

УДК 613.3:664.85:634.31(083.1):57.013

DOI: 10.15673/swonaft.v88i2.3042

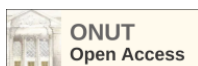
РОЗРОБЛЕННЯ НАПОЮ НА ОСНОВІ ЕКСТРАКТУ ЗЕЛЕНОГО ЧАЮ, ОБГРУНТУВАННЯ ПЛАНУ НАССР ЙОГО ВИРОБНИЦТВА ТА КРИТЕРІЇВ ЕКСПЕРТИЗИ

Капустян А.І. д.т.н., професор, Гураль Л.С., к.т.н., доцент, Доценко Н.В., к.т.н., доцент,
Ланженко Л.О., к.т.н., доцент, Лисюк В.М., к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет

Copyright © 2024 by author and the journal «Scientific Works»

This work is licensed under Vthe Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Анотація. Напої на основі екстрактів зеленого чаю давно завоювали стабільний попит у споживачів через свої привабливі сенсорні характеристики та тонізуючу дію. У роботі обґрунтовано режими технологічних процесів та критеріїв експертизи виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю з вмістом вітаміну С. Для досліджень використовували п'ять зразків зеленого чаю. При виборі найбільш ефективних режимів екстрагування фенольних речовин із чайного листа варіювали ступінь його подрібнення, гідромодуль, температуру та тривалість процесу. Встановлено, що максимальна кількість фенольних речовин (12,6% від тва) накопичується в екстрактах елітного чаю «Атласні хмари» ТМ Османтус (розмір частинок 0,5–1,0 мм, гідромодуль 1:200, температура 90°C, тривалість процесу 20 хв). Використання ультразвуку та обробки хвилями НВЧ значно інтенсифікує процес екстрагування. Характер екстрагування поліфенольних речовин з подрібненого листа зеленого чаю при використанні хвиль НВЧ та ультразвукової обробки є подібним, але ефективність процесу є вищою саме при використанні НВЧ-обробки. Вміст поліфенольних речовин в екстракті, отриманому з використанням НВЧ на 48,8% більший, ніж в екстракті, який отримували без залучення фізичних факторів впливу та на 20% вищий, ніж в екстракті, який отримували з використанням ультразвуку. Перспективною і технологічною есенціальною сполукою для збагачення напоїв на основі зеленого чаю є аскорбінова кислота, але разом з тим, вона є досить не стійкою до дії зовнішніх факторів. У роботі вивчали стабільність аскорбінової кислоти в присутності фенольних речовин екстрактів зеленого чаю. Досліджено поведінку вітаміну С у нативному стані та у складі екстракту із зеленого чаю, а саме в присутності галової кислоти, по відношенню до температурної обробки та при автоокисненні. Доведено, що вітамін С у присутності галової кислоти набуває значної стабільності. Обґрунтовано блок-схему процесу виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю та вітаміну С. Для розробленого напою обґрунтовано параметри експертизи та наведено стандартні методи їхнього контролю. Проведено ідентифікацію й аналіз потенційно небезпечних чинників технології, розроблено план НАССР.

Ключові слова: технологія, напій, зелений чай, екстрагування, фенольні речовини, вітамін С, експертиза, план НАССР.

Вступ. Напої є незамінною складовою раціону, від якості та безпечності яких у великій мірі залежить функціонально-фізіологічний стан організму [1-4]. Напої на основі екстрактів зеленого чаю давно завоювали стабільний попит у споживачів через свої привабливі сенсорні характеристики. Викликає питання «натуральності» представлених на ринку напоїв на основі чайних екстрактів та наявності в їхньому складі в належній кількості сполук поліфенольної природи й інших біологічно активних речовин, притаманних чаю, які мають ряд позитивних ефектів на організм людини [5-6]. Актуальним є розроблення режимів екстрагування, за яких в екстракт можливий перехід максимальної кількості біологічно цінних компонентів із чайного листа для розроблення натуральних напоїв.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Країна, яка започаткувала «чайні традиції» – Китай. До середини XVII ст. в Китаї споживали тільки зелений чай (не окиснений) і улун (напівокислений). Вважається, що чорний чай було винайдено, коли почали зброджувати чайне листя, щоб продовжити його термін зберігання. Листя окислювалося й темніло під час ферментації, тому його стали називати чорним (за кольором листа) або червоним (за кольором настою) чаєм [5-6]. Через процес окислення при виробництві чаю рівень кофеїну в листі помітно знижується. Чай має позитивний вплив на здоров'я,

оскільки містить антиоксиданти – поліфеноли й катехіни, й ряд інших цінних компонентів. Регулярне вживання помірної кількості чаю стимулює обмін речовин і підтримує кров'яний тиск в нормі.

Харчова цінність чаю, його смакові, ароматичні та інші властивості зумовлені наявністю у ньому екстрактивних речовин, здатних розчинятись у гарячій воді [5-8].

Дубильні речовини (таніни) – основний компонент чаю. Їх вміст у зеленому чаї становить 12–25%; у чорному чаї 8–18%. Дубильні речовини володіють Р-вітамінною активністю – укріплюють стінки кровоносних судин, попереджають крововиливи, є антиоксидантами та бактерицидними речовинами. Вони надають чайному настою терпкого, приємного смаку і гарного кольору. Вміст дубильних речовин у сухому чаї на 40–50% нижче, ніж у свіжому чайному листі [9-11].

Алкалоїди (кофеїн, теобромін, теофілін) виявляють на організм судинно-розширювальну, тонізувальну дію. Вони є речовинами, найбільш стійкими щодо технологічних операцій під час виготовлення сухого чаю. Із групи алкалоїдів чаю найбільший вплив на організм людини виявляє кофеїн. Він здатний активізувати обмін речовин, підсилювати поглинання кисню тканинами організму, викликає підвищення розумової активності, поліпшує кровопостачання органів. Кофеїн може викликати звикання організму до його споживання, але чайний кофеїн впливає на організм м'яко, оскільки перебуває у зв'язаному стані.

Вуглеводи чаю представлені розчинними цукрами, клітковиною, пектиновими речовинами.

У складі чайного листя присутні також вітаміни: С, К, В₁, В₂, РР, Р. За вмістом вітаміну Р чай не має рівних серед рослин. У зеленому чаї міститься більше вітамінів ніж у чорному, завдяки особливостям технології виготовлення.

Барвні речовини чаю – хлорофіл, каротиноїди, ксантофіли та продукти окислення дубильних речовин теафлавіни і теарубігени надають чайному настою коричневих та золотисто-жовтих відтінків. Низькосортний чай дає настою коричневий колір з бурим відтінком.

Крім перелічених харчових речовин, чай містить також ферменти, органічні кислоти (яблучна, лимонна, бурштинова тощо), мінеральні речовини (фтор, йод, мідь, марганець, золото).

