

УДК 664.14

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.28>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ЗБАГАЧЕНИЙ ЦУКОР ТА ПРОДУКТИ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

**Самілик М. М.** – доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри технологій та безпеки харчових продуктів  
Сумського національного аграрного університету  
ORCID ID: 0000-0002-4826-2080

**Корнієнко Д. А.** – аспірант кафедри технологій та безпеки харчових продуктів  
Сумського національного аграрного університету  
ORCID ID: 0000-0003-2824-2725

Для даного дослідження використовували цукор-пісок та осматований сироп збагачений похідними дикорослих рослин. Щоб дослідити вплив та можливість використання цукру не як самостійного продукту, а й в якості сировини в продуктах розробили схему та виготовили карамель на основі осматованого сиропу. Для виробництва карамелі використовували максимальну температуру 120 °С. Проаналізувавши дані з джерел це є оптимальною температурою для збереження властивостей похідних з дикорослих ягід. Вплив високих температур на органолептичні показники збагаченого цукру також досліджували за допомогою виготовлення карамелі, при цьому проводили дегустацію та оцінку якісних показників.

Найвищу оцінку отримала обліпихова карамель, тому що колір проявився з більш насиченим відтінком, в свою чергу на це вплинуло нагрівання суміші до 120 °С і рН, середовища. А ароматичні сполуки в свою чергу під дією високої температури набули солодкого присмаку не зважаючи на високий вміст органічних кислот, у зв'язку з чим, ягода має кислий присмак.

Карамель з похідними горобини містить антоціани, які відповідають за червоний або пурпурний колір плодів. При нагріванні до високих температур ці пігменти змінили свій колір або частково розклалися до оранжевого відтінку. Горобина має високий вміст органічних кислот, таких як яблучна та аскорбінова кислоти, що забезпечує кислуватий смак сиропу та сорбінову кислоту, що надає присмну гірчинку продукту.

Калинова карамель має насичений червоний колір та притаманний калині смак та запах. Бузинова карамель набула темно-фіолетового кольору з коричневим відтінком.

Тож, вироблений нами цукор доцільно використовувати як самостійний продукт, так в якості сировини для виробництва харчових продуктів, адже даний інгредієнт як має гарні органолептичні показники так і має корисні елементи в своєму складі.

**Ключові слова:** збагачений цукор, дикоросла сировина, осматична дегдратація, ягоди, температура, рН, реакція Майяра.

### **Samilyk M. M., Korniienko D. A. Study of the effect of high temperature on the quality indicators of enriched sugar and its products**

Granular sugar and osmated syrup enriched with derivatives of wild plants were used for this study. In order to investigate the influence and the possibility of using sugar not as an independent product, but also as a raw material in products, a scheme was developed and caramel was produced on the basis of osmated syrup. For the production of caramel, the maximum temperature of 120 °C was used. Analyzing the data from the sources, this is the optimal temperature for preserving the properties of wild berry derivatives. The effect of high temperatures on the organoleptic parameters of enriched sugar was also investigated by means of caramel production, while tasting and evaluation of quality parameters were carried out.

Sea buckthorn caramel received the highest rating, because the color appeared with a more saturated shade, in turn, this was affected by heating the mixture to 120 °C and the pH of the medium. And the aromatic compounds, in turn, under the influence of high temperature, acquired a sweet taste despite the high content of organic acids, in connection with which the berry has a sour taste.

*Caramel with rowan derivatives contains anthocyanins, which are responsible for the red or purple color of the fruits. When heated to high temperatures, these pigments changed their color or partially decomposed to an orange hue. Rowan has a high content of organic acids, such as malic and ascorbic acids, which provide the sour taste of the syrup, and sorbic acid, which gives the product a pleasant bitterness.*

*Viburnum caramel has a rich red color and the characteristic taste and smell of viburnum. Elderberry caramel has acquired a dark purple color with a brown tint.*

*Therefore, it is advisable to use the sugar produced by us both as an independent product and as a raw material for the production of food products, because this ingredient has both good organoleptic indicators and useful elements in its composition.*

**Key words:** enriched sugar; wild raw materials, osmotic dehydration, berries, temperature, pH, Maillard reaction.

**Вступ.** Досить багато досліджень та розробок з використанням цукрів в харчовій промисловості. Це і не дивно, адже цукор і цукрозамінники відіграють важливу роль у харчовій промисловості, надаючи продуктам солодкого смаку, змінюючи текстуру, а також впливаючи на термін зберігання та загальні органолептичні властивості а саме:

1) **натуральний смак та аромат**, так, як цукор є універсальним підсолоджувачем, який підсилює природний смак продуктів. Він також допомагає балансувати кислотність, що важливо в продуктах, таких як соуси, джеми, та кисломолочні продукти;

2) **текстура і консистенція** – цукор впливає на текстуру продуктів, роблячи їх більш гладкими, кремовими або хрусткими, залежно від рецептури. Випічка, кондитерські вироби, морозиво та йогурти виграють від цього аспекту;

3) **збереження продуктів** – цукор діє як консервант, допомагаючи зберігати джеми, желе та інші продукти тривалий час. Він знижує активність води в продуктах, що перешкоджає росту мікроорганізмів;

4) **ферментація та карамелізація** – у хлібопекарській та кондитерській промисловості цукор сприяє процесам ферментації дріжджів, а також забезпечує **збереження смакових властивостей** [1].

Загалом, цукор та похідні є важливими інгредієнтами в харчовій промисловості, які надають продуктам бажаних смакових та текстурних властивостей, одночасно задовольняючи різноманітні потреби споживачів. Адже використовуючи цукор як сировину до головних показників якості відноситься каламутність розчинів, кольоровість кристалів, вміст нерозчинних речовин та мікроорганізмів [2].

