

*Наведено результати досліджень щодо обґрунтування раціональних параметрів екстрагування біологічно активних речовин із квітів *Tagetes patula*. Оптимізовано рецептурний склад напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula*, ягідного наповнювача «Лісова ягода». Наведено рекомендації щодо розробки технологій неферментованих і ферментованих сироватково-рослинних напоїв оздоровчого призначення*

*Ключові слова: сироватка, *Tagetes*, ягідний наповнювач, екстрагування, біологічна активність, оптимізація, поверхня відкриття*

*Приведены результаты исследований по обоснованию рациональных параметров экстрагирования биологически активных веществ из цветов *Tagetes patula*. Оптимизирован рецептурный состав напитка оздоровительного назначения на основе творожной сыворотки, настойки из цветов *Tagetes patula*, ягодного наполнителя «Лесная ягода». Приведены рекомендации по разработке технологий неферментированных и ферментированных сывороточно-растительных напитков оздоровительного назначения*

*Ключевые слова: сыворотка, *Tagetes*, ягодный наполнитель, экстрагирование, биологическая активность, оптимизация, поверхность отклика*

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ НАПОЮ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ СИРОВАТКИ

Н. А. Ткаченко

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
Кафедра технології молока,
жирів і парфумерно-косметичних засобів*
Email: nataliya.n-2013@yandex.ru

П. О. Некрасов

Доктор технічних наук, професор
Кафедра технології жирів та продуктів бродіння
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002
Email: nekrasov2007@gmail.com

С. І. Вікуль

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра харчової хімії*
Email: vizaj_vik@mail.ru

*Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

1. Вступ

Розвиток молочної промисловості в сучасних умовах нерозривно пов'язаний з впровадженням концепції екологізації – раціонального використання природних ресурсів на принципах мало- і безвідходних технологій [1].

З розвитком промислового виробництва сирів і казеїну виникла проблема використання молочної сироватки. Необхідність вирішення цієї проблеми обумовлена двома аспектами – технологічним та екологічним. Технологічний: до молочної сироватки переходить більше 50 % сухих речовин, що входять до складу незбираного молока. Власники підприємств в умовах ринкової конкуренції та дефіциту молочної сировини вимагають повного залучення у виробництво товарної продукції всіх складових частин молока. Екологічний: молочно сироватка в непереробленому вигляді створює екологічну небезпеку для навколишнього середовища, оскільки її забруднююча здатність перевищує аналогічний показник для побутових стічних вод в 500–1000 разів [1–3].

Проблема раціонального використання молочної сироватки не вирішена повністю в жодній країні. За свідченням Міжнародної молочної федерації, в даний

час до 50 % молочної сироватки зливається в каналізацію [2]. В Україні сьогодні на більшості сиркомбінатів вирішено питання щодо перероблення підсирної сироватки на суху сироватку, тоді як повне перероблення сирної й казеїнової сироваток не організовано на жодному молокопереробному підприємстві.

Останні роки в Україні характеризуються збільшенням обсягів виробництва кисломолочного сиру і зменшенням кількості виробленого казеїну. Тому питання організації промислового перероблення сирної сироватки, в т. ч. на продукти харчування преміям-класу, є досить актуальним. Одним із шляхів вирішення даної проблеми може бути організація на молокопереробних підприємствах цехів з виробництва якісно нової асортиментної лінійки напоїв оздоровчого призначення із заданими лікувальними або профілактичними властивостями. Оптимізація компонентного складу таких напоїв із застосуванням вітчизняної рослинної сировини з врахуванням медико-біологічних вимог щодо хімічного складу продуктів оздоровчого призначення, вимог нормативних документів щодо їх фізико-хімічних, мікробіологічних, і санітарно-гігієнічних показників при забезпеченні високих органолептичних, пробіотичних і антиоксидантних характеристик, є актуальним завданням, яке потребує вирішення.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Спрямована енергетична дія на молоко як складну полідисперсну систему призводить до його розділення на білково-жировий концентрат (сир, кисломолочний сир, казеїн) і фільтрат (молочну сироватку) [1, 2].

Всього, за приблизними розрахунками, виходячи із асортименту твердих сирів, кисломолочного сиру і казеїнів, в світі налічують понад 15 000 видів молочної сироватки. На практиці справу мають звичайно з двома категоріями молочних сироваток – солодкою і кислою [1, 3]. Сироватка, яка є побічним продуктом виробництва твердих, напівтвердих, м'яких сирів і сичужного казеїну, називається солодкою і має рН 5,9–6,6. При виробництві сиру кисломолочного утворюється кисла сироватка з рН 4,6–5,2; при виробництві осадженого неорганічними кислотами казеїну – кисла сироватка з рН 4,3–4,6. Склад і властивості сироватки обумовлені видом основного продукту та особливостями технології його отримання [2].