Екстрагування є одним із найдавніших методів отримання біологічно активних речовин із рослинної сировини шляхом вилучення із складної за своєю структурою та властивостями твердої речовини одного або декількох її компонентів за допомогою розчинника. Незалежно від стану речовин, що вилучаються з тканини рослинної сировини, процес екстрагування характеризується, головним чином, внутрішньою молекулярною дифузєю і масообміном на її поверхні [10-12]. Досить часто використовують наступні різновиди твердофазного вилучення цільових компонентів: мацерацію, перколяцію, ремацерацію, дигерування і, так зване, просте одностадійне екстрагування [11].

Швидкість і повнота екстрагування сировини рослинного походження залежить від розміру частинок, температури, тривалості проведення процесу, гідромодуля та інших факторів. При цьому розміри частинок, гідромодуль, механічні властивості сировини, кінетичні коефіцієнти можуть суттєво змінюватися під час процесу [10-12]. На швидкість екстрагування впливає і температура. Підвищення температури прискорює процес, збільшує вихід розчинних речовин, але може призвести до небажаних біохімічних процесів, що негативно вплинуть на якість готового продукту.

Перелік основних фізичних способів, які застосовують для створення ефективних гідродинамічних та технологічних умов твердофазного екстрагування наступний:

- вакуумування сировини з метою прискорення проникнення екстрагенту в глиб сировини, при цьому швидкість процесу екстрагування підвищується на 15–20%;
- обробка середовища ультразвуком, магнітним полем сталого електричного струму, при цьому іони речовин прискорюють власний рух в клітинах сировини і збільшується їх вихід;
- використання ефекту кавітації;
- використання низькочастотних механічних коливань (збільшується активна зовнішня поверхня контакту фаз до 100%);
- пресування (проміжний віджим) сировини підвищує ефективність виходу внутрішньоклітинної речовини на 15–20% [10-12].

При проектуванні продуктів харчування та напоїв доцільним є уведення в рецептури есенціальних сполук, аби збагатити раціон та зробити його більш повноцінним. При складанні рецептур функціональних продуктів слід уникати поєднання компонентів, які здатні гальмувати фізіологічний ефект при взаємній присутності. Перевагу слід надавати інгредієнтам, які можуть виявляти синергізм по відношенню один до одного. Перспективною і технологічною есенціальною сполукою для збагачення напоїв на основі зеленого чаю є аскорбінова кислота, але разом з тим, вона є досить не стійкою до дії зовнішніх факторів [2-3]. Представляє інтерес вивчення стабільності аскорбінової кислоти в присутності фенольних речовин екстрактів зеленого чаю.

Аскорбінова кислота (вітамін С) – потужний антиоксидант. Вітамін С володіє наступними фізіологічними ефектами: сприяє зміцненню імунної системи, знижує запальні процеси, допомагає виводити токсини; за участю вітаміну С протікають окисно-відновні процеси, синтезується білок, у тому числі колаген; антиоксидантна дія проявляється у боротьбі з вільними радикалами та пригніченні утворення ракових клітин; вітамін благотворно впливає на енергетичні процеси, збільшуючи витривалість; зміцнює судини, нормалізує проникність стінок судин, знижує ризик розвитку атеросклерозу; концентрація вітаміну С в організмі впливає на стан нервової системи, стресостійкість [4]. Добова потреба людини у вітаміні С залежить від низки причин: віку, статі, роботи, фізіологічного стану організму (вагітність, годування груддю, наявність захворювання), кліматичних умов, наявності шкідливих звичок. Середня норма фізіологічної потреби у вітаміні С відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України 03.09.2017 №1073 становить 60–100 мг на день.

Метою роботи є обґрунтування режимів технологічних процесів та критеріїв експертизи виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю з вмістом вітаміну С.

Завдання роботи:

- обґрунтувати найбільш ефективні режими отримання екстрактів зеленого чаю як технологічної основи для виробництва функціонального напою та надати порівняльну характеристику екстрактів;
- дослідити поведінку вітаміну С у нативному стані та у складі екстракту із зеленого чаю по відношенню до температурної обробки та при авто окисненні;
- обґрунтувати рецептуру, технологічну схему виробництва та параметри експертизи напою на основі зеленого чаю;
- здійснити аналіз та ідентифікацію потенційно небезпечних чинників технології, визначити критичні контрольні точки та розробити HACCP-план виробничого процесу.

Матеріали та методи досліджень.

У якості сировини для проведення експериментів було обрано наступні види чаю: зразок 1 – зелений класичний чай «Зелений Бай-Хао-Ча» ТМ Османтус, зразок 2 – класичний чай «Дарджилінг Зелений» ТМ Османтус, зразок 3 – чай китайський зелений байховий крупнолистовий «Exclusive gun powder» Чайні шедеври, зразок 4 – зелений елітний чай «Атласні хмари» ТМ Османтус, зразок 5 – улун «Тегуальін Нунсян» ТМ Османтус. Також у роботі використовували аскорбінову кислоту (вітамін С) кваліфікації «ч.д.а.» (ООО «Хімлаборреактив»), галову кислоту кваліфікації «ч.д.а.» 99% (Thermo Fisher Scientific, ООО «Хімлаборреактив»), реактив Фоліна-Чьокальтеу (ООО «Хімлаборреактив»), цукор ТМ «Розумний вибір», лимонну кислоту ТМ «Мрія».

Для забезпечення однорідності чайне листя подрібнювали відповідно до ISO 1572:1980 «Чай. Метод приготування подрібненої проби з відомим вмістом сухої речовини (ISO 1572:1980, IDT)» і зберігали в герметичних контейнерах, що забезпечують захист від сонячного світла.

Визначення масової частки сухих речовин проводили відповідно до ISO 1572:1980 «Tea – Preparation of ground sample of known dry matter content».

Визначення загального вмісту поліфенолів проводили відповідно до ISO 14502-1:2005 «Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea – Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent». Масову частку поліфенолів визначають за формулою:

$$W_T = \frac{(D_{sample} - D_{intercept}) \cdot V_{sample} \cdot d \cdot 100}{S_{std} \cdot m_{sample} \cdot 10000 \cdot W_{DM, sample}}$$

Де D_{sample} – оптична густина розчину;

$D_{intercept}$ – оптична густина, що відповідає точці перетину калібрувальної залежності з осю у;

S_{std} – тангенс кута нахилу;

m_{sample} – маса проби, г;

V_{sample} – об'єм екстракту, см³;

d – коефіцієнт розведення, що використовується до колориметричного аналізу;

$W_{DM, sample}$ – масова частка сухої речовини в пробі.

Визначення концентрації галової кислоти спектрофотометричним способом. Для визначення довжини хвилі, за якої має місце максимальне поглинання розчину галової кислоти, визначали його спектральну характеристику в діапазоні довжини хвиль 200–330 нм (рис. 1).