На кольоровість цукру-піску під дією високих температур впливають барвні речовини. До барвних речовин, що містяться у складі цукру, входять продукти карамелізації сахарози, лужно-термічного розкладу редукувальних речовин, меланоїдини та поліфенольні комплекси. Найбільший вплив на кольоровість цукру мають меланоїдини [3].

Меланоїдини – це коричневі полімери, які є кінцевим продуктом багатоетапної реакції стимулювання тепла (реакції Майяра), що індукується карбонільними сполуками, такими як відновлюючі цукри і аміни (зокрема амінокислоти) [4].

Цукор, збагачений похідними переробки плодів дикорослих рослин *Viburnum opulus*, *Hippophae rhamnoides L.*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aucuparia*, містить ряд амінокислот [5] і може використовуватися не лише як готовий до вживання продукт, а й в якості сировини для виробництва лікєро-горілчанних виробів, соків, нектарів, цукрових кондитерських виробів та інш. Тому, дослідження кінетики реакції Майяра і визначення сенсорних характеристик розчинів збагачених цукрів є актуальним питанням.

Взагалі, реакція Майяра (Maillard reaction) є одним з найважливіших процесів у кулінарії та харчовій промисловості, що суттєво впливає на смак, аромат, колір та текстуру їжі. Вона відбувається між амінокислотами (білками) і цукрами під впливом тепла, що призводить до утворення сотень різноманітних сполук, які відповідають за комплексні смакові і ароматичні властивості багатьох продуктів. Реакція Майяра – це хімічна реакція, яка відбувається переважно під час термічної обробки харчових продуктів [6]. Цей процес вважється одним із вагомих викликів у харчовій промисловості, оскільки реакція Майяра пов'язана не лише з формуванням аромату, а й зі смаком та кольором [7].

При реакції Майяра утворюється велика кількість речовин, які впливають на поживну цінність харчових продуктів [8].

Під час меланоїдиноутворення редуруючі цукри взаємодіють з амінокислотами під дією високих температур з утворенням смако-ароматичних та забарвлених речовин [9].

Харчові меланоїдини, являються аніонними забарвленими сполуками [10]. Антиоксидантна активність та інші біологічні ефекти меланоїдинів із реальних харчових продуктів і модельних систем були широко вивчені [11]. Проте, не досліджено, яким чином вони змінюються в процесі нагрівання розчинів цукру, збагаченого плодово-ягідними сиропами, у складі яких міститься значна кількість глюкози та фруктози [12].

Реакція типу Майяра підсилюється при високих температурах ( $>90^{\circ}\text{C}$ ) і значеннях  $\text{pH} > 7$  [13]. Посилення кольору відбувається через посилення полімеризації при тривалому впливі підвищених температур. Різні стадії меланоїдинової реакції каталізуються різними кислотами. Дослідження показали, що при  $\text{pH}$  від 3 до 9, швидкість реакції потемніння зростала зі збільшенням  $\text{pH}$  [14, 15]. При  $\text{pH} \leq 3$ , ступінь реакції потемніння дещо знижується. Автори припустили, що це може бути пов'язано з гідролізом глюкозаміну гідрохлориду [16].

В реакціях меланоїдиноутворення активну участь приймають всі амінокислоти, крім цистеїну і цистину, які містять сірку, спостерігається висока реакційна здатність амідів аспарагіну і глутаміну порівняно з аспарагіноюю та глутаміноюю кислотами. Активними компонентами меланоїдинової реакції є також пептиди. В присутності аміаку інтенсивність утворення барвних речовин прискорюється в 4 рази [17].

Складність цієї хімічної реакції полягає в тому, що на неї впливають численні фактори, унікальна комбінація яких кожного разу призводить до нового прикладу. Параметри включають: природу, концентрацію та частку реагентів (аміно- та карбонільних сполук), активність води, час і температуру нагрівання,  $\text{pH}$  [18].

Розкладання цукрів призводить до утворення летких (аромат карамелі) і коричневих сполук (кольори карамелі). Реакцію можна здійснити за допомогою тепла і каталізують кислоти та основи. Кольори та аромати залежать від використовуваного цукру (тобто моно-, оліго- чи полісахариду) і утворюються переважно через дезоксиосулози, *O*-гетероциклічні та карбоциклічні проміжні продукти, а також низькомолекулярні фрагменти цукру. Типові карамельні аромати походять від циклопентанону (циклотену) і гідроксиметилфуранону (фуранеолу), а також обговорюються їх формування та аналіз. Структури кольорових продуктів карамелізації досі не до кінця вивчені [19].

Обробка є основним засобом формування аромату, а випаровування та концентрація відіграють ключову роль у впливі на механізм утворення (карамелізація, реакція Майяра та термічна деградація). Цукор і амінокислоти є

попередниками кисневих гетероциклічних сполук і *N*- вмісних сполук; температури, рН і вологість контролюють швидкість і напрямки реакцій, впливаючи на їх руйнування, циклізацію і дегідратацію; феноли та катіони металів можуть поєднуватися з проміжними продуктами реакції, таким чином впливаючи на загальний смак коричневого цукру [20].

Зважаючи на те, що цукор, збагачений похідними переробки плодів дикорослих рослин містить ряд амінокислот, доцільно дослідити, як вони вплинуть на кольоровість цукрових розчинів, виготовлених на їх основі.

Попередні дослідження показали, що цукор, збагачений осмотичними розчинами плодів дикорослих рослин, містить ряд природних барвних речовин, зокрема, флаваноїдів [21]. До групи флаваноїдів відносяться *пігменти антоціани*, які надають плодам та продуктам їх переробки червоний, фіолетовий і синій кольори. Крім того, ці сполуки пов'язані зі сприятливим впливом на здоров'я. Вибір плодів для збагачення цукру було обумовлено їх високою біологічною цінністю.

