

УДК 664.1.03

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ LAMINEX-750
НА ЯКІСТЬ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ*Шейко Т. В.*, к.т.н., учений секретар
<https://orcid.org/0000-0002-0559-1335>*Гутнікевич В. М.*, аспірант
<https://orcid.org/0000-0003-3607-2973>*Хомічак Л. М.*, д.т.н., професор, член-кореспондент НААН,
заступник директора з науково-організаційної роботи,
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-18>

Предмет дослідження. Якість цукрових буряків та напівпродуктів цукрового виробництва визнано пріоритетною задачею при виготовленні білого цукру високої якості, яку можна забезпечити лише максимально очистивши дифузійний сік від нецукрів. На особливу увагу заслуговує деградація полісахаридного матриксу нецукрів, зокрема сапоніну, пектинових речовин та декстрану. Досліджено можливість використання ферментного препарату целюлолітичної дії, а саме LAMINEX 750 для впливу на ряд шкідливих нецукрів дифузійного соку. **Мета.** Встановити вплив ферментного препарату на деградацію глікозидного та полісахаридного ланцюга нецукрів дифузійного соку, а саме сапоніну, декстрану, пектинових речовин. **Методи.** Приділена увага дослідженню впливу ферментного препарату LAMINEX 750 на піноутворюючу здатність нецукрів, зокрема сапоніну. Експеримент проводили на спроектованій та виготовленій лабораторній установці. В дифузійному соку після оброблення на лабораторній установці визначали висоту шару піни, об'єм піни та піноутворюючу здатність за методом Лур'є. **Результати.** Встановлено оптимальну витрату ферментного препарату, що становить 0,030-0,080 кг на 1 т цукрових буряків та оптимальну тривалість оброблення дифузійного соку 15-20 хвилин. Проведено аналіз технологічних показників необробленого дифузійного соку та соку, обробленого ферментним препаратом за використання його оптимальної кількості. **Сфера застосування.** За використання LAMINEX 750 у цукровому виробництві відбувається часткова деградація глікозидних зв'язків полісахаридного матриксу нецукрів, що позитивно впливає на ведення технологічного процесу виробництва цукру і дозволяє підвищити якість соків і напівпродуктів цукрового виробництва та значно знизити витрати піногасників.

Ключові слова: цукрові буряки, дифузійний сік, очищення, нецукри, ферментний препарат, піноутворююча здатність, якість

STUDY OF THE INFLUENCE OF LAMINEX-750 ENZYME PREPARATION
ON THE QUALITY OF DIFFUSION JUICE*Tamila Sheiko*, Ph.D., Engineering, Scientific Secretary
<https://orcid.org/0000-0002-0559-1335>*Vadim Gutnikovich*, Postgraduate,
<https://orcid.org/0000-0003-3607-2973>*Liubomyr Khomichak*, D-r of Sc., Engineering, Professor,
Corresponding Member of NAAS,
Deputy Director for Research and Organizational Work,
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>
Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-18>

Subject of research. The quality of sugar beet and semi-products of sugar production is a priority task in the production of high quality white sugar, which can be ensured only by maximally clearing the diffusion juice from non-sugars. Particular attention should be paid to the destruction of polysaccharide matrix of non-sugars, in particular saponin, pectin substances and dextran. The article investigates the

possibility of using an enzyme preparation of cellulolytic action, namely LAMINEX 750 to affect a number of harmful non-sugars of diffusion juice. **Purpose.** Determine the effect of the enzyme preparation on the destruction of glycoside and polysaccharide chains of non-sugars of diffusion juice, namely saponin, dextran, pectin substances. **Methods.** Attention is paid to the study of the effect of the enzyme preparation LAMINEX 750 on the foaming ability of non-sugars, in particular saponin. The experiment was carried out on the designed and manufactured laboratory installation. The height of the foam layer, foam volume and foaming ability were determined in the diffusion juice after treatment in the laboratory plant by the Lurie method. **Results.** The optimal consumption of the enzyme preparation, which is 0.030-0.080 kg per 1 ton of sugar beet and the optimal duration of processing of diffusion juice is 15-20 minutes. The analysis of technological indicators of untreated diffusion juice and juice treated with the enzyme preparation using its optimal amount was carried out. **Scope of research results.** When using LAMINEX 750 in sugar production there is a partial destruction of glycosidic bonds of polysaccharide matrix of non-sugars, which positively affects the technological process of sugar production and allows to improve the quality of juices and semi-products of sugar production and significantly reduce the consumption of defoamers.