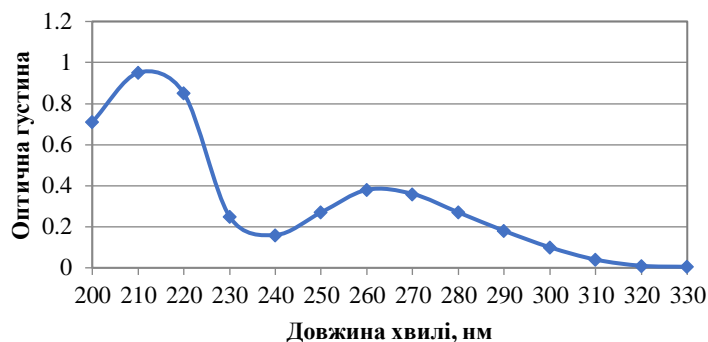


Рис. 1 – Спектральна характеристика галової кислоти

Для побудування калібрувального графіку для визначення концентрації галової кислоти приготували її водний розчин концентрацією 0,01 мг/см³. Використовуючи вихідний розчин приготували зразки з наступними концентраціями: 0,008; 0,006; 0,004; 0,002 мг/см³. Дослідження проводили за допомогою спектрофотометру при довжині хвилі 260 нм. Калібрувальний графік зображено на рис. 2.

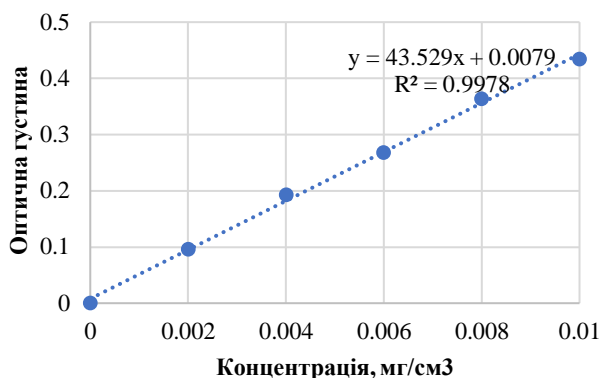


Рис. 2 – Калібрувальний графік для визначення концентрації галової кислоти

Визначення концентрації вітаміну С методом спектрофотометричним способом.

Підготовка проб здійснюється безпосередньо перед аналізом. Для визначення довжини хвилі, за якої має місце максимальне поглинання, визначали спектральну характеристику аскорбінової кислоти в діапазоні довжини хвиль 200–330 нм (рис. 3). Для побудування спектральної характеристики вітаміну С використовували його водний розчин з концентрацією 0,01 мг/см³.

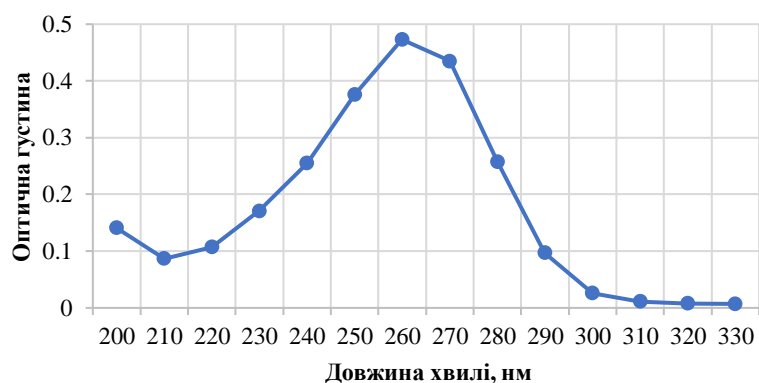


Рис. 3 – Спектральна характеристика вітаміну С

Оскільки максимальне поглинання аскорбінової кислоти має місце за довжини хвилі 260 нм, побудову калібрувального графіку здійснювали саме за цим значенням. Для проведення дослідів приготували водний розчин вітаміну С з концентрацією 0,01 мг/см³. Використовуючи вихідний розчин

приготували зразки з наступними концентраціями: 0,008; 0,006; 0,004; 0,002 мг/см³. Результати представлені на рис. 4.

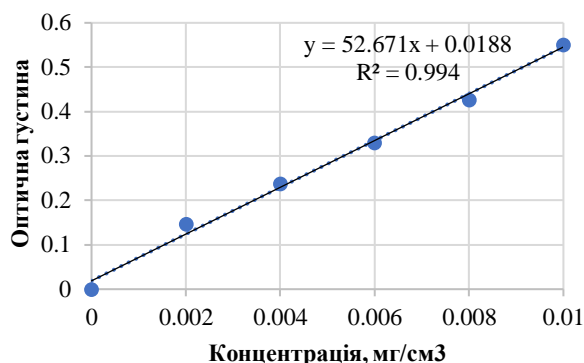


Рис. 4 – Калібрувальний графік для визначення концентрації вітаміну С

Органолептичні показники для чаю холодного. За органолептичними показниками чай холодний негазований має відповідати вимогам ДСТУ 4069:2016 «Напої безалкогольні. Визначення органолептичних показників дослідних зразків напоїв на основі екстрактів зеленого чаю проводили згідно ДСТУ 7099 «Продукція безалкогольної промисловості. Методи визначення органолептичних показників, об'єму продукції та герметичності закупорювання».

Усі досліді проводили у шестикратній повторюваності. Для всіх тестів за рівень статистичної значущості прийнято значення $p \leq 0,05$. Отримані результати дослідження опрацьовані з використанням пакета програми Microsoft Excel.

Результати досліджень.

У дослідженнях використовували 5 зразків чаю зеленого для визначення найбільш придатного у технології напою за такими показниками як органолептичні характеристики та кількість поліфенольних речовин, що переходять до складу екстракту. Максимальна екстрактивність у поєднанні із задовільними органолептичними характеристиками були оптимальними параметрами для вибору певного зразка.

На першому етапі дослідження проводили визначення масової частки сухих речовин у чайному листі (табл. 1), адже цей показник враховується при визначенні вмісту фенольних речовин у складі чайного листя та в екстрактах, а також вказує на правильність зберігання чаю та якість проведення одного з найголовніших технологічних етапів – сушіння чайного листя, та, відповідно, його мікробіологічну стабільність, адже зайва волога може слугувати поживним середовищем для розвитку небажаної мікрофлори. Згідно ДСТУ 7174:2010 вміст сухих речовин чайного листя має складати не менше, ніж 92 %.

