

## СТЕВИЯ КОНЦЕНТРАТТАРЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ФУНКЦИОНАЛДЫ СУСЫНДАРДЫҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

<sup>1</sup>С.Ш. АСРАНДИНА\* , <sup>2</sup>А.К. КЕКИБАЕВА , <sup>1</sup>С.Д. АТАБАЕВА ,  
<sup>1</sup>С.С. КЕНЖЕБАЕВА , <sup>1</sup>Г. ДОҚТЫРБАЙ 

(<sup>1</sup>Экология және биоресурстар тұрақтылығы ҒЗИ, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ, Әл-Фараби даңғылы, 71

<sup>2</sup>Алматы технологиялық университеті 050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ, Толе би көш, 100)  
Автор-корреспонденттің электронды почтасы: asaltanat@yandex.ru\*

*Қазіргі заманғы нутрициология мен тағам биотехнологиясының басты басымдықтарының бірі – халықтың тұтыну рационындағы қант мөлшерін азайту және өнімдердің функционалдық құндылығын арттыру болып табылады. Ұсынылған зерттеудің мақсаты – құрамындағы қантты азайту және тағамдық құндылығын арттыру үшін сусындарға стевия концентраттарын қолдану мүмкіндігін зерттеу. Мақалада Stevia rebaudiana Bertoni өсімдігінің концентраттарымен байытылған функционалды сусындарды әзірлеу және олардың сапасын кешенді бағалау нәтижелері ұсынылған. Зерттеу барысында стевия жапырақтарынан биологиялық белсенді заттарды бөліп алудың түрлі әдістері салыстырылып, 40% және 80% этанолды қолдана отырып жүргізілген сатылы экстракцияның жоғары тиімділігі дәлелденді. Су-спирттік сығындылар мен олардың негізіндегі концентраттарды алу технологиялық схемасы көрсетілген. Органолептикалық көрсеткіштерді сақтай отырып, сусындар құрамындағы қант мөлшерін 50%-ға төмендетудің технологиялық мүмкіндігі негізделді. Тәжірибелік үлгілерде аскорбин қышқылының мөлшері бақылау нұсқаларымен салыстырғанда 2,5-3 есе артып, 14,1 мг/100 мл-ге жетті. Микробиологиялық және токсикологиялық зерттеулер өнімнің толық қауіпсіздігін, ал 6 айлық мониторинг оның сақтау кезіндегі тұрақтылығын растады. Стевия концентраттарымен байытылған әзірленген сусындар қазіргі нутрициология талаптарына сай келетін бәсекеге қабілетті функционалды өнімдер болып табылады.*

**Негізгі сөздер:** стевия, функционалды сусындар, қант мөлшерін азайту, экстракция, антиоксиданттық белсенділік, сақтау мерзімі.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ, ОБОГАЩЕННЫХ КОНЦЕНТРАТАМИ СТЕВИИ

<sup>1</sup>С.Ш. АСРАНДИНА\*, <sup>2</sup>А.К. КЕКИБАЕВА, <sup>1</sup>С.Д. АТАБАЕВА,  
<sup>1</sup>С.С. КЕНЖЕБАЕВА, <sup>1</sup>Г. ДОҚТЫРБАЙ

(<sup>1</sup>НИИ Устойчивости экологии и биоресурсов, Казахский национальный университет  
имени Аль-Фараби 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 71

<sup>2</sup>Алматинский технологический университет  
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100)  
Электронная почта автора-корреспондента: asaltanat@yandex.ru\*

*Одним из ключевых приоритетов современной нутрициологии и пищевой биотехнологии является снижение содержания сахара в рационе населения и повышение функциональной ценности продуктов питания. Целью представленного исследования является изучение возможности применения концентратов стевии в напитках для снижения содержания сахара в их составе и повышения пищевой ценности. В статье представлены результаты разработки функциональных напитков, обогащенных концентратами Stevia rebaudiana Bertoni и комплексная оценка их качества. В ходе исследования проведено сравнение различных методов экстракции биологически активных веществ из листьев стевии, доказана высокая эффективность*

*ступенчатой экстракции с использованием 40% и 80% этанола. Приведена технологическая схема получения водно-спиртовых экстрактов и концентратов на их основе. Обоснована технологическая возможность снижения содержания сахара в напитках на 50% при сохранении высоких органолептических показателей. Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты в опытных образцах в 2,5-3 раза выше, чем в контрольных, и составляет 14,1 мг/100 мл. Микробиологические и токсикологические исследования подтвердили полную безопасность продукта, а 6-месячный мониторинг доказал его стабильность при хранении. Разработанные напитки, обогащённые концентратами стевии, являются конкурентоспособными функциональными продуктами, соответствующим требованиям современной нутрициологии.*

**Ключевые слова:** стевия, функциональные напитки, снижение сахара, экстракция, антиоксидантная активность, срок хранения.

## STUDY OF QUALITY INDICATORS OF FUNCTIONAL BEVERAGES ENRICHED WITH STEVIA CONCENTRATES

<sup>1</sup>S.SH. ASRANDINA\*, <sup>2</sup>A.K. KEKIBAEVA, <sup>1</sup>S.D. ATABAYEVA,  
<sup>1</sup>S.S. KENZHEBAYEVA, <sup>1</sup>G. DOKTYRBAY

(<sup>1</sup> Research Institute of Ecological Sustainability and Bioresources Al-Farabi Kazakh National University 71 Al-Farabi Ave., Almaty 050040, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>Almaty Technological University 100 Tole bi St., Almaty 050012, Republic of Kazakhstan)

Corresponding author's e-mail: asaltanat@yandex.ru\*

*One of the key priorities of modern nutrition science and food biotechnology is to reduce the sugar content in the population's diet and to increase the functional value of food products. The aim of the presented study is to explore the possibility of using stevia concentrates in beverages to reduce their sugar content and enhance their nutritional value. The article presents the results of developing functional beverages enriched with Stevia rebaudiana Bertoni concentrates and a comprehensive assessment of their quality. The study compared various methods for extracting biologically active substances from stevia leaves, demonstrating the high efficiency of sequential extraction using 40% and 80% ethanol. A technological scheme for obtaining water-alcohol extracts and concentrates based on them is provided. The technological possibility of reducing sugar content in beverages by 50% while maintaining high sensory properties was justified. Ascorbic acid content in the experimental samples was found to be 2.5-3 times higher than in the control samples, reaching 14.1 mg/100 mL. Microbiological and toxicological studies confirmed the complete safety of the product, and 6-month monitoring proved its stability during storage. The developed drinks, enriched with stevia concentrates, are competitive functional products that meet the requirements of modern nutrition science.*

**Keywords:** stevia, functional beverages, sugar reduction, extraction, antioxidant activity, shelf life.

### *Kіpіcne*

Қазіргі заманғы нутрициология мен тағам биотехнологиясының басты басымдықтарының бірі – халықтың тұтыну рационындағы қант мөлшерін азайту және өнімдердің функционалдық құндылығын арттыру болып табылады [1]. Тәтті сусындарды шамадан тыс қолдану метаболикалық синдромның, семіздіктің және екінші типті қант диабетінің жаһандық деңгейде белең алуына әкелетін негізгі факторлардың бірі екені белгілі [2-4]. Халықаралық диабет федерациясының (IDF) деректері бойынша, 2021 жылы әлемде қант диабетімен ауыратын адамдар саны

537 миллионға жеткен болса, 2045 жылға қарай бұл көрсеткіш 783 миллион адамға жетеді деп болжануда [5, 6]. Осыған байланысты, табиғи, төмен калориялы тәттілендіргіш – *Stevia rebaudiana* Bertoni өсімдігін пайдалану ерекше маңызға ие [7].

