

ІНВЕРТНИЙ СИРОП ДЛЯ ПІДГОДІВЛІ БДЖІЛ

Хомічак Л. М.^{1,2}, д.т.н, професор, член-кореспондент НААН, директор
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Джозган О. І.¹, к.т.н., с.н.с.

відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0002-3827-677X>

Кузнєцова І. В.¹, д.с.-г.н., к.т.н., с.н.с., завідувача
відділом технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Зайчук Л. П.¹, головна фахівчиня
відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>

Ткаченко С. В.^{1,2}, к.т.н., старший дослідник, с.н.с
відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів,
старший викладач кафедри харчових виробництв
<https://orcid.org/0000-0003-2897-8978>

Грінченко І. Г.¹, д.т.н., с.н.с., заступник завідувача
відділом технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0002-7832-7578>

¹Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

²Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2024-23-21>

Предмет. Оптимальні умови отримання інвертного сиропу з вмістом редукувальних речовин більше 95% СР із цукрового сиропу шляхом розкладання сахарози за допомогою ферментного препарату β -фруктофуранозидази. **Мета.** Розроблення технології виробництва інвертного сиропу для підгодівлі бджіл з вмістом сухих речовин 70–71% і масовою часткою інвертного цукру не менше 95% СР. **Методи.** В роботі використано електрометричний, рефрактометричний, фотоелектрометричний, титрометричний, кондуктометричний, мідно-цитратний методи аналізу. **Результати.** Проведено аналіз відомих способів отримання інвертних сиропів, в результаті якого для розроблення технології виробництва сиропу для підгодівлі бджіл обрано спосіб ферментного гідролізу. Перевірено вплив температури і рН сиропу на каталітичну дію ферментного препарату. Встановлено оптимальні умови проведення процесу гідролізу. Визначено витрати ферменту, необхідні для отримання сиропу із заданим вмістом редукувальних речовин. Виготовлено лабораторні зразки інвертного сиропу. Перевірено основні фізико – хімічні показники отриманого продукту, які засвідчили його високу якість. Зокрема, визначено, що масова частка гідроксиметилфурфуролу та кислотність сиропу не перевищують нормативні значення цих показників для меду натурального. Розроблено технологічну інструкцію, технологічну та апаратурну схеми виробництва інвертного сиропу. Технологію виробництва сиропу для підгодівлі бджіл впроваджено на ТОВ «Новооржицький цукровий завод». **Сфера застосування результатів.** Розроблена технологія може бути впроваджена на цукрових заводах та інших підприємствах харчової галузі. Вироблений інвертний сироп може використовуватися в бджільництві, а також в харчовій промисловості.

Ключові слова: цукор, цукрове виробництво, інвертний сироп, процес, якість, фермент, гідроліз

INVERT SYRUP FOR FEEDING BEES

Liubomyr Khomichak^{1,2}, D-r of Sc., Engineering,
Professor, Corresponding Member of NAAS, Director
<https://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Olha Dzhohan¹, PhD, Engineering, Senior Research Fellow of Department
of Sugar Technology, Sugar-Containing Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0002-3827-677X>

Inha Kuznietsova¹, D-r of Sc., Senior Researcher, Head of Department
of Sugar Technology, Sugar-Containing Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0001-8530-2099>

Liudmyla Zavchuk¹, Chief Specialist of Department
of Sugar Technology, Sugar-Containing Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0001-9526-0275>

Serhii Tkachenko^{1,2}, PhD, Engineering, Senior Researcher, Senior Research Fellow
of Department of Sugar Technology, Sugar-Containing Products and Ingredients,
Senior Lecturer of the Department of Food Production
<https://orcid.org/0000-0003-2897-8978>

Iryna Grinenko¹, D-r of Sc., Engineering, Deputy Head of Department
of Sugar Technology, Sugar-Containing Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0002-7832-7578>