При дії високих температур на суміші цукрів та ряду амінокислот відбувається не лише реакція Майяра, а й процес карамелізації. Запропонований спосіб переробки плодів дикорослих рослин передбачає їх зневоднення при невисоких температурах – 50-55 °С. Проте, в разі застосування цукру збагаченого похідними переробками плодів, в якості сировини для виготовлення інших продуктів, наприклад цукрових кондитерських виробів, застосовуються високі температури (більше 100°C). Що спричиняє реакцію Майяра. Отже, важливо дослідити вплив меланоїдиної реакції на збагачений цукор та продукти його переробки [22].

Збагачений відпрацьованим осмотичним розчином цукор містить ряд біологічно-активних компонентів та має унікальні споживчі властивості [23]. Проте, відсутні дані щодо можливості його застосування в якості сировини при виробництві цукрових кондитерських виробів, зокрема, карамелі.

Отже, **метою даного дослідження** є визначення впливу високих температур на показники якості збагаченого цукру та продуктів його переробки та використання збагаченого цукру в якості сировини.

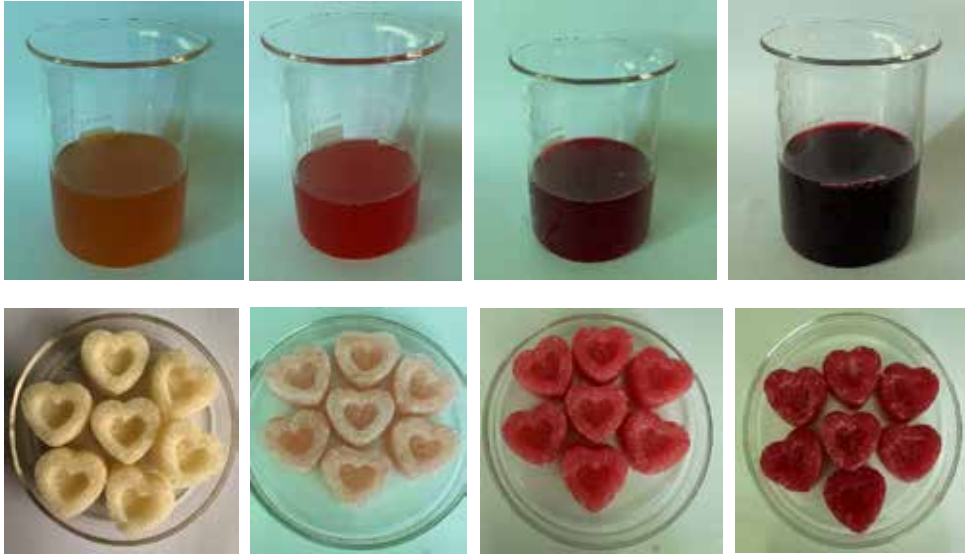
**Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні завдання:**

- дослідити кольоровість та рН цукру збагаченого осмотичними розчинами, утвореними при зневодненні плодів калини, бузини, горобини та обліпихи;
- розробити схему виготовлення карамелі на основі збагачених цукрів;
- дослідити органолептичні показники карамелі на основі цукрів.

**Експериментальна частина.** Плоди дикорослих рослин (калини, горобини червоноплідної, бузини чорної та обліпихи) занурювали у 70% розчин сахарози, попередньо нагрітий до температури 60-65 °С і проводили процес осмотичної дегідратації у лабораторній установці протягом 1 години. Частково зневоднені плоди відокремлювали від осмотичного розчину і висушували. Осмотичні розчини (рис. 1, *а*) використовували для збагачення цукру, у кількості 20% до його маси. Збагачений цукор (рис. 1, *б*) формували та висушували у конвективній лабораторній сушарці протягом 4 годин до масової частки вологи менше 5%.

Кольоровість збагаченого цукру визначали спектрофотометричним методом за допомогою спектофотометра КФК-3 (Україна). Для цього 100 г попередньо подрібненого в ступці цукру переносили в колбу на 250 см<sup>3</sup>. Додавали 100 см<sup>3</sup> дистильованої води (обов'язково обполіскуючи шийку колби) та розчиняли цукор. Для інтенсифікації розчинення цукру колбу поміщували на водяну баню з температурою близько 50 °С на 30 хв. Після цього цукровий розчин охолоджували до 20 °С і фільтрували через паперовий фільтр, перші порції фільтрату зливали.

Вимірювальну кювету тричі обполіскували фільтрованим розчином, далі заповнювали її фільтратом та визначали оптичну густину. Термічно оброблені цукрові розчини аналізували аналогічним способом.



*Рис. 1. Продукти переробки плодів дикорослих рослин:  
а – осмотичні розчини; б – збагачений ними цукор  
(1 – обліпиховий, 2 – горобиний, 3 – калиновий, 4 – бузиновий)*

Для визначення рівня рН наважку цукру 50 г розводили дистильованою водою у співвідношенні 1:1. Розчин фільтрували та переливали у мірний стакан в який занурювали діоди для визначення рівня рН за допомогою рН-метра «рН-500» (Німеччина).

Для дослідження впливу високих температур на органолептичні показники збагаченого цукру в харчових продуктах виготовили карамель. Для цього попередньо підготовлений розчин збагачений похідними дикорослих рослин (калини, горобини червоноплідної, бузини чорної та обліпихи) в кількості 30 гр переміщали в ємність для варіння карамелі та додали 30 гр цукру. Після цього дану суміш нагрівали поступово до 120 °С при постійному перемішуванні. Після згущення карамель заливали в форму та охолоджували до повного застигання.