Стевия тек табиғи тәттілендіргіш ғана емес, сонымен қатар құрамындағы дитерпенді гликозидтер мен полифенолды қосылыстардың арқасында өнімге жоғары антиоксиданттық және биологиялық белсенді қасиеттер береді [8, 9]. Мұндай функционалдық өнімдерді әзірлеу БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттарына толық үндеседі

[10]; атап айтқанда, ол халықтың салауатты өмір салтын қамтамасыз етуге (ТДМ 3) және өндірістің тұрақты әрі экологиялық тиімді үлгілеріне көшуге (ТДМ 12) тікелей ықпал етеді [11, 12].

Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде жерсіндірілген стевия шикізаты негізінде импортты алмастыратын функционалдық өнімдерді әзірлеу – отандық ғылым мен өндіріс үшін өзекті мәселе болып табылады [13]. Алайда, стевия концентраттарының спецификалық дәмдік ерекшеліктерін технологиялық тұрғыдан реттеу және олардың сусындар жүйесіндегі тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселелері әлі де болса тереңірек зерттеуді қажет етеді [14, 15].

**Зерттеу мақсаты.** әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің агробиологиялық станциясында өсірілген стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni) концентраттарын қолдана отырып, қант мөлшері 50%-ға төмендетілген функционалдық сусындардың рецептурасын ғылыми негіздеу, олардың сапалық көрсеткіштері мен сақтау мерзімі ішіндегі физика-химиялық және микробиологиялық тұрақтылығын кешенді түрде бағалау.

**Әдістеме.** Зерттеу нысандары ретінде әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің агробиостанциясында өсірілген *Stevia rebaudiana* Bertoni жапырақтары, сондай-ақ қара және көк шай сығындылары пайдаланылды. Бақылау нысандары (эталондар) ретінде отандық нарықтағы стандартты сипаттамаларға ие, қант негізіндегі шай сусындары (коммерциялық үлгілер) алынды.

Технологиялық регламент бойынша кептірілген (10-12% ылғалдылық) және ұнтақталған (3-5 мм, IKA A 11) шикізат дистильденген сумен және этанолдың (40%, 80%, 40/80%) түрлі концентрацияларымен экстракцияланды. Процесс статикалық (16-18 сағ) және динамикалық (1,5-2 сағ) режимдерде жүргізіліп, алынған сығындылар роторлы буландырғышта (*Heidolph Laborota 4000*, 40-50 °C) және су моншасында (90 °C) концентрленді.

Функционалды сусындарды әзірлеуде қант мөлшерін 50%-ға (80 г/л-ден 40 г/л-ге дейін) азайту және жетіспейтін тәттілік деңгейін стевия концентраттарымен алмастыру әдісі қолданылды. Үлгілердің базалық құрамына лимон және аскорбин қышқылдары (0,25 г/л), шай экстракттары (0,8 г/л) мен хош иістендіргіштер (киви, құлпынай) енгізілді.

Органолептикалық талдау ГОСТ ISO 6658 бойынша 25 сарапшының қатысуымен 5 балдық шкала бойынша жүргізілді. Физика-химиялық тал-

дауда рН деңгейі – потенциометриялық, тығыздық – пикнометриялық, құрғақ заттар мен қанттар мөлшері – рефрактометриялық әдістермен анықталды. Аскорбин қышқылы йодометриялық титрлеу арқылы өлшенді. Микробиологиялық көрсеткіштер (КМАФАнМ, БГКП, зендер) КО ТР 021/2011 бойынша, ал токсикалық элементтер (Pb, Cd, As, Hg) атомдық-абсорбциялық спектроскопия (ГОСТ 33824-2-16) әдісімен талданды. Өнім тұрақтылығы 6 ай бойы 4 °C температурада сақтау арқылы зерттелді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Зерттеу нысаны ретінде әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің агробиологиялық станциясында өсірілген *Stevia rebaudiana* Bertoni өсімдігінің жапырақтары қолданылды. Биомассаны дайындау технологиялық регламентке сәйкес келесі кезеңдерді қамтыды: табиғи жағдайда (көлеңкеде) 25-28 °C температурада кептіру және ылғалдылығы 10-12% деңгейіне жеткенше сақтау. Экстракция тиімділігін арттыру және диффузиялық процестерді жеделдету мақсатында жапырақтар зертханалық диірменде (IKA A 11 Basic Analytical Mill, Германия) 3-5 мм өлшемге дейін ұнтақталды. Бұл өлшем шикізаттың меншікті беттік ауданын оңтайландырып, еріткіштің жасушаішілік құрылымдарға енуін жеңілдетеді.

Стевия құрамындағы дитерпенді гликозидтер мен полифенолды қосылыстардың максималды шығымын қамтамасыз ету үшін экстрагенттердің әсері салыстырмалы түрде зерттелді. Тәжірибелер статикалық (16-18 сағат) және динамикалық (1,5-2 сағат) жағдайларда жүргізілді. Экстрагент ретінде дистильденген су және этанолдың судағы ерітінділері (40% және 80%) қолданылды. Спирттік ерітінділермен шикізатты өңдеу жеке және сатылы түрде жүргізілді.

Зерттеу нәтижесінде, сатылы экстракциялау әдісі (бірінші кезеңде 40% этанол, екінші кезеңде 80% этанол) ең жоғары тиімділікті көрсетті. Атап айтқанда, этанолдың сулы ерітінділерін (40% және 80%) сатылы түрде қолдану экстрактивті заттардың шығымын дистильденген сумен салыстырғанда ондаған есе арттыруға мүмкіндік берді (1-кесте).

Стевия сығындыларын алу тиімділігін талдау барысында еріткіштің табиғаты биологиялық белсенді заттардың шығымына айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Дистильденген сумен салыстырғанда, 40% және 80% этанолды қолдана отырып жүргізілген сатылы экстракция әдісі экстрактивті заттардың максималды концен-

трациясын қамтамасыз етті. Бұл этанолдың гликозидтер мен полифенолды қосылыстарды жасуша құрылымынан бөліп алудағы жоғары диффузиялық қабілетімен байланысты. Сатылы экстракциялау әдісінің жоғары тиімділігі қолданылған еріткіштердің полярлық қасиеттерінің өзгеруімен түсіндіріледі. Бірінші кезеңде қолданылған 40% этанол жасуша қабырғасының гидратациясын қамтамасыз етіп, суда жақсы еритін қосылыстардың (полифенолдар, органикалық

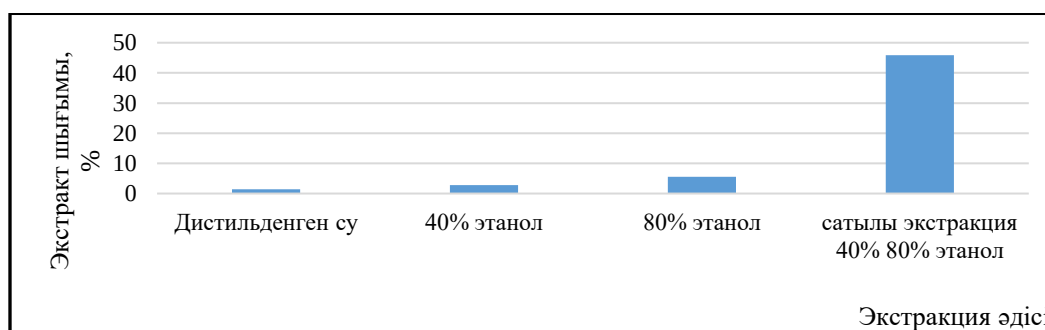
қышқылдар, кейбір гликозидтер) бөлінуін жеңілдетеді. Екінші кезеңдегі 80% этанол ерітіндісі салыстырмалы түрде полярлығы төмен дитерпенді гликозидтерді (стевиозид, ребаудиозид А және басқа туындылар) тиімді экстракциялауға мүмкіндік береді. Осылайша, еріткіш концентрациясының сатылы өзгеруі шикізат құрамындағы әртүрлі химиялық табиғаты бар биологиялық белсенді заттардың толық шығуына жағдай жасайды.