¹Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

²Institute of Postgraduate Education of the National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Subject. Optimum conditions for obtaining inverted syrup with a content of reducing substances of more than 95% DM from sugar syrup by decomposition of sucrose with the help of the enzyme preparation β -fructofuranosidase. **Purpose.** Development of a technology for the production of inverted syrup for feeding bees with a dry matter content of 70–71% and a mass fraction of inverted sugar over 95% of DM. **Methods.** Electrometric, refractometric, photoelectrometric, titrimetric, conductometric, copper-citrate methods of analysis were used in the work. **Results.** An analysis of the known methods of obtaining invert syrups was carried out, as a result of which the enzyme hydrolysis method was chosen for the development of the syrup production technology for feeding bees. The influence of the temperature and pH of the syrup on the catalytic action of the enzyme preparation was tested. Optimal conditions for the hydrolysis process have been established. The amount of enzyme needed to obtain syrup with a given content of dry matter was determined. Laboratory samples of invert syrup were produced. The main physico-chemical parameters of the obtained product were checked, which confirmed its high quality and safety. Technological instruction, technological and equipment schemes for the production of invert syrup have been developed. The technology for the production of syrup for feeding bees has been implemented at Novoorzhitskyi Sugar Refinery LLC. **Scope of results.** The developed technology can be implemented in sugar factories and other enterprises of the food industry. The produced invert syrup can be used in beekeeping, as well as in the food industry.

Key words: sugar, sugar production, inverted syrup, process, quality, enzyme, hydrolysis

Постановка проблеми. Сезон цукроваріння 2023 року був успішним для вітчизняних цукровиробників. В Україні було вироблено 1,8 млн. тон цукру, що майже вдвічі більше ніж необхідний для внутрішнього споживання обсяг в 1 млн. тон [1]. Цьому посприяло збільшення посівних площ та висока цукристість вирощених коренеплодів цукрових буряків. Обсяг виробленої продукції дозволив цукровим заводам активно експортувати і реалізовувати цукор на ринках країн Європейського союзу. Однак Європейською Комісією було введено механізм захисту від значного українського імпорту шляхом запровадження квоти, яка дозволяла Україні ввезти до країн ЄС в 2024 році не більше 262 тис. тонн цукру [2]. З огляду на це, цукрові заводи вимушені шукати додаткові ринки збуту задля збереження досягнутого рівня виробленої продукції, а відповідно і переробленої сировини, та уникнення негативного впливу на внутрішній ринок від перевиробництва цукру. Крім збільшення географії експорту цукру піску, одним із напрямів, який дозволить зберегти обсяг перероблення цукрових буряків на існуючому рівні може бути розширення асортименту продукції, яку виробляють цукрові заводи. Такими продуктами можуть бути інвертні сиропи.

Інвертні сиропи – це водні розчини суміші еквімолярних частин глюкози і фруктози, отримані внаслідок гідролізу сахарози цукрових сиропів. Вони характеризуються нейтральним солодким смаком і не призводять до утворення піни чи пластівців під час застосування у виробництві харчових продуктів. Інвертні сиропи є мікробіологічно більш стабільними, ніж розчини сахарози, завдяки низькому значенню показника активності води та підвищеному осмотичному тиску [3]. Вони прозорі, не мають запаху, є безпечними та готовими до використання у виробництві напоїв, кондитерських виробів, тютюнових виробів, виробництві кормів для тварин та ін.

У кондитерській галузі інвертні сиропи знайшли широке застосування у виготовленні мусів, кремів, цукерок, зефіру, карамелі, випічки, тощо. Використання в рецептурі інвертного сиропу або часткова заміна ним цукру перешкоджає утворенню кристалів сахарози в кондитерських виробках, зберігає вологість продуктів, завдяки своїй гігроскопічності, а також надає колір і аромат випічці.