Таблиця 1 – Вміст сухих речовин у досліджуваних зразках чайного листя

Номер дослідного зразка	Назва чаю	Кількість масової частки сухих речовин
1	Зелений класичний чай «Дарджилінг Зелений» ТМ Османтус	93,6 %
2	Чай китайський зелений байховий крупнолистовий «Exclusive gun powder» Чайні шедеври	93,0 %
3	Зелений класичний чай «Зелений Бай-Хао-Ча» ТМ Османтус	93,0 %
4	Зелений елітний чай «Атласні хмари» ТМ Османтус	93,0 %
5	Улун «Тегуальнь Нунсян» ТМ Османтус	92,9 %

Відповідно до отриманих результатів, вміст сухих речовин у всіх досліджуваних зразках відповідає нормі. На наступному етапі досліджень визначали вміст одного із головних функціональних інгредієнтів напою на основі екстракту зеленого чаю – поліфенольних речовин. Поліфенольні речовини визначали безпосередньо в зразках чайного листя, а також в екстрактах. Для цього використовували стандартну методику за ISO 14502-1:2005, яку розраховано на визначення поліфенолів у чайному листі, для визначення вмісту поліфенолів у водних екстрактах дану методику було дещо адаптовано.

Загальновідомо, що ефективність екстрагування залежить від ступеня подрібненості твердої фази, температури екстрагенту, гідромодулю та тривалості процесу, тому спочатку регулювали ступінь

подрібнення та тривалість екстрагування. У якості екстрагенту використовували воду. Вивчали наступні зразки: зразок 1 – ціле листя чаю, зразок 2 – листя, подрібнене до розміру 0,5–1,0 мм, зразок 3 – листя, подрібнене до розміру 0,05–0,1 мм. У даному дослідженні контролювали гідромодуль (ГМ) 1:100 та температуру водяної бані 90°C в якій відбувалося екстракція поліфенолів із чаю китайського зеленого байхового крупнолистого «Exclusive gun powder». Результати експерименту представлено в табл. 2

Таблиця 2 – Вміст поліфенолів в екстракті залежно від ступеню подрібнення чайного листа

Тривалість екстракції, хвилин	Вміст поліфенолів в екстракті зеленого чаю, % від max		
	№1	№2	№3
3	7,9	12,2	14,2
5	7,8	12,5	14,7
10	8,1	12,4	14,4
20	8,4	12,8	13,9
30	8,6	12,9	14,8
60	9,1	13,5	15,0

Відповідно до результатів, можна зробити висновки, що при збільшенні ступеню подрібнення збільшується вихід поліфенолів у екстракт. Це обумовлюється тим, що мінімальні розміри частинок сировини забезпечують максимальну питому поверхню дотику матеріалу з розчинником – водою. Однак, відомо, що занадто подрібнена сировина має здатність злежуватись, в результаті чого, через такі маси екстрагент буде погано проходити. Крім того, в екстрагент переходить велика кількість зважених часток, в результаті чого утворюються мутні витяжки, що погано фільтруються. Отже, листя варто подрібнювати до оптимальних розмірів, при цьому у сировині буде зберігатися клітинна структура, будуть переважати дифузійні процеси, екстрагування сповільниться, але отримані екстракти будуть містити менше механічних домішок. Тому в наступних дослідженнях використовувались листя чаю подрібнене до розмірів 0,5 – 1,0 мм.

На наступному етапі досліджували ефективність екстрагування фенольних речовин з подрібненого чайного листа в залежності від температури екстракції. У даному дослідженні контролювали температуру водяної бані в якій відбувалося екстракція поліфенолів із чаю китайського зеленого байхового крупнолистого «Exclusive gun powder». Екстрагування проводилося водою при ГМ 1:100 та ступеню подрібнення 0,5–1,0 мм. Результати експерименту представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – Вміст поліфенолів в екстракті залежно від температури проведення екстракції

Тривалість екстракції, хвилин	Вміст поліфенолів в екстрактах в залежності від температури, % від max		
	65°C	80°C	90°C
10	11,2	11,8	12,3
20	11,8	12,3	12,6
30	12,5	12,2	12,7
60	12,1	12,7	13,5

Отже, при збільшенні температури екстрагування збільшується вихід поліфенолів у екстракт. Але температура заварювання, також, впливає на органолептичні показники чаю. Більшість чаїв проявляє свій смак і аромат при певних параметрах заварювання. Є сорти, які заварюються при високих температурах, а є сорти які при цій же температурі набувають гіркокого, терпкого смаку. Однак збільшення температури вище 95°C сприяє значній деструкції речовин, яким характерна антиоксидантна активність (поліфеноли).

Далі визначали вплив гідромодулю на вміст поліфенолів в екстракті зеленого чаю (табл. 4). Для проведення дослідів використовували чай китайський зелений байховий крупнолистий «Exclusive gun powder» подрібнений до 0,5–1,0 мм. Протягом екстракції підтримували температура 90°C. Отже, відношення води до маси листа не впливає на кількість поліфенолів в екстракті. Звідси впливає, що при виборі раціонального режиму екстрагування важливим фактором є витрати на проведення екстракції.

На наступному етапі визначали кількість поліфенолів в екстракті в залежності від виду чаю. У якості екстрагенту використовували воду. Екстрагування проводили за температури 90°C та при ГМ 1:200. Результати представлені в табл. 5. Найбільша кількість поліфенолів екстрагується із Зразка 4.

Таблиця 4 – Вміст поліфенолів в екстрактах залежно від тривалості та гідромодулю

Тривалість екстракції, хв	Вміст поліфенолів в екстрактах, % від max		
	Гідромодуль		
	1:100	1:200	1:300
10	12,3	12,4	12,4
20	12,6	12,8	13,2
40	12,7	12,9	12,9
60	13,5	13,5	12,6

Таблиця 5 – Вміст поліфенолів в екстракті залежно від виду чаю

Тривалість екстракції, хвилин	Вміст поліфенолів в екстрактах, % від max				
	№1	№2	№3	№4	№5
10	17,8	12,4	17,4	19	9,6
20	18	12,8	18,4	19,3	9,1
40	18,6	12,9	18,2	20,4	7,9
60	16,6	13,5	18,1	19,8	9,3

Відомо, що такі фізичні фактори впливу як ультразвукова та НВЧ-обробка можуть значно інтенсифікувати процес екстрагування. Досліджували накопичення поліфенолів у екстрактах залежно від тривалості процесу та інтенсивності ультразвукової обробки (рис. 5). Також досліджували накопичення поліфенолів у екстракті залежно від тривалості процесу та інтенсивності обробки НВЧ-хвилями (рис. 6). Для проведення дослідів використовували зелений елітний чай «Атласні хмари» (Зразок 4) при гідромодулі 1:200.