Кесте 1. Стевия экстракттарының шығымы

| Көрсеткіштер                                                                                               | Варианттар                |                           |                         |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                                                                                            | Су                        | 40% этанол                | 80% этанол              | 40 / 80% этанол         |
| Стевияның құрғақ ұнтағы, г                                                                                 | 20/10                     | 20/10                     | 20/10                   | 20/10                   |
| Экстрагент көлемі, мл                                                                                      | 300                       | 300                       | 300                     | 300                     |
| **Алынған экстракт массасы, г                                                                              | 0,278±0,005 / 0,139±0,002 | 0,556±0,009 / 0,278±0,004 | 1,112±0,03 / 0,557±0,01 | 9,0505±0,25 / 4,289±0,1 |
| Экстракт шығымы, %                                                                                         | 1,39                      | 2,78                      | 5,56 / 5,57             | 45,25 / 42,86           |
| Ескерту ** көрсетілген мәндер сәйкесінше 20 г және 10 г шикізаттан алынған экстракт массалары көрсетілген. |                           |                           |                         |                         |

1-ші кестеде көрсетілгендей, экстрагент түрі мен экстракция әдісі биологиялық белсенді заттардың шығымына айтарлықтай әсер етеді. Деректерді графикалық талдау (1-сурет) сатылы экстракцияның (45,25%) басқа әдістерден 8-32

есе тиімді екенін айқын көрсетеді. Бұл спирт концентрациясының кезең-кезеңімен өзгеруіне байланысты заттардың максималды диффузиясымен түсіндіріледі.

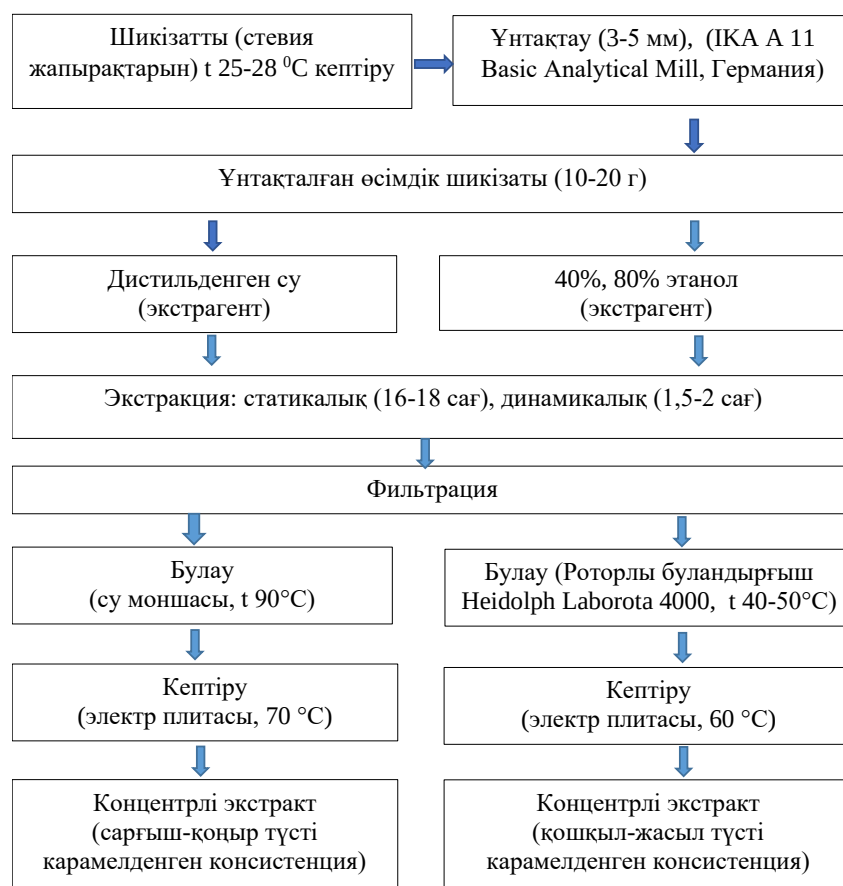


Сурет 1. Экстрагент түріне байланысты стевия экстракттары шығымының динамикасы

Зерттеу нәтижесінде сатылы экстракциялау әдісі (бірінші кезеңде 40% этанол, екінші кезеңде 80% этанол) ең жоғары тиімділікті көрсетті. 1-суретте көрініп тұрғандай, этанолдың сулы ерітінділерін сатылы түрде қолдану экстрактивті заттардың шығымын дистильденген сумен салыстырғанда ондаған есе арттыруға мүмкіндік берді. Бұл құбылыс стевия құрамындағы дитерпенді гликозидтер мен флавоноидтардың полярлығына және олардың сулы-

этанолды ортада ерігіштік коэффициентінің жоғары болуымен түсіндіріледі

Сулы сығындылар 70-90 °C температурада буландырылса, этанолды сығындылардың термиялық деградациясын болдырмау үшін роторлы буландырғышта 40-50 °C деңгейінде концентрленді. Нәтижесінде қошқыл-жасыл және сарғыш-қоңыр түсті, карамель тәрізді консистенциялы, стевияға тән айқын тәтті дәмі бар табиғи концентраттар алынды (1-ші сурет).



Сурет 1. Стевия экстракттарын алудың оңтайландырылған технологиялық сызба-нұсқасы

Зерттеу жұмысының келесі кезеңінде стевия сығындысымен байытылған функционалды сусындардың рецептураларын модельдеу көзделді. Функционалды сусындардың рецептурасын әзірлеу барысында органолептикалық көрсеткіштердің сақталуына, өнімнің функционалдық бағыттылығына және құрам тұрақтылығына басымдық берілді. Бақылау нысандары (эталондар) ретінде отандық нарықтағы стандартты сипаттамаларға ие, қант негізіндегі коммерциялық шай сусындары (құлпынай қосылған қара шай және киви қосылған көк шай үлгілері) таңдалды. Бұл үлгілерді пайдалану стевиямен байытылған жаңа өнімнің бәсекеге қабілеттілігін және тұтынушылық сұранысқа сәйкестігін объективті бағалауға мүмкіндік берді [16].

Рецептураларды модельдеу кезінде сахароза мөлшерін 50%-ға төмендету өнімнің калориялылығын едәуір азайтты [17]. Сенсорлық бағалау нәтижелері көрсеткендей, этанолды концентраттар мен көк шай негізіндегі рецептуралардың үйлесімділігі

жоғары (4,0-4,15 балл). Бұл стевияның спецификалық «шөп» дәмінің этанолды экстракция мен шай құрамындағы таниндердің әсерінен ішінара бүркеленуіне (маскировка) байланысты. Жасыл шай негізіндегі үлгілердің жоғары органолептикалық бағалануы оның құрамындағы катехиндер, таниндер және ұшқыш ароматты қосылыстардың болуымен байланысты. Бұл қосылыстар стевия гликозидтерінің ұзақ сақталатын тәттілік әсерін теңестіріп, өсімдік тектес спецификалық дәмді төмендетеді. Сонымен қатар, жасыл шайдың жеңіл хош иістік профилі стевия концентратымен үйлесімді сенсорлық жүйе қалыптастырады.

Зерттеудің әдістемелік ерекшелігі – барлық үлгілер үшін (бақылау және тәжірибелік) базалық ингредиенттер мөлшерінің тұрақты сақталуында. Бұл стевия экстракттарының сусынның сапасына әсерін нақты айқындауға жағдай жасады. Сусындардың негізгі рецептуралық құрамы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Функционалды сусындардың негізгі құрамы

| № | Ингредиент                       | Мөлшері, г/л | Технологиялық қызметі             |
|---|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1 | Лимон қышқылы                    | 1,4          | Қышқылдандыру, дәмді реттеу       |
| 2 | Аскорбин қышқылы                 | 0,25         | Антиоксиданттық қасиет            |
| 3 | Шай экстракты (қара / көк)       | 0,8          | БЫЗ көзі, хош иіс беру            |
| 4 | Ароматизаторлар (құлпынай, киви) | 0,1          | Органолептикалық профильді түзету |

Тәжірибелік үлгілерді модельдеудегі негізгі айырмашылық – сахароза мөлшерін 50 %-ға (80 г-нан 40 г-ға дейін) азайту және жетіспейтін тәттілік деңгейін стевияның түрлі концентраттарымен толтыру болды. Барлығы 12 түрлі модификацияланған үлгі дайындалды. Өзірленген функционалды сусындардың сапасын кешенді бағалау мақсатында 25 сарапшының қатысуымен 5 балдық шкала бойынша профильдік әдіспен органолептикалық талдау жүргізілді. Сараптама барысында өнімнің тұтынушылық құндылығын айқындайтын келесі көрсеткіштер

ескерілді: сыртқы түрі (мөлдірлігі), иісі (хош иісі), дәмі және соңғы дәмдік әсері (послевкусие).

