швидкістю утворення осаду ($S_{5, \text{см/хв.}}$). Осад утворюється більш інтенсивно при збільшенні кількості гідроксиду алюмінію в соці до 0,2% до маси соку (табл. 2)

Таблиця 2
Седиментаційно-фільтраційні показники дифузійного соку, очищеного гідроксидом алюмінію

Кількість гідроксиду алюмінію, % до маси соку	Швидкість осадження середня, S_5 , см/хв	Об'єм осаду V_{25} , %
0,05	1,7-2,0	2,4
0,1	1,7-2,0	7,0
0,2	1,7-2,0	15,0
0,3	1,7-2,0	15,2
0,4	-	-

Осад нецукрів з коагулянтом сформувався при додаванні 0,1% до маси соку гідроксиду алюмінію. При додаванні 0,2–0,3 % до маси соку гідроксиду алюмінію утворився щільний компактний осад об'ємом (V_{25}) 15–15,2% з гарними седиментаційно-фільтраційними властивостями. В той же час, при перевищенні доданої кількості коагулянту – осад не утворився, а сік мав коагульовану по всьому об'єму щільну структуру часточок адсорбованих нецукрів на поверхні коагулянту, яка майже не відфільтровувалась.

Здійснення порівняння застосування гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані у встановленій оптимальній кількості (0,2% до м. д.с.) із паралельним очищенням дифузійного соку активним вугіллям наведено в табл. 3.

Таблиця 3
Вплив реагентів на ефективність очищення дифузійного соку

Найменування	Вміст сухих речовин (СР), %	Вміст сахарози (Цк), %	Чистота дифузійного соку (Ч), %	Вміст високомолекулярних сполук (ВМС), % до маси СР	Ефект очищення, %
1. Дифузійний сік	15,8	13,25	83,86	1,005	-
очищений гідроксидом алюмінію	15,4	13,20	85,7	0,81	15,4
очищений активним вугіллям	15,4	13,2	85,7	0,94	15,4
2. Дифузійний сік, отриманий із застосуванням антисептичного засобу «Бактрілону-А»	15,8	13,3	84,18	1,002	-
очищений гідроксидом алюмінію	15,2	13,1	86,2	0,75	16,8
очищений активним вугіллям	15,6	13,1	83,97	0,99	0,5

Отримані результати показують кращі результати з очищення дифузійного соку за використання гідроксиду алюмінію – вміст ВМС становить 0,81% до мас СР. Водночас сік очищений гідроксидом алюмінію в присутності антисептику має кращі показники якості, ніж інші очищені зразки: чистота соку 86,2%, вміст ВМС – 0,75% до мас СР. При цьому ефект очищення становить 16,8%.

Застосування коагулянту є більш ефективним, ніж використання активного вугілля, оскільки пори адсорбенту швидко заповнюються нецукрами. Крім того, дрібнодисперсна

фаза вугілля залишається в соці навіть після відфільтровування, що ускладнює процес очищення отриманого соку та здорожчує собівартість готового продукту.

Висновки. Показано, що застосування антисептику під час екстрагування покращує якість дифузійного соку. Встановлено, що застосування гідроксиду алюмінію (0,2% до м. д.с.) сприяє більш повному видаленню високомолекулярних сполук із дифузійного соку, ніж застосування сорбенту. Отриманий після очищення гідроксидом алюмінію сік має гарні седиментаційно-фільтраційні властивості та з одночасним підвищенням чистоти соку на 1,73%. Водночас, такий спосіб очищення потребує подальших досліджень, оскільки застосування лише гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані не забезпечує належної якості очищеного соку.

Бібліографія

1. Seres Z., Gyura J., Eszterle M., Djuric M. Separation of nonsucrose compounds from syrup as a part of the sugar-beet production process by ultrafiltration with ceramic membranes. *European Food Research and Technology*. 2006. V. 223. № 6. P. 829–835.
2. Сизоненко О. І., Крапивницька І. О., Кушнір О. В., Омельчук Є. О. Харчовий сироп підвищеної біологічної цінності із цукрових буряків. Тези конференції Міжнародної науково-технічної конференції цукровиків України «Перспективи розвитку цукрової промисловості України» К.: НУХТ. 2019. С. 133–134.
3. Верченко Л. М., Ткаченко С. В., Хомічак Л. М., Сидоренко Н. В. Додаткові реагенти для очищення дифузійного соку: минуле, сьогодення, перспективи. *Цукор України*. 2013. № 4 (88), С. 19–23.
4. Братюк Д. В. Удосконалення технології очищення дифузійного соку із застосуванням додаткових хімічних реагентів : дис....канд. тех. наук; Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості. К. 2013. 165 с.
5. Патент №42418, Україна: код МПК C13D 3/00 Спосіб очищення дифузійного соку / Ліпєц А. А., Гусятинська Н. А., Гусятинський М. В., Братюк Д. В. №u200813625; заявл. 25.11.2008; опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13/2009.
6. Патент №68296, Україна: код МПК C13B 20/00 Спосіб очищення дифузійного соку /Ліпєц А. А., Хомічак Л. М., Гусятинська Н. А., Чорна Т. М., Братюк Д. В., Матіяшук О. В. №u201109420; заявл. 27.07.2011; опубл. 26.03.2012. Бюл. №6/2012.
7. Ткаченко С. В. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані. Автореф. канд. дис. За спеціальністю 05.18.05 технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. К: НУХТ. 2014. 24 с.
8. Инструкция по химико-технологическому контролю и учёту сахарного производства. К. : ВНИИСП, 1983. 476 с.
9. Хомічак Л. М., Кузнецова І. В., Ткаченко С. В., Джоган О. І., Зайчук Л. П., Данілова К. О. (2022). Застосування антисептику для оброблення дифузійного соку. *Продовольчі ресурси: збірник наукових праць*, №18, С. 163–168. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-16>
10. Xu W., Gao B., Du B. et al. Influence of shear force on floc properties and residual aluminum in humic acid treatment by nano-Al13. *Journal of hazardous materials*. 2014. 271. 1–9.
11. Xu H., Wang D., Ye C. Survey of treatment process in water treatment plant and the characteristics of flocs formed by two new coagulants. *Colloids and surfaces*. 2014. 456. 211–221.