Найціннішим компонентом сироватки з точки зору біологічної цінності, є білки, які не містять лімітованих амінокислот. Сироваткові білки – цінне джерело аргініну, гістидіну, метіоніну, триптофану та лейцину. В альбуміні вміст триптофану в 4 рази більший, ніж у казеїні. Вміст незамінної сірковмісної амінокислоти – цистину – в глобуліні майже в 7 разів, а в альбуміні – у 19 разів більший, ніж у казеїні [1–3].

У молочної сироватки переходять майже всі макро- і мікроелементи молока, більша частина лактози, а також водорозчинні вітаміни. За набором і абсолютним вмістом вітамінів сироватка – біологічно повноцінний продукт.

З органічних кислот в сироватці виявлено молочну, лимонну, нуклеїнову й легкі жирні кислоти: оцтову, мурашину, пропіонову, масляну. Вміст летких жирних кислот у сирній сироватці більший, ніж у підсирній, що пояснюється частковим гідролізом жиру в процесі утворення сирного згустку [2, 3].

У сироватці виявлено гідролази, фосфорилази, ферменти розщеплення, окисно-відновні ферменти, для інактивації яких потрібне теплове оброблення при температурі понад 60 °С [2]. За дослідженнями авторів, рекомендовано пастеризувати молочну сироватку за температури (72±1) °С з витримкою 15–20 сек. [4]; при цьому зберігаються нативні властивості сироваткових білків, повністю знищується патогенна мікрофлора, на 90–92 % знищуються мезофільні молочнокислі лактококи, а ступінь виживання біфідобактерій (за умови використання в якості сировини біфідовмісної сироватки) складає 57,0–76,2 % в залежності від виду біфідофлори.

Асортимент продуктів, які виробляють з молочної сироватки, включає: продукти з вершків, білкові продукти, напої, продукти біологічного оброблення, молочний цукор, згущені й сухі концентрати, морозиво, сири [1].

Для перероблення сирної сироватки на молокопереробному підприємстві необхідно організувати новий цех для попередження забруднення основного виробництва (цеху з випуску сиру кисломолочного) бактеріофагами. Оскільки сир кисломолочний, в основному, виробляють на миських молочних заводах та комбінатах, доцільно переробляти сирну сироватку на

напої. Перспективною є організація виробництва комбінованих напоїв оздоровчого призначення на основі неосвітленої сироватки (зі збереженням сироваткових білків) з використанням пробіотичних бактерій та вітчизняної сировини рослинного походження як джерела біологічно активних речовин (БАР).

Авторами пропонується до розробки напоїв оздоровчого призначення з антиоксидантними, пробіотичними й гепатопротекторними властивостями на основі сирної сироватки. Для забезпечення високих пробіотичних і гепатопротекторних властивостей продукту рекомендовано використовувати пробіотичні культури лактобацил та/або біфідобактерій [5]. Для підсилення антиоксидантних і гепатопротекторних властивостей продукту в якості джерела БАР було обрано поширені в Україні квіти чорнобривців.

Чорнобривці (латинська назва *Tagetes*) мають протизапальні, антисептичні, антивірусні, гепатопротекторні й тонізуючі властивості, широко застосовуються в медицині й парфумерно-косметичній галузі [6, 7]. Існує 59 видів чорнобривців, у тому числі в Україні 3 види: чорнобривці прямостоячі (*Tagetes erecta*); чорнобривці розлогі (*Tagetes patula*); чорнобривці вузьколисті (*Tagetes tenuifolia*), синонім – чорнобривці позначені (*Tagetes signata*) [6–8].

Фітонцидні властивості чорнобривців забезпечують їх лікувальне й інсектицидне значення. Надземна частина *Tagetes* багата ефірною олією жовтого або бурштинового відтінку з квітковим-пряним і фруктовим ароматом, основним компонентом якої є оцітомен, частка якого – близько 50 %. У олії також присутні сабінен, апінен, лімоноцен, цитраль, мирцен, ліналоол, тимол, терпінен та інші компоненти, що пригнічують ріст і розвиток патогенних мікроорганізмів і грибків [9–11]. БАР, виявлені в складі надземної частини рослини, мають противірусну активність і є згубними для багатьох штамів хвороботворних бактерій і вірусів. Тому чорнобривці, зірвані після Маковея, додають в компоти та чай. Лікувальні напої з використанням *Tagetes* зміцнюють імунітет і допомагають впоратися з респіраторними захворюваннями в період їх масового спалаху [9, 10].