Талдау нәтижелері көрсеткендей, этанолды (40% және 80%) сығындылар негізіндегі үлгілер ең жоғары балл жинады (4,0-4,15 балл). Стевияның өзіне тән спецификалық шөп дәмін бүркемелеуде көк шай негізіндегі рецептуралар ерекше тиімділік көрсетті. Сонымен қатар, тәжірибелік үлгілердегі сахароза мөлшерінің 50%-ға азаюы өнімнің диеталық бағытын және төмен калориялылығын ғылыми тұрғыдан негіздейді (3-кесте).

Кесте 3. Бақылау және тәжірибелік үлгілердің тәттілендіргіш компоненттері бойынша сипаттамасы

| № | Үлгілер                           | Қант мөлшері, г | Стевия экстракты, г |               |
|---|-----------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|
|   |                                   |                 | шикізат, 20 г       | шикізат, 10 г |
| 1 | Бақылау (қара шай)                | 80              | -                   | -             |
| 2 | Бақылау (көк шай)                 | 80              | -                   | -             |
| 3 | Тәжірибе № 1 (дис.су негізіндегі) | 40              | 0,278±0,005         | 0,139±0,002   |
| 4 | Тәжірибе № 2 (40% этанол)         | 40              | 0,556 ±0,009        | 0,278±0,004   |
| 5 | Тәжірибе № 3 (80% этанол)         | 40              | 1,112± 0,03         | 0,557±0,01    |
| 6 | Тәжірибе № 4 (40/80% этанол)      | 40              | 9,0505±0,25         | 4,289±0,1     |

**Ескерту:** Барлық үлгілерде дистильденген судың жалпы көлемі 1000 мл-ге дейін жеткізілді. Негізгі ингредиенттер (лимон қышқылы, аскорбин қышқылы, шай экстракты және ароматизаторлар) мөлшері 2-кестеге сәйкес тұрақты сақталды.

Кестеде көрсетілгендей, тәжірибелік үлгілердегі сахарозаның үлесі бақылау нұсқаларымен салыстырғанда 50%-ға төмендетілді. Тәттілік деңгейін теңестіру үшін енгізілген стевия экстракттарының мөлшері қолданылған экстрагенттің табиғатына тікелей байланысты болды. Атап айтқанда, этанолдың түрлі концентрациялары (40%, 80% және сатылы 40/80%) негізінде алынған сығындылардың мөлшері сулы экстрактқа қарағанда айтарлықтай жоғары екендігі байқалды. Бұл этанолдың стевия жапырақтарындағы дитерпенді гликозидтер мен басқа да экстрактивті заттарды бөліп алудағы жоғары еріткіштік қабілетін тағы да растайды. Мұндай тәсіл әртүрлі химиялық табиғаты бар стевия концентраттарының сусынның жалпы физика-химиялық жүйесіне әсерін жеке-жеке бағалауға мүмкіндік берді.

Өзірленген функционалды сусындардың

сапалық сипаттамаларын бағалау мақсатында олардың физика-химиялық параметрлеріне кешенді талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, сусындардың физикалық қасиеттері қолданылған стевия экстракттарының концентрациясы мен экстрагенттің табиғатына тікелей байланысты болды (4-ші кесте).

Сусындардың антиоксиданттық әлеуетін зерттеуде тәжірибелік үлгілердің айқын артықшылығы дәлелденді [18]. Аскорбин қышқылының мөлшері коммерциялық үлгілермен салыстырғанда 2,5-3 есе артып, 14,1 мг/100 мл деңгейіне жетті. Бұл көрсеткіш стевия концентраттарының құрамындағы табиғи антиоксиданттардың есебінен өнімнің функционалдық құндылығын арттырады. Сонымен қатар, тәжірибелік үлгілердегі сахароза мөлшерінің азаюы өнімнің диеталық бағытын айқындады.

Кесте 4. Функционалдық сусындардың физикалық және химиялық көрсеткіштері

| №  | Үлгі         | Шай түрі | pH  | Тығыздығы (г/мл) | Электр-өткізгіштігі (мСм/см) | Құрғақ заттарының массалық үлесі, % | Қанттардың массалық үлесі, % |
|----|--------------|----------|-----|------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1  | Бақылау      | қара     | 3,3 | 1,035±0,023      | 0,52±0,009                   | 13,56±0,37                          | 9,3±0,26                     |
| 2  | Бақылау      | көк      | 3,5 | 1,030±0,019      | 0,50±0,008                   | 12,03±0,28                          | 9,0±0,15                     |
| 3  | Су экстракты | қара     | 3,5 | 1,033±0,021      | 0,51±0,007                   | 6,0 ±0,20                           | 1,5±0,026                    |
| 4  |              | көк      | 3,5 | 1,031±0,017      | 0,50±0,006                   | 5,50 ±0,18                          | 1,3±0,02                     |
| 5  | 40 %         | қара     | 3,5 | 1,040±0,029      | 0,55±0,009                   | 7,0± 0,22                           | 3,8±0,041                    |
| 6  | этанол       | көк      | 3,5 | 1,038±0,027      | 0,54±0,007                   | 6,0 ±0,20                           | 3,6±0,039                    |
| 7  | 80 %         | қара     | 3,5 | 1,045±0,025      | 0,57±0,011                   | 7,20 ±0,23                          | 4,1±0,03                     |
| 8  | этанол       | көк      | 3,5 | 1,043±0,02       | 0,56±0,01                    | 6,40 ±0,19                          | 3,9±0,045                    |
| 9  | 40/80 %      | қара     | 3,5 | 1,048±0,026      | 0,60±0,015                   | 7,61±0,25                           | 4,7±0,05                     |
| 10 | этанол       | көк      | 3,5 | 1,046±0,023      | 0,59±0,012                   | 6,52±0,18                           | 4,5±0,03                     |

Зерттеу барысында барлық тәжірибелік үлгілерде рН деңгейі 3,3-3,5 диапазонында тұрақты сақталды (4-кесте), бұл өнімнің микробиологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етумен қатар, функционалдық компоненттердің тұрақтылығына қолайлы жағдай жасайды. рН көрсеткішінің бұл деңгейі сусынның сапасын сақтаудағы шешуші фактор болып табылады. Ғылыми деректерге сәйкес, аскорбин қышқылы ( $pK_{a1} = 4,17$ ) рН 3,0-4,0 диапазонындағы қышқылды ортада ең жоғары төзімділік көрсетеді, өйткені бұл жағдайда оның автототығу жылдамдығы минималды деңгейде болады [21-25]. Ортаның рН көрсеткіші 4,0-ден жоғарылағанда, дәруменнің дегидроаскорбин қышқылына дейін тотығуы бірнеше есе жеделдейді. Сондықтан таңдалған рН 3,5 мәні антиоксиданттардың 6 ай бойы жоғары деңгейде (86,5%) сақталуына мүмкіндік береді.

Сусындардың тығыздығы мен электрөткізгіштігі сығындылардың концентрациясы жоғарылаған сайын артатыны байқалды. Ең жоғары электрөткізгіштік мәні (0,60 мСм/см) 40/80% этанол экстрактісі қосылған үлгіде тіркелді, бұл өсімдік шикізатынан бөлінген гликозидтер мен минералды компоненттер иондарының жоғары мөлшерімен түсіндіріледі.