Ще одним із напрямів використання інвертного сиропу є бджільництво. Україна – один з найбільших виробників та експортерів меду в світі. У 2023 році Україна експортувала 55 тис. т меду [4] і продовжила нарощувати обсяги експорту у 2024 році. Бджоларі використовують сироп для поповнення запасів кормового меду за його нестачі у вуликах навесні, стимуляції вирощування розплоду, забезпечення кормових запасів, які необхідні бджолам на зиму з метою покращення умов їх зимівлі. Розповсюджена в бджільництві практика годування бджіл цукровим сиропом виснажує їх, тому що спочатку сахароза повинна розкластися на глюкозу і фруктозу під дією ферменту, який виділяє комаха. Фруктоза, забезпечує протікання процесів метаболізму в тканинах організму бджіл, а глюкоза є невід'ємним енергетичним субстратом в процесі гліколізу в м'язовій тканині та для синтезу глікогену [5]. Інвертний сироп, який переважно містить глюкозу і фруктозу, легше засвоюється бджолами порівняно із цукровим сиропом. Достатній запас корму, який ідеально відповідає особливим потребам бджоли, забезпечує життєдіяльність бджолоїної сім'ї, сприяє її зростанню і створює сприятливі умови для успішного бджільництва. Отже, виробництво цукровими заводами інвертного сиропу дозволить розширити асортимент їх готової продукції та забезпечить бджоларів кормами для підгодовлі бджіл стандартизованої якості.

Матеріали та методи. Готували цукровий сироп розчиненням цукру білого кристалічного бурякового у воді з температурою 75–80°C до вмісту сухих речовин сиропу 67–68%. За допомогою 10%-го розчину лимонної кислоти доводили рН цукрового сиропу до необхідного значення. В порції цукрового сиропу вносили ферментний препарат і ретельно перемішували. В роботі було використано фермент β -фруктофуранозидазу (інвертазу) – продукт контрольованого бродіння дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Активність ферменту, заявлена виробником, більше 150000 SU/мл. Суміш цукрового сиропу з ферментним препаратом витримували в термостаті впродовж визначеного часу, потім швидко нагрівали до 93–95°C для інактивації ферменту, охолоджували до температури 20°C і аналізували фізико-хімічні показники.

Для аналізу цукрових і інвертних сиропів використовували електрометричний, рефрактометричний, фотоелектрометричний, титрометричний, кондуктометричний методи фізико-хімічного контролю [6, 7], редукувальні речовини визначали мідно-цитратним методом [8].

Результати та обговорення. Відомі способи отримання інвертного сиропу, а саме кислотний (гідроліз сахарози цукрового сиропу внаслідок дії кислот [9, 10]) та ферментний (за допомогою ферментного каталізу [11]). Виробництво інвертного сиропу способом гідролізу сахарози кислотою передбачає витримування цукрового сиропу за високих температур в сильноокислому середовищі з наступною нейтралізацією содою до необхідного рН. Під час нагрівання цукрових розчинів в сильноокислому середовищі може утворюватися гідроксиметилфурфурол – продукт розкладання цукрів. Інвертний сироп з високим вмістом гідроксиметилфурфуролу токсичний для бджіл, а додавання значної кількості кислот для гідролізу сахарози під час виробництва сиропу може збільшувати їх смертність [12]. Тому для уникнення небажаного впливу на здоров'я бджіл від вживання ними інвертного сиропу більш перспективним є ферментний спосіб виробництва, який дозволяє отримувати сироп близький за своїми фізико-хімічними показниками до меду.

Фермент інвертаза гідролізує β -D-1,2-глікозидні зв'язки в сахарозі, вивільняючи еквімолярну суміш D-глюкози і D-фруктози (рис.1).