Каротиноїди, зокрема лютеїн, що містяться в квітах чорнобривців, володіють протизапальними властивостями, знижують ризик розвитку захворювання катарактою, сприяють відновленню гостроти зору, особливо у людей з постійним напруженням зору [12, 13]. Для відварів і настоїв потрібно використовувати *Tagetes* оранжевого і жовтого кольорів, оскільки вони містять багато лютеїну.

Настої з квітів чорнобривців допомагають лікувати підшлункову залозу, зокрема цукровий діабет і панкреатит, покращують стан кровоносних судин, мають гепатопротекторний вплив, заспокоюють нервову систему, особливо при депресіях, розгубленості, неврозах, невпевненості, в стресових ситуаціях [10, 11].

З усіх груп природних сполук, ідентифікованих у квітах чорнобривців, особливе місце займають флавоноїди, які опосередковано через ферментні системи регулюють процеси, що визначають, в першу чергу, стан клітинної мембрани, та забезпечують гепатопротекторну, антиоксидантну, протизапальну й ранозагоювальну дію. Широкий спектр дії флавоноїдів пояснюється їх вибірковістю по відношенню

до активних форм кисню (АФК): при гіперпродукції АФК вони проявляють антиоксидантні властивості, а при низькому рівні генерації АФК – прооксидантні. Основними флавоноїдами в квітах *Tagetes patula* є патулетин і патулітрин, також в них ідентифіковані рутин, робінін, дигідрокверцетин, кверцетин, гіперозид, віценін, лютеолін-7-глікозид, апігенін, вітексін (сума флавоноїдів у перерахунку на патулетин – 9,43 % в сухій речовині). Відомо, що патулетин – основний флавоноїд *Tagetes* знижує проникність капілярів, має гіпотензивну і діуретичну дію, проявляє Р-вітамінну активність [8, 14].

Квіти *Tagetes patula* містять лейцин (0,95 %), глутамінову (1,1 %) й аспарагінову (0,83 %) амінокислоти, каротиноїди (0,005 %), токофероли (0,6 %) і кислоту аскорбінову (1,78 %), дві речовини кумаринової природи – дигідрокумарин і умбелліферон, фенолкарбонові кислоти – галову, хлорогенову, кавову, цикорієву, ферулову, коричну. Вміст макро- і мікроелементів у квітах чорнобривців становить 47,0 і 7,28 % (у перерахунку на золу) відповідно. Встановлено вміст у квітках *Tagetes patula* пектинових речовин, які володіють сорбційними властивостями, водорозчинних полісахаридів, геміцелюлози А і геміцелюлози Б: у полісахаридному комплексі на частку водорозчинних полісахаридів приходиться 16,26 %, пектинових речовин – 11,87 %, геміцелюлози А – 0,91 %, геміцелюлози Б – 0,55 % [15, 16].

Незважаючи на корисні властивості чорнобривців, є протипоказання до їх вживання. Не рекомендують використовувати рослину для лікування в перший триместр вагітності, в період лактації, дітям до 3 років, хворим екземою, при індивідуальній непереносимості і категорії людей, схильних до алергії [6–9].

На основі аналізу літературних даних, у виробництві напоїв оздоровчого призначення на основі сирної сироватки з підвищеними антиоксидантними й гепатопротекторними властивостями рекомендовано як фізіологічно функціональний харчовий інгредієнт використовувати настій із квітів *Tagetes patula*.

З метою надання молочним продуктам нових смакових якостей, підвищення їхньої харчової та фізіологічної цінності до них додають фруктово-ягідні (або ягідні) наповнювачі. Фрукти та ягоди – незамінне джерело вітамінів, пектинів, фруктової клітковини й заліза. Застосування фруктово-ягідних (або ягідних) наповнювачів при виробництві молочних виробів дозволяє урізноманітнити їх асортимент [3]. Саме завдяки наповнювачам на ринку України представлений величезний асортимент молочних продуктів з різними смаками.

Для виробника важливою перевагою додавання фруктово-ягідних (або ягідних) наповнювачів є яскравий смак та свіжий аромат кінцевого продукту. Окрім того, наявність наповнювача виключає потребу додавання ароматизаторів, барвників та деяких видів стабілізаторів [3].