Зерттеудің маңызды бөлігі сусындардың диеталық қасиеттерін ғылыми негіздеу мақсатында жүргізілген құрғақ заттар мен қанттардың массалық үлесін талдау болды. Тәжірибелік үлгілерде жалпы құрғақ заттардың мөлшері бақылау үлгілерімен салыстырғанда қара шай негізіндегі сусындарда 44%-ға, көк шайда 46%-ға төмендегені

анықталды. Мұндай айтарлықтай төмендеу сахароза мөлшерінің азаюымен және стевия гликозидтерінің молекулалық массасының төмендігімен байланысты болды. Қант мөлшерінің төмендеуі технологиялық тұрғыдан стевиядағы стевизид және ребаудиозид А сияқты дитерпенді гликозидтердің сахарозамен салыстырғанда айтарлықтай жоғары тәттілік қабілетіне (сахарозадан 200–300 есе тәтті) негізделген. Сондықтан сахароза мөлшерін 50%-ға төмендету кезінде сусынның қажетті тәттілік деңгейін сақтау мүмкін болды. Бұл тәсіл өнімнің энергетикалық құндылығын азайтып, оны калориясы төмен функционалды сусын ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Бақылау үлгілеріндегі қанттың массалық үлесі 9,0-9,3% болса, стевия экстракттарымен байытылған нұсқаларда бұл көрсеткіш 1,3-4,7% аралығында ауытқитыны байқалды. Бұл көрсеткіштер әзірленген өнімдердің төмен калориялылығын және метаболизмдік бұзылыстары (семіздік, қант диабеті) бар адамдардың тамақтануына жарамдылығын растайды.

Сусынның функционалдық бағытын айқындайтын негізгі көрсеткіш – антиоксиданттық белсенділік деңгейі аскорбин қышқылының мөлшері бойынша бағаланды (5-ші кесте). Зерттеу нәтижесінде стевия экстракттарын қосу антиоксиданттар концентрациясын айтарлықтай арттыратыны дәлелденді. Ең жоғары көрсеткіш (14,1 мг/100 мл) 40/80% этанол экстрактісі мен көк шай негізіндегі үлгіде тіркелді, бұл бақылау үлгілерімен салыстырғанда шамамен 2,5-3 есе жоғарылайтыны байқалды.

Кесте 5. Аскорбин қышқылының мөлшері (мг/100 мл)

| №  | Үлгі             | Шай түрі | Аскорбин қышқылының мөлшері (мг/100 мл) | pH көрсеткіші |
|----|------------------|----------|-----------------------------------------|---------------|
| 1  | Бақылау          | қара     | 4,5±0,05                                | 3,3           |
| 2  | Бақылау          | көк      | 5,5±0,07                                | 3,5           |
| 3  | Дис.су экстракты | қара     | 7,8±0,09                                | 3,5           |
| 4  |                  | көк      | 8,8±0,23                                | 3,5           |
| 5  | 40 %             | қара     | 10,2±0,27                               | 3,5           |
| 6  | этанол           | көк      | 11,3±0,29                               | 3,5           |
| 7  | 80 %             | қара     | 11,5±0,31                               | 3,5           |
| 8  | этанол           | көк      | 12,7±0,35                               | 3,5           |
| 9  | 40/80 %          | қара     | 13,1±0,37                               | 3,5           |
| 10 | этанол           | көк      | 14,1±0,41                               | 3,5           |

5-кестедегі деректер көрсеткендей, аскорбин қышқылының ең жоғары мөлшері (14,1 мг/100 мл) №10 үлгіде байқалды. Бұл нәтиже ортаның төмен pH көрсеткішімен (3,3-3,5) тікелей байланысты. Сонымен қатар, тәжірибелік үлгілердегі аскорбин қышқылы мөлшерінің жоғары болуы тек қышқыл орта тұрақтылығымен ғана емес, стевия концентраттарының құрамындағы табиғи фенолдық қосылыстардың антиоксиданттық әсерімен де түсіндіріледі. Полифенолдар бос радикалдарды байланыстырып, аскорбин қышқылының тотығу процесін баяулатады. Нәтижесінде витамин С сақтау барысында жоғары тұрақтылық көрсетіп, функционалдық сусындардың антиоксиданттық потенциалын арттырады.

Қауіпсіздік мониторингі барлық әзірленген сусындардың микробиологиялық және токсикологиялық тұрғыдан қауіпсіз екенін, ауыр металдардың мөлшері рұқсат етілген шекті концентрациядан бірнеше есе төмен екенін көрсетті [19]. 6 ай бойы 4 °C температурада сақтау барысында сусындардың pH деңгейі мен органолептикалық сипаттамалары тұрақты сақталды, бұл таңдалған технологиялық шешімдердің тиімді-

лігін айғақтайды.

Функционалдық сусындардың санитарлық-гигиеналық талаптарға сәйкестігін және биологиялық тұрақтылығын бағалау мақсатында кешенді микробиологиялық зерттеулер жүргізілді. Өнімнің қауіпсіздігін сипаттайтын көрсеткіштер ретінде ТС2 санатындағы өнімдерге қойылатын нормативтік талаптар негізге алынды.

Зерттеу барысында өнімнің қауіпсіздік деңгейін айқындайтын келесі индикаторлық топтар талданды:

✓ Жалпы микробтар саны (КМАФАнМ): өнімнің жалпы санитарлық-гигиеналық жағдайының сипаттамасы;

✓ Ішек таяқшалары тобының бактериялары (БГКП): технологиялық циклдің гигиеналық тазалық индикаторы;

✓ Ашытқылар мен зең саңырауқұлақтары: өнімнің микробиологиялық бұзылуға төзімділік өлшемі;

✓ Анаэробты бактериялар (N-АСВ және ТАБ): термиялық өңдеу тиімділігі мен биологиялық тұрақтылықтың негізгі көрсеткіші.

Микробиологиялық талдау нәтижелері 6-шы кестеде келтірілген.

Кесте 6. Сусындардың микробиологиялық көрсеткіштері

| Көрсеткіштер         | Нормативтік құжат (категория ТС2) | Нақты көрсеткіштер |                        |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------|
|                      |                                   | Бақылау            | Тәжірибелік варианттар |
| Жалпы микробтар саны | ≤ 100 КОЕ/10 г                    | өсуі байқалмады    | өсуі байқалмады        |
| Ашытқылар мен зең    | ≤ 5 КОЕ/100 см <sup>3</sup>       | табылған жоқ       | табылған жоқ           |
| БГКП                 | 100 мл-де рұқсат етілмейді        | табылған жоқ       | табылған жоқ           |
| ТАБ                  | 100 мл-де рұқсат етілмейді        | табылған жоқ       | табылған жоқ           |
| N-АСВ                | 100 мл-де рұқсат етілмейді        | табылған жоқ       | табылған жоқ           |

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, барлық функционалдық сусын үлгілерінде патогенді және шартты-патогенді микроорганизмдердің өсуі байқалған жоқ. Бұл деректер әзірленген технологиялық регламенттің (стерилизациялау және қайнату шарттары) тиімділігін және өнімнің тұтыну үшін толықтай қауіпсіз екендігін айғақтайды. Сонымен қатар, ТАБ пен N-ACB көрсеткіштерінің болмауы өнімнің сақтау мерзімі ішіндегі микробиологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететінін айғақтайды.

Функционалды сусындардың сапасы мен қауіпсіздігі тек олардың органолептикалық және

биологиялық қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар құрамында токсикалық элементтердің, әсіресе ауыр металдардың болмауымен айқындалады. Ауыр металдар адам ағзасында жинақталу (биоаккумуляция) қабілетіне ие болып, түрлі созылмалы патологиялардың дамуына себеп болуы мүмкін. Осыған байланысты, әзірленген сусын үлгілеріндегі қорғасын (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As) және сынап (Hg) мөлшеріне деструктивті талдау жүргізілді. Зерттеу барысында жоғары сезімтал аналитикалық әдістер қолданылды (7-кесте).