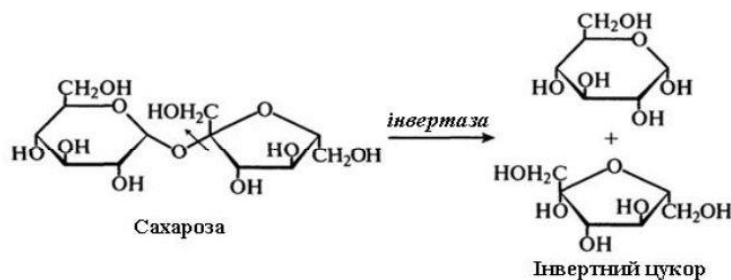


Рис. 1. Реакція розкладу сахарози під дією інвертази

Активність ферментного препарату впливає на швидкість гідролізу сахарози і залежить від рН, температури, кон-центрації субстрату та ферменту тощо [13]. З метою визначення оптимальних умов для каталітичної активності інвертази було перевірено вплив параметрів

ведення процесу гідролізу, а саме рН та температури сиропу, на швидкість ферментного розкладання сахарози, яку оцінювали по кількості утворених редукувальних речовин. Визначення оптимального рН цукрового сиропу для дії інвертази проводили в діапазоні 3–6 одиниць рН з кроком 0,5, при цьому інші параметри процесу, а саме: температура, масова частка СР сиропу, кількість доданого ферменту та тривалість гідролізу були однаковими для всіх точок рН (рис. 2).

У ферментному каталізі, як і у хімічному, температура суттєво впливає на перебіг реакції. За підвищення температури зростає швидкість руху молекул субстрату і, таким чином, імовірність каталітичного перетворення [13]. Однак, як відомо, позитивний вплив підвищення температури на швидкість гідролізу має певну межу і після досягнення оптимуму швидкість реакції буде зменшуватися. Тому з метою визначення оптимальних температурних умов для дії обраного ферментного препарату було проведено гідроліз сахарози цукрового сиропу за температур в діапазоні 50–75°C з кроком в 5°C, при цьому всі інші параметри, а саме: кількість доданого ферменту, тривалість процесу, вміст сухих речовин і рН вихідного цукрового сиропу були однаковими (рис.3). Аналіз отриманих даних показав, що використовувана інвертаза найбільшу каталітичну дію на гідроліз сахарози має за температури 65°C і рН біля 4,5 одиниць.

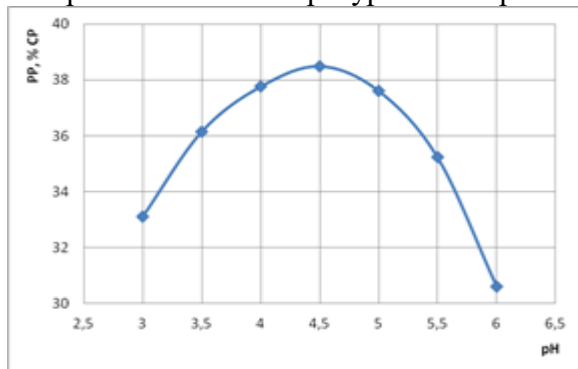


Рис. 2. Вплив рН цукрового сиропу на гідролізуючу здатність інвертази

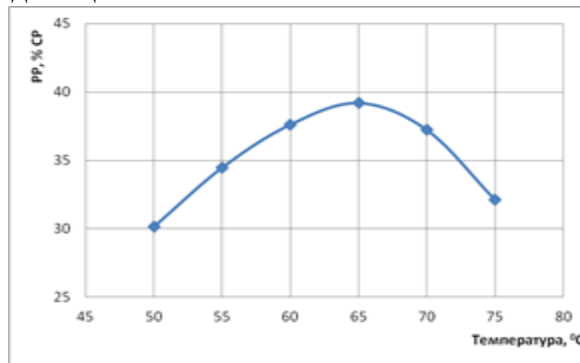


Рис. 3. Вплив температури на гідролізуючу здатність інвертази

Ступінь інверсії сахарози залежить також від витрат і тривалості дії ферментного препарату. Виходячи з того, що цукрові заводи можуть мати необхідність виробляти інвертний сироп в міжсезонний період, коли відсутня цілодобова робота підприємства, було прийнято обмеження по тривалості стадії гідролізу в 4 години, що дозволяє провести всі етапи виробництва від підготовчих операцій до фасування інвертного сиропу за одну зміну. Тому наступним етапом роботи стало визначення оптимальних витрат ферментного препарату, необхідних для отримання інвертного сиропу з вмістом редукувальних речовин не менше 95% СР за температури 65°C, рН = 4,5 і тривалості гідролізу 4 години.