Key words: sugar beet, diffusion juice, purification, non-sugars, enzyme preparation, foaming ability, quality

Постановка проблеми. З огляду на сучасний стан бурякоцукрової галузі не лише України, а й країн ЄС, варто зазначити стрімке погіршення якості сировини, що надходить на виробництво та якості напівпродуктів, що значно ускладнює проведення всіх стадій технологічних процесів. Орієнтуючись саме на якість цукрових буряків, цукрові заводи намагаються максимально швидко переробити сировину, не залишаючи її на довготривалі зберігання, як це було раніше. На сьогодні важливою задачею виробництва якісного і конкурентоспроможного цукру є максимальний розклад нецукрів ще на початкових стадіях виробництва. Зокрема варто приділити увагу частковій деструкції глікозидних ланцюгів полісахаридної групи, таких як сапонін, декстран, пектин та ін. [1-3].

Унаслідок ураження коренеплодів цукрового буряка мікробіологічними збудниками утворюється декстрин, наявність якого у напівпродуктах спричиняє не лише прямі втрати сахарози, а й створює ряд ускладнень при веденні технологічного процесу, зокрема ускладнень в роботі фільтраційного обладнання [4-7].

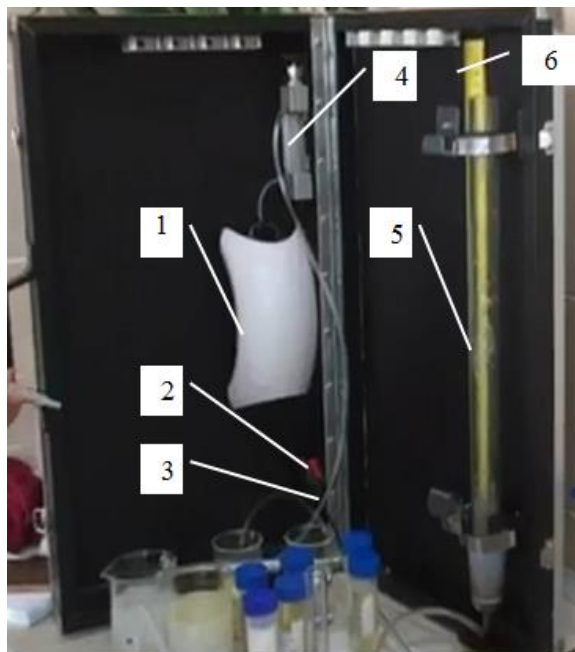
У цукробуряковому виробництві пектинові речовини за певних технологічних умов гідролізуються з утворенням галактуронової кислоти, метилового спирту та ін. Проте варто зауважити про чутливість до дії лугів. Галактуронова кислота утворює з вапняним молоком драглеподібний осад, що значно ускладнює процес фільтрування соку. Пектин набухає у воді і збільшує в'язкість розчинів, ускладнюючи ведення всіх технологічних процесів [8, 9].

З точки зору технологічних якостей буряка до нецукрів, здатних значно шкодити проведенню технологічних операцій відносять сапоніни, декстрин, пектинові речовини, тощо. Оскільки перераховані нецукри здатні не тільки викликати сильне спінювання соків, напівпродуктів, і навіть розчинів цукру, а і являють собою оптично активні сполуки, які у свою чергу вносять похибку при визначенні вмісту сахарози методом прямої поляризації, завищую показник до 0,07% [10, 11].