Кесте 7. Функционалды сусындар құрамындағы ауыр металдарды анықтау

| Токсикалық элементтер | Нақты көрсеткіш, мг/кг | Нормативтік деңгей (ШРК) | Зерттеу әдістемесі (НҚ) |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Қорғасын (Pb) мг/кг   | анықталған жоқ         | 0,3                      | ГОСТ33824-2-16          |
| Кадмий (Cd) мг/кг     | анықталған жоқ         | 0,03                     | ГОСТ33824-2-16          |
| Сынап (Hg) мг/кг      | анықталған жоқ         | 0,005                    | МУ 08/47/168            |
| Мышьяк (As) мг/кг     | анықталған жоқ         | 0,01                     | ГОСТ 30178-96           |

Кестеде көрсетілгендей, барлық зерттелген үлгілерде (бақылау және тәжірибелік) ауыр металдардың концентрациясы қолданылған әдістердің сезімталдық шегінен төмен болды. Бұл нәтижелер өндірісте пайдаланылған өсімдік шикізатының (стевия жапырақтары) экологиялық тазалығын және технологиялық процестің барлық санитарлық-гигиеналық нормаларға толық сәйкестігін дәлелдейді. Осылайша, әзірленген функционалды сусындар химиялық тұрғыдан қауіпсіз өнім ретінде сипатталады, бұл олардың нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін және тұтынушылық сенімін арттырудың негізгі факторы болып табылады.

Зерттеу жұмысының соңғы сатысында функционалды сусындардың сақтау мерзімі мен

сапалық тұрақтылығын негіздеу көзделді. Функционалды сусындардың коммерциялық және тұтынушылық тартымдылығын айқындайтын маңызды көрсеткіш – олардың сақтау мерзімі ішіндегі сапалық параметрлерінің тұрақтылығы болып табылады. Осы мақсатта өнім үлгілеріне 6 ай бойы тоңазытқыш жағдайында (4 °C температурада) мониторинг жүргізілді.

Сенсорлық және физика-химиялық көрсеткіштердің динамикасы бойынша сақтау мерзімі аяқталғаннан кейін (6 айдан соң) жүргізілген органолептикалық талдау нәтижелері сусындардың дәмдік және эстетикалық қасиеттерінің жоғары деңгейде сақталғанын көрсетті (8-кесте).

Кесте 8. Функционалды сусындардың органолептикалық көрсеткіштері (6 ай бойы сақталған)

| №  | Үлгі           | Шай түрі | Дәмі     | Хошиісі  | Түсі     | Консистенциясы | Жалпы баға | Қосымша мәлімет                                  |
|----|----------------|----------|----------|----------|----------|----------------|------------|--------------------------------------------------|
| 1  | Бақылау        | қара     | 4,5±0,11 | 4,4±0,10 | 4,6±0,10 | 4,5±0,09       | 4,5±0,10   | дәмі сәл жұмсарған, бөтен дәм жлқ                |
| 2  | Бақылау        | көк      | 4,4±0,09 | 4,5±0,08 | 4,4±0,09 | 4,4±0,10       | 4,42± 0,09 | жеңіл, сергітетін дәм                            |
| 3  | Дис.су         | қара     | 3,8±0,09 | 4,0±0,1  | 4,1±0,12 | 3,9±0,11       | 3,95±0,10  | хош иісі тұрақты, түсі аздап өзгерген            |
| 4  | Экстрактысы    | көк      | 3,9±0,10 | 4,1±0,09 | 4,2±0,11 | 4,0±0,10       | 4,05±0,09  | хош иісті, тұрақты                               |
| 9  | 40/80 % этанол | қара     | 3,7±0,10 | 3,9±0,08 | 4,0±0,09 | 3,4±0,11       | 3,75±0,10  | дәмі аздап жұмсарған, сұйылту қажет              |
| 10 |                | көк      | 3,8±0,09 | 4,0±0,09 | 4,2±0,10 | 3,5±0,10       | 3,88±0,09  | түсі мен дәмі тұрақты 1:3, 1:5 есе сұйылту қажет |

Барлық үлгілерде рН деңгейінің (3,3-3,5) өзгеріссіз қалуы құрамдас компоненттердің химиялық инерттілігін және гидролиз процестерінің болмауын айғақтайды. Тығыздық көрсеткіштерінің маргиналды ауытқуы (0,001-0,002 г/мл) сусындарда тұнба түзілу немесе булану сияқты деструктивті құбылыстардың жүрмегенін

дәлелдейді. Зерттеу барысында қант мөлшерінің бастапқы мәннен аздап төмендеуі байқалды (9-кесте). Бұл құбылыс ұзақ сақтау кезіндегі минималды биохимиялық трансформациялармен және көмірсулардың сулы гидролизімен түсіндіріледі.

Кесте 9. Сусындардың физикалық және химиялық көрсеткіштері (6 ай сақталған)

| №  | Үлгі        | Шай түрі | рН  | Тығыздығы (г/мл) | Электрөткізгіш-тігі (мСм/см) | Қанттардың массалық үлесі, % |
|----|-------------|----------|-----|------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1  | Бақылау     | қара     | 3,3 | 1,034±0,022      | 0,51±0,008                   | 9,2±0,25                     |
| 2  | Бақылау     | көк      | 3,5 | 1,029±0,017      | 0,49±0,007                   | 8,7±0,16                     |
| 3  | 80 % этанол | қара     | 3,5 | 1,043±0,023      | 0,56±0,010                   | 1,48±0,023                   |
| 4  |             | көк      | 3,5 | 1,041±0,019      | 0,55±0,010                   | 1,29±0,019                   |
| 9  | 40/80 %     | қара     | 3,5 | 1,046±0,025      | 0,59±0,014                   | 4,6±0,045                    |
| 10 | этанол      | көк      | 3,5 | 1,044±0,021      | 0,58±0,011                   | 4,4±0,029                    |

9-кестедегі 6 айлық сақтау мерзіміндегі деректер сусынның жоғары тұрақтылығын көрсетті. рН мәнінің 6 ай бойы өзгеріссіз қалуы (3,5) рецептурадағы стевиа гликозидтері мен лимон қышқылының буферлік әсерімен түсіндіріледі. Дәл осы тұрақтылық сақтау мерзімі соңында да аскорбин қышқылы мен басқа да антиоксиданттардың функционалдық белсенділігін (86,5% сақталу деңгейі) қамтамасыз етті.

Сонымен қатар, функционалдық компоненттер мен биологиялық қауіпсіздіктің тұрақтылығы зерттелді. Сусындардың функционалдық құндылығын айқындайтын аскорбин қышқылының мөлшері сақтау уақытында табиғи деградация салдарынан аздап төмендегенімен, тәжірибелік үлгілерде бақылау нұсқаларына қарағанда жоғары деңгейде сақталды. Ең жоғары тұрақтылық 40/80% этанол сығындысымен байытылған сусындарда байқалды (12,2 мг/100 мл), бұл өнімнің антиоксиданттық потенциалын ұзақ мерзімде сақтауға мүмкіндік береді.

Микробиологиялық талдау нәтижелері 6 айлық мерзім соңында да барлық үлгілердің санитарлық-гигиеналық талаптарға толық сәйкестігін растады. Жалпы микробтар саны белгіленген шектен аспады, ал патогенді микроорганизмдер, ашытқылар мен зең саңырауқұлақтары анықталған жоқ. Қорыта айтқанда, 6 айлық мониторинг нәтижелері әзірленген функционалды сусындардың органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық тұрғыдан тұрақты екендігін дәлелдеп, оларды өндіріске енгізудің ғылыми негіздемесі болып табылады.