References

1. Seres Z., Gyura J., Eszterle M., Djuric M. (2006). Separation of nonsucrose compounds from syrup as a part of the sugar-beet production process by ultrafiltration with ceramic membranes. *European Food Research and Technology*. V. 223. № 6. P. 829–835.
2. Syzonenko O. I., Krapivnytska I. O., Kushnir O. V., Omelchuk Ye. O. (2019). Kharchovyi syrop pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti iz tsukrovkykh buriakiv. [Food syrup of increased biological value from sugar beets.] Tezy konferentsii Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii tsukrovkykiv Ukrainy «Perspektyvy rozvytku tsukrovoi promyslovosti Ukrainy» [Abstracts of the conference of the International scientific and technical conference of sugar producers of Ukraine "Prospects for the development of the sugar industry of Ukraine"] K.: NUKhT. 133–134. [in Ukrainian].
3. Vierchenko L. M., Tkachenko S. V., Khomichak L. M., Sydorenko N. V. Dodatkovy reahenty dlia ochyshchennia dyfuziinoho soku: mynule, sohodennia, perspektyvy. [Additional reagents for purification of diffusion juice: past, present, prospects]. *Tsukor Ukrainy*. [Sugar of Ukraine]. 2013. № 4 (88), 19. 23. [in Ukrainian].
4. Bratiuk D. V. Udoskonalennia tekhnolohii ochyshchennia dyfuziinoho soku iz zastosuvanniam dodatkovykh khimichnykh reahentiv [Improvement of diffusion juice purification technology with the use of additional chemical reagents]: dys. ...kand. tekhn. nauk; Ukrainyskyi naukovo-doslidnyi instytut

tsukrovoy promyslovosti. [dissertation. candidate technical sciences; Ukrainian Research Institute of Sugar Industry]. K. 2013. 165. [in Ukrainian].

5 Patent №42418, Ukraina: kod MPK C13D 3/00 [Patent No. 42418, Ukraine: IPC code C13D 3/00] Sposib ochyshchennia dyfuziinoho soku [Method of purification of diffusion juice] / Lipiets A. A., Husiatynska N. A., Husiatynskyi M. V., Bratiuk D. V. №u200813625; zaiavl. 25.11.2008; opubl. 10.07.2009. Biul. № 13/2009. [in Ukrainian].

6. Patent №68296, Ukraina: kod MPK S13V 20/00 [Patent No. 68296, Ukraine: IPC code C13B 20/00] Sposib ochyshchennia dyfuziinoho soku [Method of purifying diffusion juice] /Lipiets A. A., Khomichak L. M., Husiatynska N. A., Chorna T. M., Bratiuk D. V., Matyashchuk O. V. №u201109420; zaiavl. 27.07.2011; opubl. 26.03.2012. Biul. №6/2012. [in Ukrainian].

7. Tkachenko S. V. Pidvyshchennia efektyvnosti ochyshchennia dyfuziinoho soku z vykorystanniam hidroksydu aliuminiu v nanorozmirnomu stani. [Increasing the efficiency of diffusion juice purification using nanosized aluminum hydroxide.] Avtoref. kand. dys. Za spetsialnistiu 05.18.05 tekhnolohiia tsukrystykh rehovyn ta produktiv brodinna. [Autoref. PhD thesis By specialty 05.18.05 technology of sugary substances and fermentation products] K: NUKhT. 2014. 24. [in Ukrainian].

8. Ynstruktsiya po khymyko-tekhnologhycheskomu kontroliu y uchëtu sakharnoho proyzvodstva. [Instructions on chemical-technological control and accounting of sugar production.] K. : VNYISP, 1983. 476.

9. Khomichak L. M., Kuznietsova I. V., Tkachenko S. V., Dzhohan O. I., Zaichuk L. P., Danilova K. O. (2022). Zastosuvannia antyseptyku dlia obroblennia dyfuziinoho soku. [Use of an antiseptic for the treatment of diffusion juice.] Prodovolchi resursy: zbirnyk naukovykh prats. [Food resources: collection of scientific works] №18, 163-168. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-16>. [in Ukrainian].

10. Xu W., Gao B., Du B. et al. (2014). Influence of shear force on floc properties and residual aluminum in humic acid treatment by nano-Al₁₃. Journal of hazardous materials. 271. 1–9.

11. Xu H., Wang D., Ye C. (2014). Survey of treatment process in water treatment plant and the characteristics of flocs formed by two new coagulants. Colloids and surfaces. 456. 211–221.