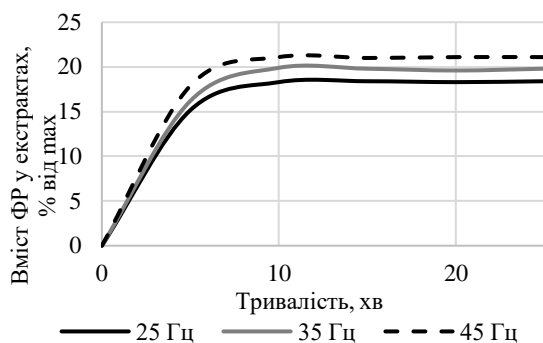


Рисунок 5 – Вміст полі фенолів в екстрактах при ультразвуковій обробці

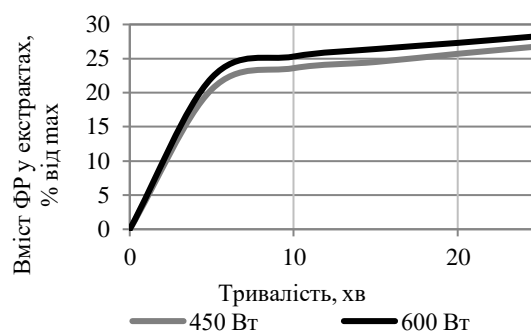


Рисунок 6 – Вміст поліфенолів в екстрактах при обробці НВЧ-хвилями

Результати свідчать, що інтенсивне накопичення поліфенольних речовин в екстрактах відбувається протягом перших п'яти хвилин ультразвукового оброблення за усіх досліджуваних частот, при цьому вміст цільових речовин, порівняно з екстрактом, який отримували без ультразвуку, більший на 36%.

Як видно з даних рисунка 6, величина частоти НВЧ хвиль у досліджуваному діапазоні не впливає суттєво на ефективність екстрагування. Характер екстрагування поліфенольних речовин з подрібненого листа зеленого чаю при використанні хвиль НВЧ та ультразвукової обробки є подібним, але ефективність процесу, тобто накопичення поліфенолів у екстрактах є вищою саме при використанні НВЧ-обробки. Так, вміст полі фенольних речовин в екстракті, отриманому з використанням НВЧ на 48,8% більший, ніж в екстракті, який отримували без залучення фізичних факторів впливу та на 20% вищий, ніж в екстракті, який з отримували з використанням ультразвуку.

На наступному етапі досліджень визначали стабільність нативного вітаміну С та у присутності поліфенольних речовин екстракту зеленого чаю. Згідно поставлених завдань досліджень далі вивчали поведінку вітаміну С при термообробленні та автоокисненні без та в присутності поліфенольних речовин екстракту зеленого чаю. Достатньо достовірним, простим у реалізації та швидким методом визначення вітаміну С в безбарвних розчинах є спектрофотометричний метод.

Оскільки екстракти зеленого чаю мають певне забарвлення, що може впливати на спектри у невидимій області, було вирішено створити модельну систему, у якій екстракт замінили на класичний розчин для порівняння – розчин галової кислоти. Для цього спочатку дослідили, чи подібні їхні спектри в діапазоні довжин хвиль 200–330 нм (рис. 7). Результати досліджень свідчать, що в спектрах розчину

галової кислоти та екстракту зеленого чаю містяться ідентичні піки як по значенню довжин хвиль, так і по їхній інтенсивності, що дало змогу використовувати модельні системи галова кислота-вітамін С для подальших досліджень.

На рис. 8 представлено спектральні характеристики галової кислоти, вітаміну С, екстракту зеленого чаю з вітаміном С (у якості контролю для порівняння слугували окремо вода, вітамін С та галова кислота). Результати цих досліджень дозволяють констатувати, що взаємна присутність даних сполук у розчині не буде заважати визначенню їхньої концентрації.

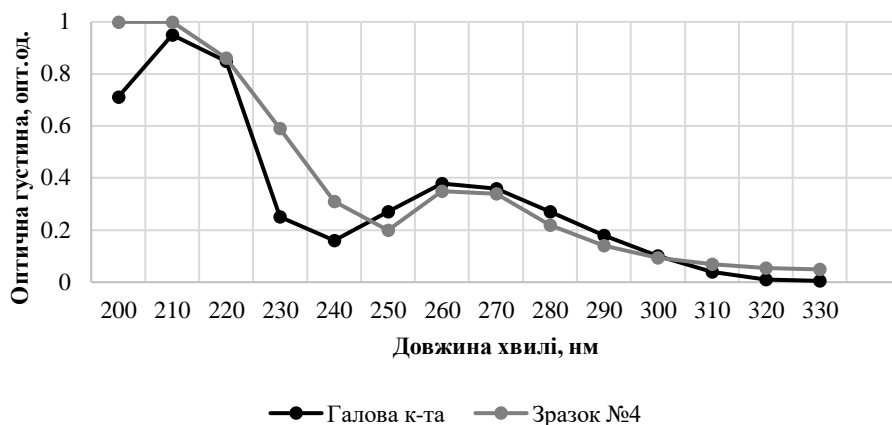


Рис.7 – Порівняльна спектральна характеристика розчину галової кислоти та екстракту зеленого чаю (зразок №4)

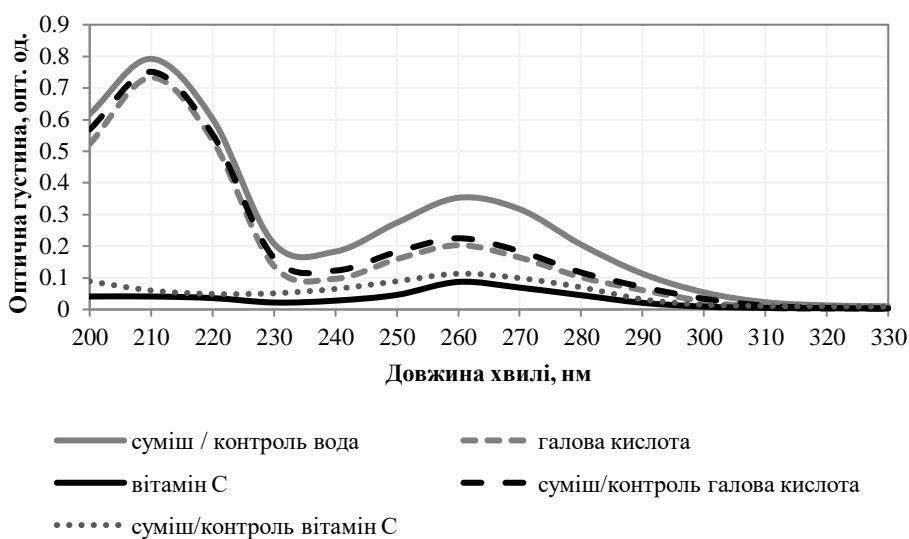


Рис. 8 – Порівняльна спектральна характеристика розчину галової, аскорбінової кислоти та їхньої суміші

Далі досліджували поведінку вітаміну С у нативному стані та у складі екстракту із зеленого чаю, а саме в присутності галової кислоти, по відношенню до температурної обробки та при автоокисненні. Результати досліджень показали, що вітамін С у присутності галової кислоти набуває значної стабільності (рис. 9).