### Қорытынды

Жүргізілген кешенді зерттеулердің нәтижелері отандық шикізат – *Stevia rebaudiana* Bertoni өсімдігінің концентраттары негізінде функционалдық бағыттағы сусындарды әзірлеудің ғылыми және практикалық маңыздылығын толықтай дәлелдейді. Зерттеу барысында алынған негізгі ғылыми тұжырымдар келесідей жинақталды:

✓ Экстракция технологиясын оңтайландыру – стевиа жапырақтарынан биологиялық белсенді заттарды бөліп алуда 40% және 80% этанолды қолдана отырып жүргізілген сатылы экстракциялау әдісі ең жоғары тиімділікті көрсетті. Бұл әдіс дистильденген сумен салыстырғанда экстрактивті заттардың шығымын ондаған есе арттыруға мүмкіндік берді.

✓ Рецептураны модельдеу – органолептикалық талдау нәтижесінде сусындар құрамындағы сахароза мөлшерін 50%-ға (80 г/л-ден 40 г/л-ге дейін) азайтудың технологиялық мүмкіндігі негізделді. 25 сарапшының қатысуымен жүргізілген бағалау этанолды сығындылар (4.0-4.15 балл) мен көк шай негізіндегі рецептуралардың дәмдік үйлесімділігі жоғары екенін растады.

✓ Функционалдық және диеталық құндылық – тәжірибелік үлгілерде қант мөлшерінің 1,3-4,7% аралығына дейін төмендеуі өнімнің төмен калориялылығын және диеталық бағытын айқындады. Сонымен қатар, аскорбин қышқылының концентрациясы бақылау үлгілерімен салыстырғанда 2,5-3 есе артып, 14,1 мг/100 мл-ге жетті,

бұл өнімнің жоғары антиоксиданттық белсенділігін дәлелдейді.

✓ Қауіпсіздік көрсеткіштері – микробиологиялық талдаулар мен токсикологиялық зерттеулер (ауыр металдарды анықтау) барлық үлгілердің ТС2 санатындағы өнімдерге қойылатын нормативтік талаптарға толық сәйкестігін және тұтынушы үшін қауіпсіздігін айғақтады.

✓ Сақтау тұрақтылығы – 6 ай бойы 4 °C температурада жүргізілген мониторинг сусындардың физика-химиялық жүйесі мен органолептикалық профилінің тұрақтылығын көрсетті. Тіпті сақтау мерзімі аяқталғанда да, функционалдық компоненттердің (витамин С) жоғары деңгейде сақталуы тандалған технологияның сенімділігін растайды.

Жалпы алғанда, әзірленген стевиямен байытылған сусындар заманауи нутрициология талаптарына сай келетін, бәсекеге қабілетті функционалдық өнім болып табылады [20].

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы – *Stevia rebaudiana* Bertoni жапырақтарынан алынған табиғи концентраттарды пайдалану арқылы қант мөлшері төмендетілген, антиоксиданттық қасиеті жоғары функционалды сусындар өндіру технологиясының ғылыми негізделуінде. Ұсынылған технология отандық өсімдік шикізатын тиімді пайдалануға, табиғи тәттілендіргіштер негізінде жаңа буындағы диеталық өнімдер ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. Әзірленген рецептуралар тағам өнеркәсібі кәсіпорындарында функционалды сусындар өндірісін ұйымдастыру кезінде қолданылуы мүмкін. Алдағы зерттеулерде стевия концентраттарын алу процесін ультрадыбыстық, ферментативтік және мембраналық технологиялар арқылы интенсификациялау, биологиялық белсенді қосылыстардың нақты құрамын хроматографиялық әдістермен анықтау, сондай-ақ өнімнің сақтау тұрақтылығын өндірістік жағдайда бағалау жоспарланады.

#### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

Зерттеулер ҚР ҰҚМ қаржыландыратын ИРН № AP26199175 «Функционалдық қасиеттері жақсартылған мамандандырылған сусындарды дайындау үшін стевияның селекциялық линияларын зерттеу» ғылыми жобасы аясында жүргізілді. Мүдделер қақтығысы жоқ.

#### **ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТ ТІЗІМІ**

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 10th edn. Brussels, Belgium; 2021. Available from: <https://www.diabetesatlas.org>
2. D. Lovic, A. Piperidou, I. Zografou. The Growing Epidemic of Diabetes Mellitus // *Curr Vasc Pharmacol*. 2020; 18(2): 104-109. DOI: 10.2174/1570161117666190405165911
3. И.И. Дедов, М.В. Шестакова, О.К. Викулова Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра за период 2010-2022 гг. // *Сахарный диабет*. 2023; 26(2): 104-123. DOI: 10.14341/DM13035
4. А.У. Нуртазина, Г.К. Кошпесова Ожирение, сахарный диабет и артериальная гипертензия - глобальные проблемы современного общества // *Наука и Здравоохранение*. 2021; 23(5): 149-160. DOI: 10.34689/SH.2021.23.5.017
5. А.Ш. Сейдинова, И.А. Ишигов, А.Ж. Абылай-улы Эпидемиология сахарного диабета в мире и Республике Казахстан // *Вестник КазНМУ*. 2018; (1): 250-253.
6. Ю.М. Громова, А.А. Бова Сахарный диабет и COVID-19: смертельный альянс двух пандемий // *Военная медицина*. 2021; (2): 102-110. DOI: 10.51922/2074-5044.2021.2.102
7. S. Asrandina, Z. Chundetova, S. Atabayeva Study of morphogenetic and physiological responses of *Stevia rebaudiana* to colchicine treatment in an in vitro micropropagation system and ex vitro adaptation // *Engineered Science*. 2025; Vol. 37. Article 1814.
8. J. Ahmad Antidiabetic potential of *Stevia rebaudiana* extracts: Modulation of glucose uptake and insulin signaling pathways // *Journal of Ethnopharmacology*. 2022; 285: 114862. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114862
9. D. Granato Functional beverages: A review on technological, sensory, and health-related aspects // *Trends in Food Science & Technology*. 2020; 102: 252-264. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.05.019
10. D.J. McClements Next-generation functional beverages: Bioactive compounds, sustainability, and AI-driven formulation // *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 116: 1-14. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.002
11. Евразийская экономическая комиссия. Технический регламент ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности специализированной пищевой продукции». 2021. Available from: <http://www.eurasiancommission.org>
12. S. Ceunen, J.M.C. Geuns. Chemistry and analysis of steviol glycosides: Recent advances and future trends // *Molecules*. 2021; 26(11): 3215. DOI: 10.3390/molecules26113215

13. J.C. Ruiz-Ruiz Stevia rebaudiana Berton: Antioxidant capacity and biological activity // *Antioxidants*. 2020; 9(2): 153. DOI: 10.3390/antiox9020153

14. R. Lemus-Mondaca Stevia rebaudiana Berton and its effects in chronic diseases: A review // *Phytotherapy Research*. 2019; 33(10): 2562-2577. DOI: 10.1002/ptr.6393

15. M. Carakostas, L. Curry, A. Boileau, D. Bruck Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A // *Food and Chemical Toxicology*. 2008; 46: S1-S10. DOI: 10.1016/j.fct.2008.05.003

16. I. Prakash Stevia rebaudiana as a natural sugar replacer in bakery products: Technological and sensory challenges // *Food Chemistry*. 2021; 362: 130162. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130162

17. В.А. Тутельян Функциональные напитки в питании современного человека // *Вопросы питания*. 2020; 89(5): 56-63. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10060

18. M. Plaza Nanoencapsulation of functional ingredients for enhanced bioavailability and stability // *Foods*. 2021; 10(5): 1024. DOI: 10.3390/foods10051024

19. H. Chen Personalized nutrition: AI-driven approaches for functional food development // *Nature Food*. 2022; 3(7): 485-493. DOI: 10.1038/s43016-022-00547-y

20. N. Martins Sustainable sourcing of functional ingredients from agro-industrial waste // *Trends in Biotechnology*. 2023; 41(1): 45-58. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.06.006