**Результати та обговорення.** Як нам відомо з попередніх досліджень унікальний аромат та кольоровість цукру формується під час обробки, яка в основному відбувається під час процесу випарювання та концентрації через високу температуру та низький вміст вологи (Asikin та ін., 2016, Ge та ін., 2021, Лю та ін., 2023). У цих процесах бере участь ряд складних хімічних реакцій, включаючи карамелізацію, реакцію Майяра та термічну деградацію (Liu et al., 2021)

Також маємо дані, що значення рН впливає на інтенсивність забарвлення продукції. Отже, доцільно було б проаналізувати дану залежність в розрізі розробленого нами цукру. Результати дослідження кольоровості та рівня рН збагаченого цукру представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Показники якості збагаченого цукру**

Досліджувальні зразки	Значення кольоровості, одиниці ICUMSA	pH
Цукор-пісок білий	45	7,00
Цукор горобиний	465	3,57
Цукор обліпиховий	392	3,30
Цукор калиновий	537	3,45
Цукор бузиновий	784	4,60

За результатами дослідження найвища кольоровість спостерігалася в бузиновому цукрі. Це пояснюється високим вмістом антоціанів у плодах бузини. Чутливість антоціанів і антоціанідинів до рівня pH обумовлена їх структурою, особливо високою електрофільністю хроменілієвого циклу. Аналізуючи отримані показники, підвищення pH до 4–5, спричиняє приєднання гідроксид-іонів, формуючи безбарвні псевдооснови, при цьому найвища кольоровість (784 од. ICUMSA) спостерігалася саме в бузиновому цукрі [24, 25, 26, 27].

Враховуючи, що pH бузинового цукру становив 4,60, але при цьому його кольоровість була достатньо високою, можна припустити, що барвні речовини ягід бузини знаходяться в досить стійких зв'язках з температурою сушіння цукру [28]. Тож, можна припустити, що цукор бузиновий може стати досить популярною сировиною у виробництві харчових продуктів в якості барвника.

При збагаченні цукру горобиним осмотичним розчином кольоровість зростає більше ніж в 10 раз. При цьому аналізуючи показники pH можна зробити висновки, що в розчин переходять ряд кислот та низькомолекулярні фенольні сполуки, такі, як біофлаваноїди, зокрема антоціани, які знаходяться в формі глікозидів та їх форм таких, як ціанідін-3-глюкозид, ціанідін-3,5-диглюкозид, ціанідін-3-галактозид, що зумовлює зниження рівня pH до 3,57 [29].

Рівень pH обліпихового цукру становив 3,30. Так кольоровість цукру-піску сягає 45 од. ICUMSA, а кольоровість збагаченого цукру 392 од. ICUMSA, що менше ніж в 10 раз більше звичайного цукру та має жовтий колір. Так, як саме каротин та ксантофіл надає цукру жовтуватий колір. Крім того, ще зафіксовано вміст флавоноїдів, такі як рутин і кверцетин, які також переходять в розчин осматовани. Крім них ще переходять антоціани, але не в великій кількості в порівнянні з каротиноїдами [30].

Аналізуючи кольоровість цукру калинового, можна дійти до висновку, що барвні речовини калини включають антоціани, каротиноїди і флавоноїди переходять у достатній кількості за для надання цукру рожевого кольору. Так як антоціани відповідають за червоний та фіолетовий колір плодів, каротиноїди надають їм жовтий або помаранчевий відтінок, а флавоноїди також можуть впливати на їхню барву та характеристики. Крім того, у калини містяться вітаміни, мінерали та інші фітонутрієнти, які також переходять в цукор. Так, як в плодах калини вміст антоціанових пігментів знаходяться в межах 250...500 мг на 100 г не дивно, що сироп і цукор мають такий насичений колір [31].

На наступному етапі дослідження було розроблено схему виробництва карамелі на основі збагачених цукрів (рис. 2).

### Схема виготовлення карамелі



Рис. 2. Схема виготовлення карамелі

За даною схемою спочатку необхідно підготувати дикорослі ягоди (миття, ополіскування, сортування), далі до ягід додаємо попередньо підготовлений цукровий розчин. Після цього змішуємо розчин з ягодами, далі відбувається процес осмотичної дегідратації, де відбувається перехід біологічно-активних компонентів. Отриманий осмотований розчин після відокремлення від ягід в потрібній кількості змішуємо з цукром та нагріваємо до 120 °C до повного згущення. Далі дану суміш поміщаємо в форму для карамелі. Після цього охолоджуємо отриману карамель (рис. 3).

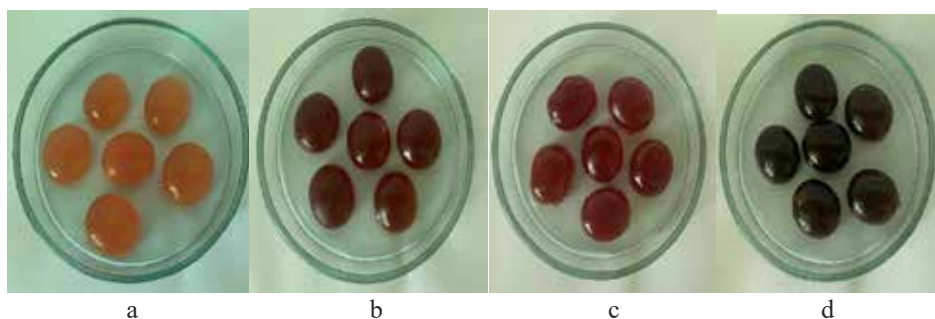


Рис. 3. Карамель зі збагаченого цукру  
(a – обліпихова, b – горобинова, c – калинова, d – бузинова)

Органолептичну оцінку отриманої карамелі проводили за певною кількістю дескрипторів (табл. 2) з використанням десятибальної шкали за усередненими даними.