У напівпродуктах цукрового виробництва, зокрема на стадії вапнування, сапонін знаходиться у формі розчинних солей кальцію. В умовах переробки буряка погіршеної якості кількість сапоніну в соку збільшується в десятки разів, а ефект його видалення значно знижується.

Проблему піноутворення вирішують додаванням піногасників до дифузійного соку та напівпродуктів цукрового виробництва. Але недоліком у застосуванні піногасників є досить низька ефективність їх дії і велика витрата. Крім того, ці речовини накопичуються в напівпродуктах цукрового виробництва, утримуючи від кристалізації частину цукрози і значно погіршують якість меляси, що ускладнює її подальшу переробку на біоетанол, вимагаючи додавання додаткових хімічних реагентів.

Мета. З огляду на важливість максимального очищення дифузійного соку від нецукрів було прийнято рішення встановити вплив ферментного препарату на деструкцію глікозидного та полісахаридного ланцюга нецукрів дифузійного соку, а саме сапоніну, декстрану, пектинових речовин.



Матеріали і методи. Для постановки експерименту та для отримання результатів застосовували загальноприйняті методики, інструкції та стандарти, які використовуються у цукровій галузі, що адаптовані та затверджені в ICUMSA. Дослідження проводили в лабораторних умовах із використанням спроектованої та виготовленої установки для визначення піноутворюючої здатності (рис. 1).

Рис. 1. Установка для дослідження піноутворення дифузійного соку:

- 1 – компресор повітряний; 2 – регулятор потоку повітря; 3 – капілярна трубка;
4 – витратомір; 5 – циліндр з барботером;
6 – вимірвальна лінійка

За умов використання пристрою з циліндричною трубкою, що створює пневматичні збурення соку, піноутворюючу здатність соку розраховували за формулою:

$$ПЗ = \frac{V_n}{V_p} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де V_n – об'єм піни, м^3 ;

V_p – об'єм соку до пневматичного збурення (взбивання), м^3 .

Об'єм піни, за умови проведення дослідження у циліндричній трубці визначали з формули:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (2)$$

де r – радіус циліндра, м;

h – висота циліндра, м.

Чистоту дифузійного соку розраховували за формулою:

$$Ч = \frac{C_k}{C_p} \cdot 100 \text{ (безрозмірна величина)} \quad (3)$$

де C_k – вміст сахарози у дифузійному соку, %;

C_p – вміст сухих речовин у дифузійному соку, %.

Дифузійний сік для досліджень був відібраний у виробничих умовах та законсервований. Перед початком експерименту сік був доведений до виробничих технологічних показників.

Результати. На сьогодні існує досвід використання ферментних препаратів у цукровій промисловості. За переробки цукрових буряків, уражених слизистим бактеріозом, застосовують фермент декстраназу, який орієнтований на деструкцію декстрину та левану до моносахариду – глюкози.

Автори висунули ідею щодо підбору ферментного препарату, який деструктуватиме не лише декстрин, а й інші шкідливі нецукри. Для проведення експерименту було обрано целюлолітичний фермент LAMINEX-750, дія якого направлена

на деструкцію α -1-4 та α -1-6 глікозидних зв'язків. У сферу наукової уваги обрали не крохмальні полісахариди та сапонін.

Робочий розчин ферментного препарату LAMINEX-750 комплексної дії готували в спеціально виділеному промаркованому хімічному посуді шляхом розчинення його у воді.

Експериментально встановлено ефективну концентрацію ферментного препарату LAMINEX-750 у діапазоні 0,03-0,08 кг на 1 тону цукрових буряків. У зазначеній концентрації препарат розкладає сапонін, декстран, пектинові речовини. Приготовані робочі водні розчини препарату прозорі, зі слабким запахом, стабільні і зберігають активність протягом 14 днів у закритих ємностях.

Найпершим проявом ефективності роботи фермента стала деструкція глікозидних зв'язків сапонінів, про що свідчить зниження пінення обробленого дифузійного соку, особливо при інтенсивному його перемішуванні.