21. A. Asiye, S.M. Tuba, A. Erdal. Kinetic Study for Ascorbic Acid Degradation, Hydroxymethylfurfural and Furfural Formations in Orange Juice // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2021. – Vol. 102. – P. 103996. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103996

22. T. Lukas, P. Michele, M. Karen, T. Stephan, S. Dominik, C. Bruno, T. Florian. W. Bernd, S. Petr Liquid-jet photoemission spectroscopy as a structural tool: site-specific acid-base chemistry of vitamin C // *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2024, 26, 19673-19684. DOI: 10.1039/D4CP01521E

23. H.P. Diego, J.S. Francisco, G. Alberto, S.F. Pablo, G.V. Cristina. Kinetic modelling of anthocyanins and vitamin C degradation in a maqui-citrus beverage during storage for different sweeteners and pasteurization treatments *LWT Food Science and Technology*. Volume 199, 1 May 2024, 116082 DOI:10.1016/j.lwt. 2024. 116082

24. D. Njus, P.M. Kelley, Y.J. Tu, H.B. Schlegel Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties // *Free Radical Biology and Medicine*. – 2020. – Vol. 159. – P.37-43. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed. 2020.07.013

25. M.L. Saftic, N. Birkic, V. Miletic, R. Antolovic, D. Stanfel, K. Wittine. Antioxidant Activity, Stability in Aqueous Medium and Molecular Docking/

Dynamics Study of 6-Amino- and N-Methyl-6-amino-L-ascorbic Acid // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24, No. 2. – 1410. DOI: 10.3390/ijms 24021410

## REFERENCES

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 10th edn. Brussels, Belgium, 2021. Available from: <https://www.diabetesatlas.org>

2. D. Lovic, A. Piperidou, I. Zografou. The growing epidemic of diabetes mellitus. *Current Vascular Pharmacology*, vol. 18, no. 2, pp. 104–109, 2020. DOI: 10.2174/1570161117666190405165911.

3. I.I. Dedov, M.V. Shestakova, O.K. Vikulova Sakharnyi diabet v Rossiiskoi Federatsii: dinamika epidemiologicheskikh pokazatelei po dannym Federal'nogo registra za period 2010–2022 gg. [Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register for 2010–2022]. *Sakharnyi diabet*, vol. 26, no. 2, pp. 104–123, 2023. DOI: 10.14341/DM13035. (In Russian)

4. A.U. Nurtazina, G.K. Koshpesova. Ozhirenie, sakharnyi diabet i arterial'naya gipertenziya – global'nye problemy sovremennogo obshchestva. [Obesity, diabetes mellitus and arterial hypertension as global problems of modern society]. *Nauka i Zdravookhranenie*, vol. 23, no. 5, pp. 149–160, 2021. DOI: 10.34689/SH.2021.23.5.017. (In Russian)

5. A.Sh. Seidinova, I.A. Ishigov, A.Zh. Abilaiuly. Epidemiologiya sakharnogo diabeta v mire i Respublike Kazakhstan. [Epidemiology of diabetes mellitus in the world and the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik KazNMU*, no. 1, pp. 250–253, 2018. (In Russian)

6. Yu.M. Gromova, A.A. Bova. Sakharnyi diabet i COVID-19: smertel'nyi al'yans dvukh pandemii. [Diabetes mellitus and COVID-19: the deadly alliance of two pandemics]. *Voennaya meditsina*, no. 2, pp. 102–110, 2021. DOI: 10.51922/2074-5044.2021.2.102. (In Russian)

7. S. Asrandina, Z. Chumetova, S. Atabayeva. Study of morphogenetic and physiological responses of Stevia rebaudiana to colchicine treatment in an in vitro micropropagation system and ex vitro adaptation. *Engineered Science*, vol. 37, article 1814, 2025.

8. J. Ahmad. Antidiabetic potential of Stevia rebaudiana extracts: Modulation of glucose uptake and insulin signaling pathways. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 285, article 114862, 2022. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114862.

9. D. Granato. Functional beverages: A review on technological, sensory, and health-related aspects. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 102, pp. 252–264, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.05.019.

10. D.J. McClements. Next-generation functional beverages: Bioactive compounds, sustainability, and AI-driven formulation. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 116, pp. 1–14, 2021. DOI: 10.1016/

j.tifs.2021.07.002.

11. Evraziiskaya ekonomicheskaya komissiya. Tekhnicheskii reglament TR EAES 044/2017 «O bezopasnosti spetsializirovannoi pishchevoi produktsii». [Technical Regulation TR EAEU 044/2017 “On the Safety of Specialized Food Products”]. 2021. Available from: <http://www.eurasiancommission.org>. (In Russian)

12. S. Ceunen, J.M.C. Geuns. Chemistry and analysis of steviol glycosides: Recent advances and future trends // *Molecules*. 2021; 26(11): 3215. DOI: 10.3390/molecules26113215

13. J.C.Ruiz-Ruiz. Stevia rebaudiana Bertoni: Antioxidant capacity and biological activity // *Antioxidants*. 2020; 9(2): 153. DOI: 10.3390/antiox9020153

14. R. Lemus-Mondaca Stevia rebaudiana Bertoni and its effects in chronic diseases: A review // *Phytotherapy Research*. 2019; 33(10): 2562-2577. DOI: 10.1002/ptr.6393

15. M. Carakostas, L. Curry, A. Boileau, D. Bruck. Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A // *Food and Chemical Toxicology*. 2008; 46: S1-S10. DOI: 10.1016/j.fct.2008.05.003

16. I. Prakash Stevia rebaudiana as a natural sugar replacer in bakery products: Technological and sensory challenges // *Food Chemistry*. 2021; 362: 130162. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130162.

17. V.A. Tutel'yan Funktsional'nye napitki v pitanii sovremennogo cheloveka. [Functional beverages in modern human nutrition]. *Voprosy pitaniya*, vol. 89, no. 5, pp. 56–63, 2020. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10060. (In Russian)

18. M. Plaza Nanoencapsulation of functional ingredients for enhanced bioavailability and stability // *Foods*. 2021; 10(5): 1024. DOI: 10.3390/foods10051024

19. H. Chen Personalized nutrition: AI-driven approaches for functional food development // *Nature Food*.

2022; 3(7): 485-493. DOI: 10.1038/s43016-022-00547-y

20. N. Martins. Sustainable sourcing of functional ingredients from agro-industrial waste // *Trends in Biotechnology*. 2023; 41(1): 45-58. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.06.006

21. A. Asiye, S.M. Tuba, A. Erdal. Kinetic Study for Ascorbic Acid Degradation, Hydroxymethylfurfural and Furfural Formations in Orange Juice // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2021. – Vol. 102. – P. 103996. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103996

22. T. Lukas, P. Michele, M. Karen, T. Stephan, S. Dominik, C. Bruno, T. Florian. W. Bernd. S. Petr. Liquid-jet photoemission spectroscopy as a structural tool: site-specific acid–base chemistry of vitamin C // *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2024, 26, 19673-19684. DOI: 10.1039/D4CP01521E

23. H.P. Diego, J.S. Francisco, G. Alberto, S.F. Pablo, G.V. Cristina. Kinetic modelling of anthocyanins and vitamin C degradation in a maqui-citrus beverage during storage for different sweeteners and pasteurization treatments *LWT Food Science and Technology*. Volume 199, 1 May 2024, 116082 DOI:10.1016/j.lwt.2024.116082

24. D. Njus, P.M. Kelley, Y.J. Tu, H.B. Schlegel Ascorbic acid: The chemistry underlying its antioxidant properties // *Free Radical Biology and Medicine*. – 2020. – Vol. 159. – P.37-43. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.07.013

25. M.L. Saftic, N. Birkic, V. Miletic, R. Antolovic, D. Stanfel, K. Wittine. Antioxidant Activity, Stability in Aqueous Medium and Molecular Docking/Dynamics Study of 6-Amino- and N-Methyl-6-amino-L-ascorbic Acid // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2023. – Vol. 24, No. 2. – 1410. DOI: 10.3390/ijms24021410