Для цього цукровий сироп з вмістом сухих речовин 67–68% і рН 4,5 одиниць, розділяли на порції рівного об'єму, до кожної з них додавали інвертазу в кількості від 0,3 до 1,5 см³ /дм³ сиропу і витримували протягом 4 годин за температури 65 °C. Після інактивації ферменту і охолодження сироп аналізували. Усереднені результати паралельних випробувань виготовлених сиропів представлено в таблиці 1. В якості

характеристики ступеню гідролізу сахарози використано кількість утворених редукувальних речовин.

Таблиця 1

Вплив витрат ферментного препарату інвертази на ступінь гідролізу сахарози цукрового сиропу

Назва показника	Витрата ферменту, см ³ / дм ³ сиропу			
	0,3	0,6	1,1	1,5
Масова частка редукувальних речовин,% СР	68,6	84,1	95,8	99,4

показників (табл. 2). Отримані результати підтвердили, що масова частка гідроксиметилфурфуролу, золи та кислотність інвертного сиропу не перевищують нормативних показників ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови». Сироп має низьку кольоровість та високий вміст інвертного цукру. Отже, виготовлений продукт може використовуватися для підгодівлі бджіл.



Рис. 3. Інвертний сироп

Представлені дані свідчать, що оптимальною витратою ферментного препарату для виготовлення інвертного сиропу з вмістом редукувальних речовин більше 95% до СР і тривалістю гідролізу 4 години є 1,1 см³ на 1 дм³ цукрового сиропу з масовою часткою сухих речовин 67–68%. З метою визначення якості інвертного сиропу (рис. 3), виготовленого за встановлених оптимальних умов, було проведено аналіз його фізико – хімічних

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники інвертного сиропу, отриманого способом ферментного гідролізу

Назва показника, од. вимірювання	Значення
рН	4,3
вміст сухих речовин,%	70,0
кольоровість, од. ICUMSA	56,0
вміст гідроксиметилфурфуролу, мг/кг	8,4
вміст золи,% до маси СР	0,02
густина, г/см ³	1,35
вміст РР (суміш глюкози і фруктози),%	67,1
% до маси СР	95,8
вміст сахарози,%	2,9
% до маси СР	4,1
Кислотність, міліеквівалент гідроокису натрію на 1 кг сиропу	2

На основі проведених експериментальних досліджень було розроблено технологічну інструкцію, технологічну (рис. 4) та апаратурну схеми виробництва інвертного сиропу для підгодівлі бджіл потужністю 20 тонн/добу. Технологію виробництва інвертного сиропу впроваджено на ТОВ «Новооржицький цукровий завод» (рис. 5).



Рис. 4. Технологічна схема виробництва інвертного сиропу для підгодівлі бджіл



Рис. 5. Станція гідролізу цукру технологічної схеми виробництва інвертного сиропу, впровадженій на ТОВ «Новооржицький цукровий завод»

Висновки. В результаті проведених досліджень визначено оптимальні умови для дії ферментного препарату β -фруктофуранозидази та його витрати, необхідні на отримання інвертного сиропу з вмістом редукувальних речовин більше 95% СР за встановлених умов процесу гідролізу. Виготовлений інвертний сироп має високу якість. Показники вмісту гідроксиметилфурфуролу та кислотність сиропу, які потенційно можуть становити небезпеку для бджіл, не перевищують нормативних значень для меду. Тому отримання інвертного сиропу у виробничих умовах цукрових заводів із належним лабораторним контролем фізико-хімічних показників готового продукту дасть змогу бджолярам підгодовувати бджіл сиропом високої контрольованої якості, який безпечний для здоров'я комах на відміну від сиропів, приготовлених на

пасіках, де не завжди є можливість проконтролювати його якість.