Таблиця 2

## Органолептичні показники карамелі

Назва показника	Характеристика			
	обліпихова	горобинова	калинова	бузинова
Колір	оранжевий	темно-червоний	червоний	Темно-фіолетовий
Запах	чітко виражений запах обліпихи та карамелі	виражений запах горобини	чітко виражений запах калини	запах бузини
Смак	чіткий смак карамелі з нотками обліпихи	смак горобини з приємною кислотою та гірчинкою та карамелі	чіткий смак, притаманний карамелі зі смаком калини	чітко виражений смак карамелі з бузиною
Поверхня	суха, без тріщин, гладка	суха, без тріщин, гладка	суха, без тріщин, гладка	суха, без тріщин, невеликі сколи

Згідно державного стандарту на карамель (ДСТУ 3893-2016) визначали карамель по даним 4 показників. Органолептичну оцінку проводили непрофесійні дегустатори різного віку та статі (10 чоловік). Кожне випробування проводилося у два різні дні з 9:30 до 10:30 (мінімум через 2 години після сніданку). Крім того, піддослідних проінструктували не палити і не пити каву за 60 хвилин до тесту. Усі органолептичні тести проводились у дегустаційній залі лабораторії технологій харчування Сумського національного аграрного університету та завершувалися до 11 години ранку. Результати дослідження представлено на рис. 4.

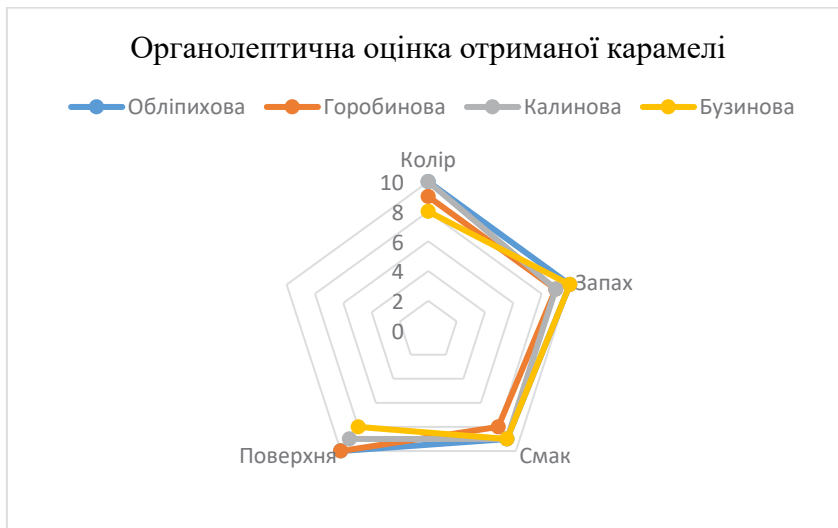


Рис. 4. Результати органолептичної оцінки



Так, як нам відомо, що обліпіха багата на каротиноїди, зокрема бета-каротин, що надає їй характерний оранжевий колір, під впливом високих температур ці пігменти можуть частково розкладатися або змінювати свій колір. Аналізуючи колір обліпіхової карамелі каротиноїди проявились з більш насиченим відтінком, в свою чергу на це вплинуло нагрівання суміші до 120 °С і рН, середовища. А ароматичні сполуки в свою чергу під дією високої температури набули солодкого присмаку не зважаючи на високий вміст органічних кислот, у зв'язку з чим, ягода має кислий присмак.

Карамель з похідними горобини містить антоціани, які відповідають за червоний або пурпурний колір плодів. При нагріванні до високих температур ці пігменти змінили свій колір або частково розкладатися до оранжевого відтінку. Горобина має високий вміст органічних кислот, таких як яблучна та аскорбінова кислоти, що забезпечує кислуватий смак сиропу та сорбінову кислоту, що надає приємну гірчинку продукту.

Сироп калини може містити невелику кількість амінокислот, які взаємодіють з редуруючими цукрами в реакції Майяра. Ця реакція активізується при температурах близько 120 °С і вище, і призводить до утворення складних ароматичних і кольорових сполук. Що в свою чергу надає карамелі насичений червоний колір та притаманний калині смак та запах.

В процесі карамелізації бузинового цукру відбувається декілька послідовних реакцій, включаючи дегідратацію (втрата води), розщеплення цукрових молекул, утворення органічних кислот, фуранових і піронових сполук, а також меланоїдинів, які надають карамелі характерний золотисто-коричневий колір і багатий смак. Бузинова карамель набула темно-фіолетового кольору з коричневим відтінком. Так, як сироп бузини багатий на антоціани, природні пігменти, які надають йому характерний темно-фіолетовий колір. Під впливом високої температури (120-160 °С) антоціани можуть частково розкладатися або змінювати свій колір, особливо в залежності від рН середовища. Зміна рН в процесі приготування карамелі (зазвичай у кислий бік через утворення органічних кислот) може впливати на колір антоціанів. Під час карамелізації і реакції Майяра утворюється багато нових ароматичних сполук, які надають карамелі її характерний смак. Це включає фуранові сполуки, піронові сполуки, органічні кислоти, альдегіди і кетони. Ці сполуки відповідають за складний букет аромату, який включає солодкі, карамельні, фруктові та горіхові нотки.

Згідно аналізу даних, за всіма органолептичними показниками найвищу оцінку отримала карамель зі смаком обліпіхи. Карамель зі смаком бузини мала виражений запах та смак ягоди, також відрізнялась дещо нижчою поверхнею. Калинова карамель мала гарний колір. Горобинова карамель дещо відрізнялась по оцінці смаку, запаху та кольору. Всі зразки мають чудовий вигляд та смак.