Дифузійний сік та сік з додаванням ферментного препарату LAMINEX-750 обробляли на лабораторній установці шляхом барботування повітря через шар соку. Штучно зпінювали дифузійний сік і спостерігали за висотою шару піни, її структурою та швидкістю руйнування.

Характеристики отриманої піни з дифузійного соку за різних способів його оброблення ферментним препаратом наступні (табл. 1 та 2).

Під час додавання ферментного препарату LAMINEX-750 спостерігали частковий ефект руйнування піни у всіх дослідних зразках за визначений діапазон часу. Це свідчить, що відбувається розривання полімерного ланцюга молекул шкідливих нецукрів.

Щоб переконатися у дії ферментного препарату на деструкцію нецукрів дифузійного соку провели додаткові фізико-хімічні дослідження й одержали такі результати (табл. 3).

Проаналізувавши отримані дані, зазначаємо позитивну дію ферментного препарату на ряд шкідливих нецукрів дифузійного соку. А саме, зниження вмісту пектинових речовин на 20,8%, сапоніну на 28,6%, декстрану на 37,7%. За використання ферментного препарату спостерігається підвищення чистоти дифузійного соку більше ніж на 1,5 одиниці, що позитивно вплине на технологічні процеси та більш якісно провести процеси вапно-карбонізації і фільтрування. Цей комплекс чинників дозволить отримати готову продукцію високої якості, а також значно знизити витрату додаткових хімічних речовин, зокрема піногасників, які пройшовши всі стадії виробництва частково накопичуються у готовій продукції та мелясі.

Таблиця 1

Залежність показників стійкості піни дифузійного соку від тривалості оброблення ферментним препаратом у кількості 0,03-0,08 кг на 1 т цукрових буряків

№ з/п	Тривалість оброблення, хв	Показники стійкості піни			Піноутворююча здатність дифузійного соку, %	Якісна реакція на глікозиди тритерпенового ряду
		висота, м	об'єм, м ³	час руйнування, с		
1	5-10	0,28	0,014	36	70	+ рожеве забарвлення
2	15-20	0,22	0,012	24	60	- забарвлення відсутнє
3	25-30	0,20	0,011	12	55	- забарвлення відсутнє

Таблиця 2

Залежність показників стійкості піни дифузійного соку від кількості витраченого комплексного препарату за умов його оброблення 15-20 хвилин

№ з/п	Витрати ферментного препарату LAMINEX 750, кг на 1 т цукрових буряків	Показники стійкості піни			Піноутворююча здатність дифузійного соку, %	Якісна реакція на глікозиди тритерпенового ряду (сапонін)
		висота шару піни, м	об'єм піни, м ³	час руйнування піни, с		
1	Дифузійний сік без додавання ферментного препарату	1,0	0,049	230	245	+ червоно-рожеве забарвлення
2	Витрати 0,020-0,025	0,82	0,040	54	200	+ рожеве забарвлення
3	Витрати 0,03-0,08	0,22	0,012	24	60	- безбарвний розчин
4	Витрати 0,10-0,15	0,18	0,009	21	45	- безбарвний розчин

Інактивація ферментного препарату LAMINEX-750 відбувається за проходження наступних технологічних процесів під впливом високих температур (вище 85°C) та високої лужності (рН≥9).

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники дифузійного соку

№ з/п	Показник	Необроблений дифузійний сік	Дифузійний сік з доданим препаратом LAMINEX-750 (попередньо вибрана оптимальна концентрація 0,03-0,08 кг на 1 т цукрових буряків)
1	Температура, °C	40	40
2	Тривалість оброблення, хв	20	20
3	Показник рН	6,5±0,2	6,6±0,2
4	Вміст сухих речовин, %	10,2±0,2	10,0±0,2
5	Вміст цукрози, %	8,16±0,2	8,16±0,2
6	Чистота соку	80,00	81,60
7	Вміст пектинових речовин, %	0,72±0,4	0,57±0,4
8	Вміст сапоніну, мг/л	42±0,5	30±0,5
9	Вміст декстрану, %	0,061±0,2	0,038±0,2

Висновки. Провівши експеримент із визначення впливу ферментного препарату LAMINEX-750 на ряд нецукрів дифузійного соку цукробурякового виробництва, встановлено:

1. Можливість суттєвого зниження витрат піногасника, що додається у технологічний процес та залишається у напівпродуктах, утримуючи частину цукрози від викристалізації і накопичується в мелясі, знижуючи її якість.