Розроблено технологію, технологічну та апаратну схеми виробництва інвертного сиропу, які впроваджені на ТОВ «Новооржицький цукровий завод». Виробництво інвертного сиропу збільшить асортимент готової продукції підприємства, забезпечить зайнятість частині персоналу в міжсезонний період та диверсифікує ринки збуту для цукрових заводів.

Бібліографія

1. Виробленого цукру достатньо для внутрішніх потреб українців та забезпечення необхідних обсягів експорту. Міністерство аграрної політики та продовольства України. 01.02.2024. <https://minagro.gov.ua/news/vyroblenoho-tsukru-dostatno-dlia-vnutrishnikh-potreb-ukraintsiv-ta-zabezpechennia-neobkhidnykh-obsiahiv-eksportu-taras-vysotskyi> Дата звернення 10.10.2024.
2. Уряд зупинив експорт цукру до ЄС. НАЦУ «Укрцукор». 30.05.2024. <http://ukrsugar.com/uk/post/urad-zupiniv-eksport-cukru-do-es> . Дата звернення 17.10.2024.
3. Degenhardt A. G., Jansen E., König S., Oswald D. Manufacturing, properties and selected applications of invert sugar syrups. Zuckerindustrie. 2023. № 148 (5). P. 315–326. <https://doi.org/10.36961/si29818>.
4. Статистичні дані Державної митної служби України <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri> Дата звернення 10.06.2024.
5. Бугера С. І., Литвиненко О. М., Міщенко О. А. Підгодовля бджіл та її вплив на продукування воску. Науково-виробничий журнал "Бджільництво України", 2018., Том. 1, № 3, с. 22–28.
6. ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови. ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2005. 25 с.
7. ДСТУ 7126:2009. Сиропи. Загальні технічні умови. ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2009. 18 с.
8. ДСТУ 5059:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення цукрів. ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2008. 31 с.
9. Патент на корисну модель № 106921 Україна, МПК (2016.01) C13K 1/00 C13K 3/00 Спосіб отримання сиропу інвертного. Н. О. Григоренко, Т. В. Шейко, Н. О. Соколенко, І. Г. Грінченко, Л. М. Хомічак, В. Б. Смоленський; заявник і патентовласник Інститут продовольчих ресурсів НААН. № u201511474; заявл. 23.11.2015; опубл. 10.05.2016, 4 с.

10. Українець А. І., Штангеева Н. І., Клименко Л. С. Технології цукропродуктів і цукрозаїміників. Київ: НУХТ, 2009. 231 с.
11. Patent. №W2005/031006A2 Mexico, IPC C13F. Production of invert syrup from sugarcane juice using immobilized invertase. Serna-Saldivar Sergio R., Rito-Palomares Marco A. №PCT/IB2004/003163; Application 29.09.2004 ; Publication 07.04.2005. 32 p.
12. Gabriela Quinlan, Mehmet Ali Doke, Yarira Ortiz-Alvarado, Norma Rodriguez-Gomez, Yilmaz Berk Koru, Robyn Underwood. Carbohydrate nutrition associated with health of overwintering honey bees. Journal of Insect Science. 2023. Volume 23, Issue 6. P. 16, <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead084>.
13. Анацький А. С. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Біохімія»: Навчальне видання. Кам'янське: Дніпровський державний технічний університет, 2020. 38 с.