**Висновки.** Таким чином:

- 1) досліджено та проаналізовано вплив кольоровості та рН при високих температурах на процес утворення карамелі;
- 2) розроблено схему виготовлення карамелі на основі збагачених цукрів;
- 3) досліджено та проаналізовано органолептичні показники карамелі на основі цукрів.

Тож, аналізуючи результати дослідження можна дійти висновку, що цукор збагачений похідними дикорослих речовин доцільно використовувати як самостійний продукт, так в якості сировини для виробництва харчових продуктів, адже даний інгредієнт як має гарні органолептичні показники так і має корисні елементи в своєму складі.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Abrantes, T., Moura-Nunes N., & Perrone D. Gallic acid mitigates 5-hydroxymethylfurfural formation while enhancing or preserving browning and antioxidant activity development in glucose/arginine and sucrose/arginine Maillard model systems. 2022. *Molecules*. 27 (3). P.848. <https://doi.org/10.3390/molecules27030848>.
2. Ao Sun, Wei Wu, Olugbenga P. Soladoye, Rotimi E. Aluko, Kathrine H. Bak, Yu Fu, Yuhao Zhang. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*. 2022. 151.P. 110823. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110823>
3. Appenteng M.K., Krueger R., Johnson M.C., Ingold H., Bell R., Thomas A.L., Greenlief C.M. Cyanogenic glycoside analysis in american elderberry. *Molecules*. 2021. 26(5). P. 1384. <https://doi.org/10.3390/molecules26051384>
4. Boshan S., Xue G., Hongyan L., Kexin J., Lingyi L., Ning Y., Mohamed A. Farag, Lianliang L. Dissecting Maillard reaction production in fried foods: Formation mechanisms, sensory characteristic attribution, control strategy, and gut homeostasis regulation. *Food Chemistry*. 2023. 438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137994>
5. Bertrand, E., El Boustany, P., Faulds, C., Berdagué, J.-L. The Maillard Reaction in Food: An Introduction. Reference Module in Food Science. *Elsevier*. 2018. 17. P.54-70. [https://www.researchgate.net/publication/324217579\\_The\\_Maillard\\_Reaction\\_in\\_Food\\_An\\_Introduction](https://www.researchgate.net/publication/324217579_The_Maillard_Reaction_in_Food_An_Introduction)
6. Bozhuyuk M., Ercisli R., Fidan B., Ozkan H., Ibrahim G. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds. *Genetika*. 2020. 52(1). P. 55-65. <https://doi.org/10.2298/GENSR2001055B>
7. Beth K., Erika L. Amino Assets: How Amino Acids Support Immunity. *Planck Institute for Immunobiology and Epigenetics*. 2020. 32(2). P.154-175. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.06.010>
8. Ciesarov Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F., Tobolkova B., Koplik R., Belajova E., Kukurova K., Dasko L., Panovska Z., Revenco D., Burcova Z. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*. 2020. 132. P.7865.
9. Dominguez R., Pateiro M., Munekata P. E., Santos Lopez E. M., Rodriguez, J. A., Barros, L., & Lorenzo, J. M. Potential Use of Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as Natural Colorant and Antioxidant in the Food Industry. *A Review. Foods*. 2021. 10(11). P.2713. <https://doi.org/10.3390/foods10112713>.
10. Deepika K., Hamid, Sunakshi G., Abhimanyu T. Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*. 2023. P. 153. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109911>
11. Jia Xiang, Shipeng Chen, Tingting Hong, Yongju He, Weicheng Xu, Zhe Wang, Songwen Tan. Inhibitory effect of cyclodextrin on Maillard reaction and its mechanism. *International Journal of Pharmaceutics*. 2023. 645. P.35-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.123371>.
12. Hang, Y., Zhang, R., Yang, F., Xie, Y., Guo, Y., Yao, W., Zhou W. Control strategies of pyrazines generation from Maillard reaction. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. 112, P. 795-807
13. Han Z., Zhu M., Wan X., Zhai X., Ho C. & Zhang L. Food polyphenols and Maillard reaction: regulation effect and chemical mechanism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 16. P. 1-17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2146653>
14. Samilyk M. M. Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph / Samilyk M. M. Korniienko D. A. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. P. 724. ISBN 978-9934-26-328-6.
15. Kamei Y., Hatazawa Y., Uchitomi R., Yoshimura R., Miura S. Regulation of Skeletal Muscle Function by Amino Acids. *Swit Nutrients*. 2020. 12(1). P. 261. <https://doi.org/10.3390/nu12010261>.