2. За рахунок дії ферментного препарату на глікозидний ланцюг нецукрів, таких як сапонін, декстран, пектинові речовини шляхом їх часткової деструкції можна підвищити якість напівпродуктів цукрового виробництва та якість готової продукції і поліпшити ведення технологічного процесу.

Бібліографія

1. Zheplinska M., Mushtruk M., Kos T., Vasylyv V., Kryzhova Yu., Mukoid R., Bilko M., Kuts A., Kambulova Yu., Gunko S. The influence of cavitation effects on the purification processes of beet sugar production Juices. *Potravinarstvo, Slovak journal of food sciences*. 2020. Vol. 14. p. 451-457. <https://doi.org/10.5219/1284>.
2. Ridout C., Price K. R., Parkin G., et al. Saponins from sugar beet and the floc problem. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society. USA. 1994. Feb № 1. p. 279-286. <https://doi.org/10.1021/jf00038a010>.
3. Хомічак Л. М., Шейко Т. В., Ткаченко С. В. Аналіз і порівняльна характеристика антисептичних засобів цукробурякового виробництва. *Продовольчі ресурси*. 2020. №14, С. 204-210. <https://doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21>.
4. Sheres Z., Maravic N., Rakic D., Dokic L., Nikolic I., Sorona-Simovic D., Djordjevic M. Application of biocides in the process of sucrose extraction from sugar beet: Effect on sucrose content, number of *Leuconostoc* colonies and wet pulp characteristics. University of Novi Sad, Faculty of Technology. Novi Sad, Serbia. 2017. Vol. 75. 1 January. P. 17-24 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.038>.
5. Gorodecky V. O., Semenikhin S. O., Daisheva N. M., Kotlyarevskaya N. I., Babakina M. V. The influence of extractant preparation methods on the microbiological contamination of intermediate products of sugar beet raw juice obtaining station Ecology. *Environment and Conservation*. 2019. Volume 25. Issue 3. P. 472-476.
6. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М. Ефективність сучасних дезінфектантів при переробленні цукрових буряків, уражених бактеріями роду *Leuconostoc*. *Food technology scientific Works of NUFT*. 2017. Vol. 23 (6). P. 109-206.
7. Гусятинська Н. А., Нечипор Т. М., Тетеріна С. М. Дослідження ефективності застосування природного антимікробного засобу «Бетастаб» при переробленні цукрових буряків. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23. № 1. С. 196-202. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2017_23_1_24.
8. Husyatynska N., Nechipor T., Teterina S. Study on the effectiveness of natural disinfectant «Betastab» for sugar beet processing. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. Т. 23 № 1, С. 196-202.
9. Шейко Т. В. Вплив мікробіологічної біоплівки на технологічний процес цукрового виробництва *Продовольчі ресурси*. 2021. № 16. С. 221-228 <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-21>.
10. Fowers M. The Bactericidal Effect of Hop Derived β -acids. ASSBT-Proceedings from the 31st Biennial Meeting at Vancouver, BC (28 Feb. – 3 March 2001). 2001. P. 79-84.
11. Jensen P. S., Davis S. B. Direct clear juice – The production of clear juice in a sugarcane diffuser at Maidstone factory. *International Sugar Journal*. 2015. Volume 117, Issue 1397, May. <https://internationalsugarjournal.com/paper/direct-clear-juice-the-production-of-clear-juice-in-a-sugarcane-diffuser-at-maidstone-factory/>.