References

1. Vyrobenoho tsukru dostatno dlia vnutrishnikh potreb ukrainsiv ta zabezpechennia neobkhidnykh obsiahiv eksportu. [The sugar produced is sufficient for the domestic needs of Ukrainians and to ensure the necessary export volumes]. Ministerstvo ahraryoi polityky ta prodovolstva Ukrainy [Ministry of agrarian policy and food of Ukraine] 01.02.2024. <https://minagro.gov.ua/news/vyrobenoho-tsukru-dostatno-dlia-vnutrishnikh-potreb-ukrainsiv-ta-zabezpechennia-neobkhidnykh-obsiahiv-eksportu-taras-vysotskyi> 10.10.2024. [in Ukrainian].
2. Uriad zupynyv eksport tsukru do ES. [The government stopped the export of sugar to the EU]. NATsU «Ukrtsukor». [NASPU «Ukrsugar»]. 30.05.2024. <http://ukrsugar.com/uk/post/urad-zupiniv-eksport-cukru-do-es>. 17.10.2024. [in Ukrainian].
3. Degenhardt, A. G., Jansen, E., König, S., Oswald, D. (2023). Manufacturing, properties and selected applications of invert sugar syrups. Zuckerindustrie. № 148 (5). P. 315–326 <https://doi.org/10.36961/si29818>.
4. Statystychni dani Derzhavnoi mytnoi sluzhby Ukrainy. [Statistical data of the State Customs Service of Ukraine] <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri> (10.06.2024) [in Ukrainian].
5. Bugera S., Lytvynenko O., Mishchenko O. (2018). Statystychni dani Derzhavnoi mytnoi sluzhby Ukrainy. [Bee feeding and its effect on wax production]. Naukovo-vyrobnychiy zhurnal "Bdzhilnytstvo Ukrainy". [Scientific and production magazine "Beekeeping of Ukraine"]. Vol. 1, No. 3, p. 22–28. [in Ukrainian].
6. DSTU 4497:2005. Med naturalnyi. Tekhnichni umovy. [Honey is natural. Specifications]. DP «UkrNDNTs». [SE «UkrNDNC»]. Kyiv, 2005. 25 p.
7. DSTU 7126:2009. Syropy. Zahalni tekhnichni umovy. [Syrups. General specifications]. DP «UkrNDNTs». [SE «UkrNDNC»]. Kyiv, 2009. 18 p.
8. DSTU 5059:2008. Vyroby kondyterski. Metody vyznachennia tsukriv. [Confectionery products. Methods of determination of sugars]. DP «UkrNDNTs». [SE «UkrNDNC»]. Kyiv, 2008. 31 p.
9. Hryhorenko, N. O., Sheiko, T. V., Sokolenko, N. O., Hrinenko, I. H., Khomichak, L. M., Smolenskyi, V. B. Patent. № 106921 Ukraina, MPK (2016.01) C13K 1/00 C13K 3/00 Sposib otrymannia siropu invertного. [Process for the preparation of invert syrup]; Applicant and Patent Attorney Institute of Food Resources of NAAS. № u201511474; stated. 23.11.2015; bjul. 10.05.2016, 4 p. [in Ukrainian].
10. Ukrainets, A., Shtanheieva, N., Kymenko, L. (2009). Tekhnolohii tsukroproduktiv i tsukrozaminnykiv. [Technologies of sugar products and sugar substitutes] Kyiv: Nukht, p. 63–64 [in Ukrainian].
11. Serna-Saldivar Sergio, R., Rito-Palomares Marco A. Patent. №W2005/031006A2 Mexico, IPC C13F. Production of invert syrup from sugarcane juice using immobilized invertase. №PCT/IB2004/003163; Application 29.09.2004 ; Publication 07.04.2005. 32 p.
12. Gabriela Quinlan, Mehmet Ali Döke, Yarira Ortiz-Alvarado, Norma Rodriguez-Gomez, Yilmaz Berk Koru, Robyn Underwood. (2023). Carbohydrate nutrition associated with health of overwintering honey bees. Journal of Insect Science. Volume 23, Issue 6. P. 16. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead084>.
13. Anatskyi, A. (2020). Metodychni vkazivky do samostiinoi roboty z dystsypliny biokhimiia. [Methodical instructions for independent work in the discipline "Biochemistry"]. Kamianske: Dniprovsky State Technical University. 38 p. [in Ukrainian].