16. Kajszyzak D., Zaklos-Szyda M., Podsedek A. *Viburnum opulus* L.–A Review of Phytochemistry and Biological Effects. *Nutrients*. 2020. 12(11). P. 3398.
17. Murata M. Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconj J*. 2021. 38. P. 283–292. <https://doi.org/10.1007/s10719-020-09943-x>
18. Mlynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek, H., Kidon M., Lysiak G.P. The content of selected minerals, bioactive compounds, and the antioxidant properties of the flowers and fruit of selected cultivars and wild growing plants of *Sambucus nigra* L. *Molecules*. 2020. 25 (4). P. 876; <https://doi.org/10.3390/molecules25040876>
19. Moschner J., Stulberg V., Fernandes R., Huhmann S., Leppkes J., Koksche B. Approaches to Obtaining Fluorinated  $\alpha$ -Amino Acids. *Chemical Reviews*. 2019. 119 (18). P. 10718–10801. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00024>
20. Kang H-J, Ko M-J, Chung M-S. Anthocyanin Structure and pH Dependent Extraction Characteristics from Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in Subcritical Water State. *Foods*. 2021. 10(3). P. 527. <https://doi.org/10.3390/foods10030527>
21. Konarska, A., Domaciuk, M. Differences in the fruit structure and the location and content of bioactive substances in *Viburnum opulus* and *Viburnum lantana* fruits. *Protoplasma*. 2018. 255. P. 25–41 <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1130-z>
22. Zorzi, M., Gai, F., Medana, C., Aigotti, R., Morello, S., & Peiretti, P. G. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Small Berries. *Foods*. 2020. 9(5). P. 623. <https://doi.org/10.3390/FOODS9050623>
23. Samilyk, M., Korniienko, D., Bolgova, N., Sokolenko, V., Boqomol, N. Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 117. P. 39–44 DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>.
24. Ozrenk K., Ilhan G., Sagbas H., Karatas N., Ercisli S. & Colak A. Characterization of European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genetic resources in Turkey. *Scientia Horticulturae*. 2020. 15. P. 45-76.
25. Rutkowska M., Kolodziejczyk-Czepas J., Owczarek A., Zakrzewska A., Magiera A., Olszewska M. Novel insight into biological activity and phytochemical composition of *Sorbus aucuparia* L. fruits: Fractionated extracts as inhibitors of protein glycation and oxidative/nitrative damage of human plasma components. *Food Research International*. 2021. 147. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110526>
26. Salachna P., Pietrak A., Lopusiewicz L. Antioxidant Potential of Flower Extracts from *Centaurea* spp. Depends on Their Content of Phenolics, Flavonoids and Free Amino Acids. *Molecules*. 2021. 26 (24). P. 7465. <https://doi.org/10.3390/molecules26247465>
27. Сімахіна Г. О. Оздоровчі продукти – світовий тренд та основний об’єкт перспективних технологій: теорія і практика / Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко // Перспективні технологічні процеси виробництва оздоровчих продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2023.
28. Ingo Appelhagen, A. Wulff-Vester, M. Wendell, A. Hvoslef-Eide, J. Russell, A. Oertel, S. Martens, H. Mock, Cathie Martin, A. Matros less. Colour bio-factories: Towards scale-up production of anthocyanins in plant cell cultures. *Metabolic Engineering*. 2018. 1. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2018.06.00>
29. Vettore L., Westbrook R. & Tennant D. Institute of Metabolism and Systems Research. *British Journal of Cancer*. 2020. 122 (2). P. 150-156. <https://doi.org/10.1038/s41416-019-0620-5>.
30. Kjersti A., Berit K., Grethe I., Borge D, Roen D. Bioactive compounds and color of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) purees as affected by heat treatment and high-pressure homogenization. *International Journal of Food Properties*. 2020. 23(1). P. 651-664. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1752715>
31. Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., Hudina, M., Zorenc, Z., Koron, D., Senica, M. Fruit Quality Characteristics and Biochemical Composition of Fully Ripe Blackberries Harvested at Different Times. *Foods*. 2021. 10. P. 1581. <https://doi.org/10.3390/foods10071581>

## REFERENCES:

1. Abrantes, T., Moura-Nunes N., & Perrone D. Gallic acid mitigates 5-hydroxymethylfurfural formation while enhancing or preserving browning and antioxidant activity development in glucose/arginine and sucrose/arginine Maillard model systems. 2022. *Molecules*. 27 (3). P.848. <https://doi.org/10.3390/molecules27030848>.
2. Ao Sun, Wei Wu, Olugbenga P. Soladoye, Rotimi E. Aluko, Kathrine H. Bak, Yu Fu, Yuhao Zhang. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*. 2022. 151.P. 110823. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110823>
3. Appenteng M.K., Krueger R., Johnson M.C., Ingold H., Bell R., Thomas A.L., Greenlief C.M. Cyanogenic glycoside analysis in american elderberry. *Molecules*. 2021. 26(5). P. 1384. <https://doi.org/10.3390/molecules26051384>
4. Boshan S., Xue G., Hongyan L., Kexin J., Lingyi L., Ning Y., Mohamed A. Farag, Lianliang L. Dissecting Maillard reaction production in fried foods: Formation mechanisms, sensory characteristic attribution, control strategy, and gut homeostasis regulation. *Food Chemistry*. 2023. 438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137994>
5. Bertrand, E., El Boustany, P., Faulds, C., Berdagué, J.-L. The Maillard Reaction in Food: An Introduction. Reference Module in Food Science. *Elsevier*. 2018. 17. P.54-70. [https://www.researchgate.net/publication/324217579\\_The\\_Maillard\\_Reaction\\_in\\_Food\\_An\\_Introduction](https://www.researchgate.net/publication/324217579_The_Maillard_Reaction_in_Food_An_Introduction)
6. Bozhuyuk M., Ercisli R., Fidan B., Ozkan H., Ibrahim G. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds. *Genetika*. 2020. 52(1). P. 55-65. <https://doi.org/10.2298/GENSR2001055B>
7. Beth K., Erika L. Amino Assets: How Amino Acids Support Immunity. *Planck Institute for Immunobiology and Epigenetics*. 2020. 32(2). P.154-175. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.06.010>
8. Ciesarov Z., Murkovic M., Cejpek K., Kreps F., Tobolkova B., Koplik R., Belajova E., Kukurova K., Dasko L., Panovska Z., Revenco D., Burcova Z. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*. 2020. 132. P.7865.
9. Dominguez R., Pateiro M., Munekata P. E., Santos Lopez E. M., Rodriguez, J. A., Barros, L., & Lorenzo, J. M. Potential Use of Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as Natural Colorant and Antioxidant in the Food Industry. *A Review. Foods*. 2021. 10(11). P.2713. <https://doi.org/10.3390/foods10112713>.
10. Deepika K., Hamid, Sunakshi G., Abhimanyu T. Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control*. 2023. P. 153. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109911>
11. Jia Xiang, Shipeng Chen, Tingting Hong, Yongju He, Weicheng Xu, Zhe Wang, Songwen Tan. Inhibitory effect of cyclodextrin on Maillard reaction and its mechanism. *International Journal of Pharmaceutics*. 2023. 645. P.35-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.123371>.
12. Hang, Y., Zhang, R., Yang, F., Xie, Y., Guo, Y., Yao, W., Zhou W. Control strategies of pyrazines generation from Maillard reaction. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. 112, P. 795-807
13. Han Z., Zhu M., Wan X., Zhai X., Ho C. & Zhang L. Food polyphenols and Maillard reaction: regulation effect and chemical mechanism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. 16. P. 1-17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2146653>
14. Samilyk M. M. Sustainable food chain and safety through science, knowledge and business: Scientific monograph / Samilyk M. M. Korniienko D. A. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. P. 724. ISBN 978-9934-26-328-6.
15. Kamei Y., Hatazawa Y., Uchitomi R., Yoshimura R., Miura S. Regulation of Skeletal Muscle Function by Amino Acids. *Swit Nutrients*. 2020. 12(1). P. 261. <https://doi.org/10.3390/nu12010261>.