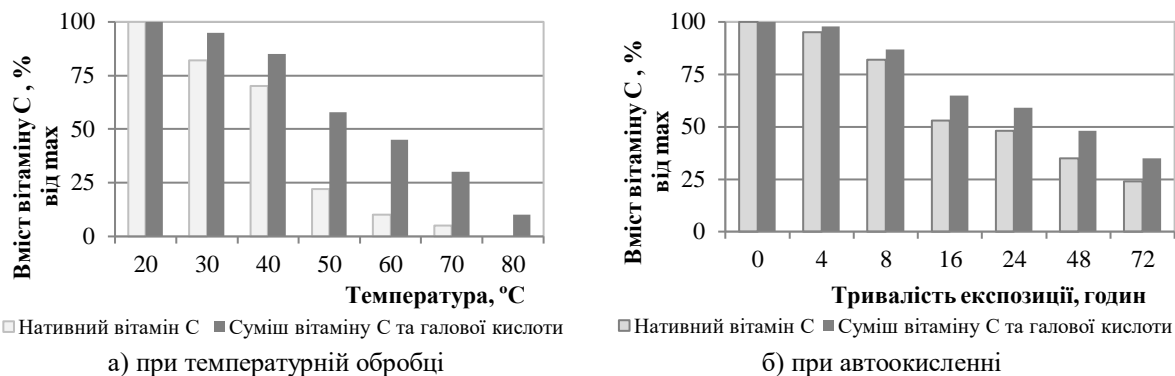


Рис. 9 – Стійкість вітаміну С

Наступним кроком було розроблення рецептури напою на основі екстрактів зеленого чаю та вітаміну С (табл. 6), для цього поєднували інгредієнти в різних пропорціях та проводили органолептичні дослідження, результати яких зображені на профілограмі (рис. 10). Найвищу органолептичну оцінку отримав зразок № 3.

Таблиця 6 – Рецептура напоїв на основі екстрактів зеленого чаю та вітаміну С

Сировина	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4
Екстракт чаю, дм ³	800	500	100	50
Вода, дм ³	200	500	900	950
Вітамін С, г	60	60	60	60
Лимонна кислота, г	250	200	180	100
Цукор, г	15000	12000	9000	8500

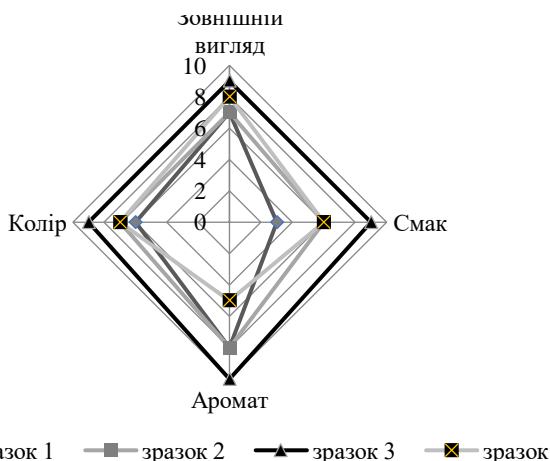


Рис. 10 – Сенсорні характеристики напоїв на основі екстрактів зеленого чаю та вітаміну С

Розроблені режими екстрагування зеленого чаю та рецептури напою на основі отриманих екстрактів дозволили обґрунтувати блок-схему виробничого процесу (рис. 11). Проведено ідентифікацію й аналіз потенційно небезпечних чинників, характерних для технології виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю з додаванням вітаміну С, запропоновано заходи керування їхньою безпечністю з розробленням плану НАССР [13-16] (табл. 7). Встановлено, що на етапі розливу напою у тару суттєвими можуть бути фізичні небезпечні чинники, якими необхідно керувати за допомогою таких заходів управління, як операційна програма-передумова. До критичної точки контролю (КТК) віднесено операцію пастеризації, небезпечний чинник (НЧ) – біологічний. Встановлено критичні межі заходів керування НЧ, процедури моніторингу КТК, коригування та коригувальні дії.

Для розробленого напою обґрунтовано параметри експертизи та наведено стандартні методи контролю даних параметрів (табл. 8).