References

1. Zheplinska, M., Mushtruk, M., Kos, T., Vasylyv, V., Kryzhova, Yu., Mukoid, R., Bilko, M., Kuts, A., Kambulova, Yu., Gunko, S. (2020). The influence of cavitation effects on the purification processes of beet sugar production Juices. *Potravinarstvo, Slovak journal of food sciences*. vol. 14. p. 451-457. <https://doi.org/10.5219/1284>.
2. Ridout, C., Price, K. R., Parkin, G. (1994). Saponins from sugar beet and the floc problem. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society. USA. Feb № 1. P. 279-286. <https://doi.org/10.1021/jf00038a010>.
3. Khomichak, L. M., Sheiko, T. V., Tkachenko, S. V. (2020). Analiz i porivnialna kharakterystyka antyseptychnykh zasobiv tsukroburiakovoho vyrobnytstva. [Analysis and comparative characteristics of

antiseptics of sugar beet production]. *Prodovolchi resursy* [Food resources]. № 14. p. 204-210. doi.org/10.31073/foodresources2020-14-21 [in Ukrainain].

4. Sheres, Z., Maravic, N., Rakic, D., Dokic, L., Nikolic, I., Sorona-Simovic, D., Djordjevic, M. (2017). Application of biocides in the process of sucrose extraction from sugar beet: Effect on sucrose content, number of *Leuconostoc* colonies and wet pulp characteristics. University of Novi Sad, Faculty of Technology. Novi Sad, Serbia. Volume 75. 1 January. P.17-24 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.038>.

5. Gorodecky, V. O., Semenikhin, S. O., Daisheva, N. M., Kotlyarevskaya, N. I., Babakina, M. V. (2019). The influence of extractant preparation methods on the microbiological contamination of intermediate products of sugar beet raw juice obtaining station Ecology. *Environment and Conservation*. Vol. 25 (3). Pages 472-476.

6. Husiatynska, N. A., Nechypor, T. M. (2017). Efektyvnist suchasnykh dezinfektantiv pry pereroblenni tsukrovyykh buriakiv, urazhenykh bakteriiamy rodu *leuconostoc* [Effectiveness of modern disinfectants in the processing of sugar beet affected by bacteria of the genus *leuconostoc*]. *Food technology scientific Works of NUFT*. Vol. 23 (6). P.109-206 [in Ukrainain].

7. Husiatynska, N. A., Nechypor, T. M., Teterina, S. M. (2017). Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia pryrodnoho antymikrobnogo zasobu "Betastab" pry pereroblenni tsukrovyykh buriakiv [Study of the effectiveness of the natural antimicrobial agent "Betastab" in the processing of sugar beet]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii* [Scientific papers of the National University of Food Technologies]. T. 23. № 1. C. 196-202. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2017_23_1_24. [in Ukrainain].

8. Husiatynska N., Nechipor T., Teterina S. (2017). Study on the effectiveness of natural disinfectant "betastab" for sugar beet processing *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii* [Scientific papers of the National University of Food Technologies. V. 23. № 1, c. 196-202.

9. Sheiko, T. V. Vplyv mikrobiolohichnoi bioplivky na tekhnolohichniy protses tsukrovoho vyrobnytstva [Influence of microbiological biofilm on the technological process of sugar production]. *Prodovolchi resursy* [Food resources]. № 16. c. 221-228 <https://doi.org/10.31073/foodresources2021-16-21>. [in Ukrainain].

10. Fowers, M. (2001) The Bactericidal Effect of Hop Derived β -acids. ASSBT-Proceedings from the 31st Biennial Meeting at Vancouver, BC (28 Feb. – 3 March 2001). P. 79-84.

11. Jensen, P. S., Davis, S. B. (2015). Direct clear juice – The production of clear juice in a sugarcane diffuser at Maidstone factory. *International Sugar Journal*. Vol. 117 (1397, May). <https://internationalsugarjournal.com/paper/direct-clear-juice-the-production-of-clear-juice-in-a-sugarcane-diffuser-at-maidstone-factory/>.