16. Kajszyzak D., Zaklos-Szyda M., Podsedek A. *Viburnum opulus* L.–A Review of Phytochemistry and Biological Effects. *Nutrients*. 2020. 12(11). P. 3398.
  17. Murata M. Browning and pigmentation in food through the Maillard reaction. *Glycoconj J*. 2021. 38. P. 283–292. <https://doi.org/10.1007/s10719-020-09943-x>
  18. Mlynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek, H., Kidon M., Lysiak G.P. The content of selected minerals, bioactive compounds, and the antioxidant properties of the flowers and fruit of selected cultivars and wildy growing plants of *Sambucus nigra* L. *Molecules*. 2020. 25 (4). P. 876; <https://doi.org/10.3390/molecules25040876>
  19. Moschner J., Stulberg V., Fernandes R., Huhmann S., Leppkes J., Kocsch B. Approaches to Obtaining Fluorinated  $\alpha$ -Amino Acids. *Chemical Reviews*. 2019. 119 (18). P. 10718–10801. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00024>
  20. Kang H-J, Ko M-J, Chung M-S. Anthocyanin Structure and pH Dependent Extraction Characteristics from Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in Subcritical Water State. *Foods*. 2021. 10(3). P. 527. <https://doi.org/10.3390/foods10030527>
  21. Konarska, A., Domaciuk, M. Differences in the fruit structure and the location and content of bioactive substances in *Viburnum opulus* and *Viburnum lantana* fruits. *Protoplasma*. 2018. 255. P. 25–41 <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1130-z>
  22. Zorzi, M., Gai, F., Medana, C., Aigotti, R., Morello, S., & Peiretti, P. G. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Small Berries. *Foods*. 2020. 9(5). P. 623. <https://doi.org/10.3390/FOODS9050623>
  23. Samilyk, M., Korniienko, D., Bolgova, N., Sokolenko, V., Boqomol, N. Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 117. P. 39–44 DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>.
  24. Ozrenk K., Ilhan G., Sagbas H., Karatas N., Ercisli S. & Colak A. Characterization of European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genetic resources in Turkey. *Scientia Horticulturae*. 2020. 15. P. 45-76.
  25. Rutkowska M., Kolodziejczyk-Czepas J., Owczarek A., Zakrzewska A., Magiera A., Olszewska M. Novel insight into biological activity and phytochemical composition of *Sorbus aucuparia* L. fruits: Fractionated extracts as inhibitors of protein glycation and oxidative/nitrative damage of human plasma components. *Food Research International*. 2021. 147. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110526>
  26. Salachna P., Pietrak A., Lopusiewicz L. Antioxidant Potential of Flower Extracts from *Centaurea* spp. Depends on Their Content of Phenolics, Flavonoids and Free Amino Acids. *Molecules*. 2021. 26 (24). P. 7465. <https://doi.org/10.3390/molecules26247465>
  27. Simakhina, G.O., Naumenko, N.V. (2023). Health products are a global trend and the main object of promising technologies: theory and practice. [Promising technological processes for the production of health products]. *NUHT*. 23, 34-51 [ in Ukraine]
  28. Ingo Appelhagen, A. Wulff-Vester, M. Wendell, A. Hvoslef-Eide, J. Russell, A. Oertel, S. Martens, H. Mock, Cathie Martin, A. Matros less. Colour bio-factories: Towards scale-up production of anthocyanins in plant cell cultures. *Metabolic Engineering*. 2018. 1. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2018.06.00>
  29. Vettore L., Westbrook R. & Tennant D. Institute of Metabolism and Systems Research. *British Journal of Cancer*. 2020. 122 (2). P. 150-156. <https://doi.org/10.1038/s41416-019-0620-5>.
  30. Kjersti A., Berit K., Grethe I., Borge D, Roen D. Bioactive compounds and color of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) purees as affected by heat treatment and high-pressure homogenization. *International Journal of Food Properties*. 2020. 23(1). P. 651-664. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1752715>
  31. Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., Hudina, M., Zorenc, Z., Koron, D., Senica, M. Fruit Quality Characteristics and Biochemical Composition of Fully Ripe Blackberries Harvested at Different Times. *Foods*. 2021. 10. P. 1581. <https://doi.org/10.3390/foods10071581>
-