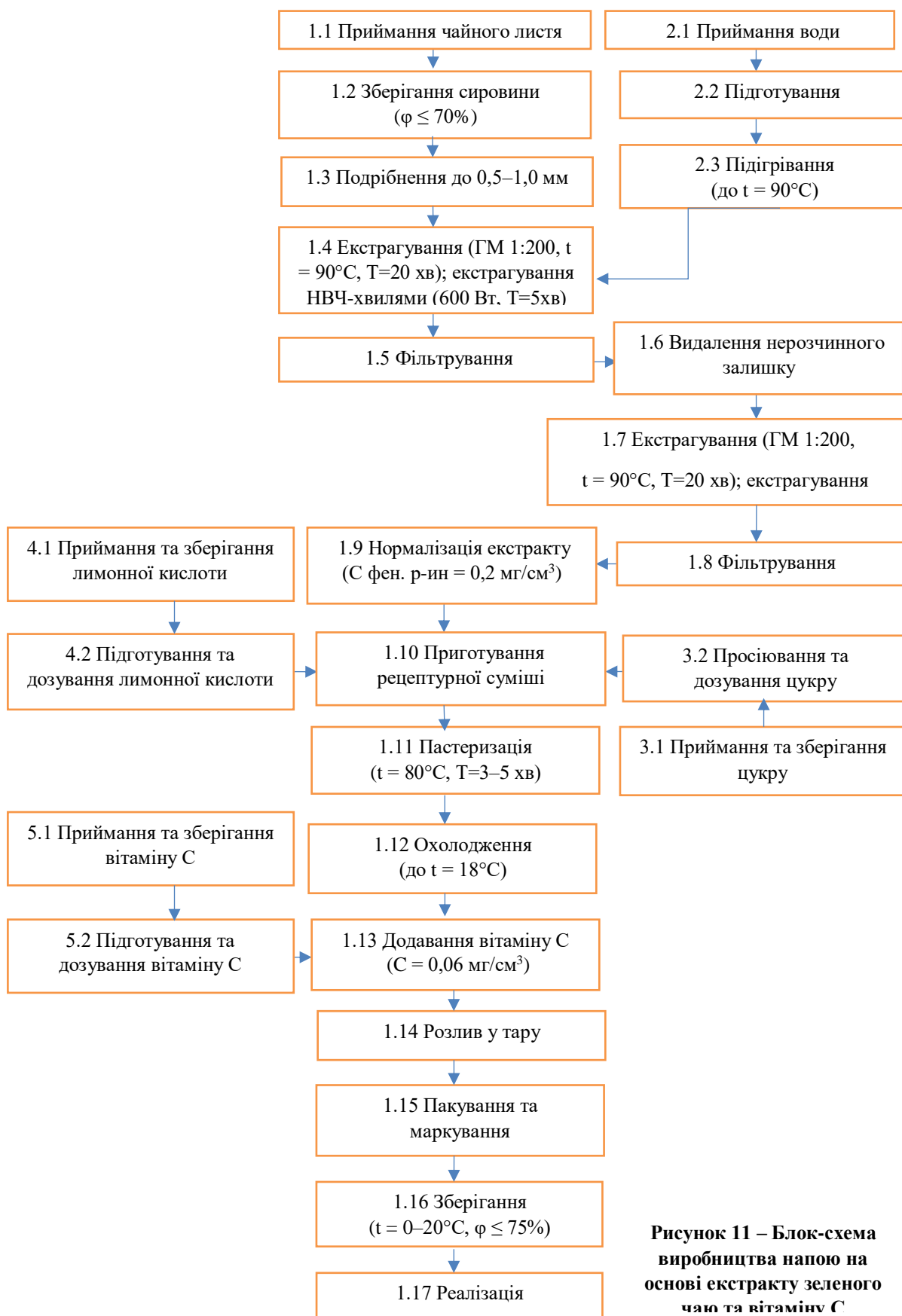


Рисунок 11 – Блок-схема виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю та вітаміну С

Таблиця 7 – НАССР план виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю та вітаміну С

КТК №/стадія процесу	НЧ, якими керують у КТК	Заходи керування	Критична межа	Процедура моніторингу				Протоколи	Коригування та коригувальні дії
				Вимірювання або спостереження	Прилади, що використовують для моніторингу	Частота	Хто виконує моніторинг/ оцінює результати		
КТК№1 1.13 Пастеризація	Б — МАФАНМ, БГКП, дріжджі та плісняви, молочно- кислі бактерії	Дотримання режимів пастеризації Тривалість і температура повинні бути достатніми для усунення небезпек-	Мінімальна температура пастеризації і 80°C, тривалість 3-5 хвилин	Температура та тривалість	Термометр та секундомір	Кожна партія	Оператор/інженер пастеризатора	Журнал з контролю пастеризації. Журнал часу /температури, таблиця реєстрації температур, журнал калібрування	Інженер відбраковує пошкоджений продукт, він повинен пересвідчитися, що причина невідповідності виявлена, і

Таблиця 8 – Параметри експертизи готового напою на основі екстракту зеленого чаю та вітаміну С

Назва показника	Значення показника	Метод контролювання
Масова частка сухих речовин, %	Від 0 до 20,0 включ.	ДСТУ 4855
Об'ємна частка спирту, %, не більше	0,5	ДСТУ 7101
Кислотність, см ³ , 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ напою	Від 1,0 до 15,0	ДСТУ 7102
Масова частка діоксиду вуглецю, %	0	ДСТУ 7138
Масова частка загальних поліфенолів, % від максимальної кількості	Не менше 20,0	ISO 14502:2005
Вміст вітаміну С, мг/см ³	0,006	ДСТУ 7803:2015

Висновки. Обґрунтовано режими технологічних процесів та критеріїв експертизи виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю з вмістом вітаміну С:

– визначено найбільш ефективні режими екстрагування фенольних речовин із чайного листа. Встановлено, що максимальна кількість фенольних речовин (12,6% від max) накопичується в екстрактах зеленого елітного чаю «Атласні хмари» ТМ Османтус (розмір частинок 0,5–1,0 мм, гідромодуль 1:200, температура 90°C, тривалість процесу 20 хв);

– використання ультразвуку та обробки хвилями НВЧ значно інтенсифікує процес екстрагування. Характер екстрагування поліфенольних речовин з подрібненого листа зеленого чаю при використанні хвиль НВЧ та ультразвукової обробки є подібним, але ефективність процесу є вищою саме при використанні НВЧ-обробки. Вміст поліфенольних речовин в екстракті, отриманому з використанням НВЧ на 48,8% більший, ніж в екстракті, який отримували без залучення фізичних факторів впливу та на 20% вищий, ніж в екстракті, який з отримували з використанням ультразвуку;

– досліджено поведінку вітаміну С у нативному стані та у складі екстракту із зеленого чаю, а саме в присутності галової кислоти, по відношенню до температурної обробки та при автоокисненні. Доведено, що вітамін С у присутності галової кислоти набуває значної стабільності;

– обґрунтовано блок-схему процесу виробництва напою на основі екстракту зеленого чаю та вітаміну С. Для розробленого напою обґрунтовано параметри експертизи та наведено стандартні методи їхнього контролю. Проведено ідентифікацію й аналіз потенційно небезпечних чинників технології, розроблено план НАССР.

Список літератури:

1. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення // Проблемы старения и долголетия. 2016. Вип. 25, № 2. С. 204-214.
2. Шемета О.О., Дожук К.М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя // Біль під контролем. 2015. №1 (186). С. 24-27.
3. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Харчування як основна складова системи оздоровлення: точки зору Аюрведи і вітчизняної нутриціології // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2016. Т. 22, № 6. С. 117-125.
4. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія. Частина 1 / За ред. О. І. Черевка, М.І. Пересічного – 4-те вид., переробл. та допов. Х.: Харківський. держ. унів. харчув. і торгівлі. 2017. 940 с.
5. Mak J.C. Potential role of green tea catechins in various disease therapies: Progress and promise // Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 2012. № 39. С. 265–273.
6. Douglas A., Balentine Sheila A., Wiseman & Liesbeth C.M. Bouwens. The chemistry of tea flavonoids // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1997. №37(8). С. 693-704.
7. Sang S., Lee M.J., Hou Z., Ho C.T., Yang C.S. Stability of tea polyphenol (–)-epigallocatechin- 3-gallate and formation of dimers and epimers under common experimental conditions // J Agric Food Chem. 2005. № 53. С. 9478–84.
8. Jian-Min Y, Canlan S, Lesley MB. Tea and cancer prevention: Epidemiological studies // Pharmacological Research. 2011. № 64. С. 123– 135.
9. Xiaohong L. In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein Endothelial Cells / Xiaohong Li et al // Journal of Food and Nutrition Research. 2015. Vol. 3, No. 3. P. 206-212.
10. Зав'ялов В.Л., Лобода П.П., Бодров В.С. Механізм та особливості процесу віброекстрагування рослинної сировини // Наук. праці НУХТ. 2002. № 12. С. 74–77.

11. Бандура В.М., Коляновська Л.М., Ружицька Н.В. Інтенсифікація екстрагування в технології виробництва ріпакової олії // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». 2011. №1 (61). С. 102–105.
12. Бурдо О. Г., Бандура В.М., Буйвол С. М. Кінетика процесу екстрагування в електромагнітному полі // Наукові праці ОНАХТ. 2010. Вип. 38(2). С. 330-333.
13. Лозова Т.М. Управління якістю та безпечністю продукції харчової галузі : підручник / Тетяна Михайлівна Лозова, Іван Васильович Сирохман. Львів: 2018. 398 с.
14. Закон України 771 «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>.
15. Recommended International Code of Practice. General principles of food hygiene. Codex Alimentarius Commission CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Annex: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system and guidelines for its application. FAO/WHO. 1969. URL: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en.
16. Управління безпечністю продуктів харчування: практичний посібник / В.В. Стибель, М.Р. Сімонов. Львів, ТЗОВ Галицька видавнича спілка, 2018. 230 с.

DEVELOPMENT OF A BEVERAGE BASED ON GREEN TEA EXTRACT, SUBSTANTIATION OF THE HACCP PLAN FOR ITS PRODUCTION AND CRITERIA FOR EXPERTISE

**Kapustian A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Gural L., PhD, Associate Professor,
Dotsenko N., PhD, Associate Professor, Lanzhenko L., PhD, Associate Professor,
Lysiuk V., PhD, Associate Professor
Odesa National University of Technology**

Abstract. Beverages based on green tea extracts have long been in stable demand among consumers due to their attractive sensory characteristics and tonic effect. The work substantiates the modes of technological processes and criteria for the expertise of the beverage production based on green tea extract with vitamin C content. Five samples of green tea were used for the study. When selecting effective modes of extraction of phenolic substances from tea leaves, the degree of grinding, hydraulic module, temperature, and duration of the process were varied. It was found that the maximum amount of phenolic substances (12.6% of max) is accumulated in the extracts of green elite tea 'Atlas Clouds' TM *Osmanthus* (particle size 0.5-1.0 mm, water ratio 1:200, temperature 90°C, process duration 20 min). The use of ultrasound and microwave treatment significantly intensifies the extraction process. The nature of extraction of polyphenolic substances from crushed green tea leaves using microwave waves and ultrasonic treatment is similar, but the process efficiency is higher when using microwave treatment. The use of ultrasound and microwave treatment significantly intensifies the extraction process. The nature of extraction of polyphenolic substances from crushed green tea leaves using microwave waves and ultrasonic treatment is similar, but the process efficiency is higher when using microwave treatment. Ascorbic acid is a promising and technologically advanced essential compound for the enrichment of green tea-based beverages, but at the same time, it is quite unstable to external factors. It is of interest to study the stability of ascorbic acid in the presence of phenolic substances of green tea extracts. The behavior of vitamin C in the native state and in the composition of green tea extract, namely in the presence of gallic acid, in relation to temperature treatment and during auto-oxidation was investigated. It was proved that vitamin C in the presence of gallic acid acquires significant stability. A flowchart of the process of producing a beverage based on green tea extract and vitamin C is substantiated. For the developed beverage, the parameters of examination are substantiated and standard methods of their control are presented. Identification and analysis of potentially hazardous factors of the technology are carried out, and a HACCP plan is developed.

Keywords: technology, beverage, green tea, extraction, phenolic substances, vitamin C, expertise, HACCP plan.

References

1. Simakhina, H.O., Naumenko, N.V. (2016). Kharchuvannia yak osnovnyi chynnyk zberezhennia stanu zdorovia naseleennia. *Problemi starenia y dolholetia*, 25, 2, 204-214
2. Shemeta, O.O., Dozhuk, K.M. (2015). Funktsionalne kharchuvannia – novyi pidkhd do zdorovoho sposobu zhyttia. *Bil pid kontrolem*, 1(186), 24-27
3. Simakhina, H.O., Naumenko, N.V. (2016). Kharchuvannia yak osnovna skladova systemy ozdorovlennia: tochky zoru Aiurvedy i vitchyznianoï nutrytsiologii. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnologii*, 22, 6, 117-125.
4. Innovatsiini tekhnologii kharchovoi produktsii funktsionalnoho pryznachennia: monohrafiia. Chastyna 1 (2017). Za red. O. I. Cherevka, M.I. Peresichnoho – 4-te vyd., pererobl. ta dopov. Kh.: Kharkivskiy. derzh. univ. kharchuv. i torhivli. 940 s.
5. Mak, J.C. (2012). Potential role of green tea catechins in various disease therapies: Progress and promise. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, 39, 265-273.
6. Douglas, A. Balentine, Sheila A. Wiseman & Liesbeth, C. M. Bouwens (1997). The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(8), 693-704.
7. Sang, S., Lee, M.J., Hou, Z., Ho, C.T., Yang, C.S. (2005). Stability of tea polyphenol (–)-epigallocatechin- 3-gallate and formation of dimers and epimers un- dercommon experimental conditions. *J Agric Food Chem*, 53, 9478-84.
8. Jian-Min, Y., Canlan, S., Lesley, M.B. (2011). Tea and cancer prevention: Epidemiological studies. *Pharmacological Research*, 64, 123-135.
9. Xiaohong, L. (2015). In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein En- dothelial Cells. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 3, No. 3, 206-212.
10. Zavalov, V.L., Loboda, P.P., Bodrov, V.S. (2002). Mekhanizm ta osoblyvosti protsesu vibroekstrahuvannia roslynnoi syrovyny. *Nauk. pratsi NUKhT*, 12, 74-77.
11. Bandura, V.M., Koliianovska, L.M., Ruzhytska, N.V. (2011). Intensyfikatsiia ekstrahuvannia v tekhnologii vyrobnytstva ripakovoi olii. *Vseukrainskyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnologiiakh»*, 1 (61), 102-105.
12. Burdo, O.H., Bandura, V.M., Buiivol, S.M. (2010). Kinetyka protsesu ekstrahuvannia v elektromahnitnomu poli // *Naukovi pratsi ONAKhT*, 38(2), 330-333.
13. Lozova, T.M. (2018). Upravlinnia yakistiu ta bezpechnistiu produktsii kharchovoi haluzi : pidruchnyk / Tetiana Mykhailivna Lozova, Ivan Vasylovych Syrokhman. Lviv, 398 s.
14. Zakon Ukrainy 771 «Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do bezpechnosti ta yakosti kharchovykh produktiv». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr>
15. Recommended International Code of Practice. General principles of food hygiene. Codex Alimentarius Commission CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Annex: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system and guidelines for its application. FAO/WHO. 1969. URL: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en
16. Stybel, V.V., Simonov, M.R. (2018). Upravlinnia bezpechnistiu produktiv kharchuvannia: praktychnyi posibnyk. Lviv, TzOV Halyska vydavnycha spilka, 230 s.

Отримано в редакцію 08.08.2024
Прийнято до друку 22.08.2024

Received 08.08.2024
Approved 22.08.2024