Відмінності в технології виготовлення та зберігання, консистенції, властивостях продуктів на основі молочної сировини зумовлюють застосування фруктово-ягідних та ягідних наповнювачів з різними характеристиками: категорія «ФП» – наповнювачі гомогенної консистенції: вміст фруктів або ягід 35 %; категорія «Ф» – наповнювачі з шматочками фруктів

або ягід розміром до 5 мм: вміст фруктів або ягід 35 %; категорія «Е» – наповнювачі з шматочками фруктів або ягід розміром до 10 мм: вміст фруктів або ягід 40 %, 70 %.

Для виробництва напоїв оздоровчого призначення з підвищеними харчовою та фізіологічною цінністю на основі сироватково-рослинних сумішей доцільно використовувати фруктово-ягідні або ягідні наповнювачі категорії «ФП».

3. Мета та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету оптимізувати компонентний склад напою оздоровчого призначення з використанням сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода».

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні задачі:

- дослідити процес екстрагування водою біологічно активних речовин із квітів *Tagetes patula* та обґрунтувати раціональні параметри процесу;
- оптимізувати компонентний склад напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів чорнобривців (НЧ) та ягідного наповнювача «Лісова ягода» (ЯН);
- визначити хімічний склад та показники якості сироватково-рослинної суміші, складеної з сировинних компонентів в оптимальному співвідношенні;
- надати рекомендації щодо наукового обґрунтування технологій неферментованих і ферментованих напоїв з заданими оздоровчими властивостями на основі суміші, складеної з сировинних компонентів в оптимальному співвідношенні.

4. Матеріали та методи оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів чорнобривців та ягідного наповнювача

4. 1. Досліджувані матеріали, використані при проведенні дослідження, та методологія проведення експерименту

Для проведення експериментальних досліджень в якості основної сировини використовували сирну сироватку, отриману при виробництві сиру кислотно-сичужним способом на ТОВ «Гор-молзавод №1» (м. Одеса, Україна) з використанням бакконцентрату *L. lactis ssp.* безпосереднього внесення *FD DVS CH-N 11* («CHR. Hansen», Данія). Як додаткову сировину було використано сухі квіти *Tagetes patula* (виробник – ЗАТ «Ліктрави», Україна) та ягідний наповнювач «Лісова ягода» (виробник – ТОВ «Агрона Фрут Україна»). В якості екстрагенту було використано питну воду згідно вимог ДСанПіН 2.2.4–171–10.

Для виробництва напоїв оздоровчого призначення на основі сирної сироватки можуть бути використані лише водні екстракти, у роботі здійснювали екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* гарячою водою (отримували настій квітів). Для дослідження процесу екстрагування БАР із квітів чорнобривців (ґрунтуючись на рекомендаціях фармакологів) були обрані

такі параметри: температура екстрагування – 95±5 °С, гідромодуль 10. Отримання водного екстракту проводили наступним чином: подрібнені квіти вносили у воду з температурою 95±5 °С у співвідношенні 1:10 і витримували протягом 80 хв. Після 40 хв. екстрагування через кожні 10 хв. відбирали зразки екстрактів, відокремлювали трав'яний жом, фільтрували, рідину-екстракт – настій з квітів чорнобривців (НЧ) охолоджували до температури 20±1 °С і визначали в ньому біологічну активність, вміст флавоноїдів та масову частку сухих речовин, за якою розраховували ступінь екстрагування водорозчинних екстрактивних речовин (ВЕР) із квітів за формулою:

$$CE = \frac{CE_{EK} \cdot GM}{VER_{KЧ}} \cdot 100, \tag{1}$$

де CE – ступінь екстрагування ВЕР із квітів чорнобривців, %; CE_{ЕК} – масова частка сухих речовин у екстракті, %; VER_{КЧ} – масова частка ВЕР у квітах чорнобривців, %; GM – гідромодуль.

Для оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, НЧ та ЯН було використано методологію поверхні відклику. Вказана методологія [17] є сукупністю математичних та статистичних прийомів, спрямованих на моделювання процесів та знаходження комбінацій експериментальних рідів предикторів з метою оптимізації функції відклику, що в загальному виді описується наступним поліномом:

$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j, \tag{2}$$

де $x \in R^n$ – вектор змінних, b – вектор параметрів.

Визначення невідомих значень вектора параметрів b здійснювали шляхом застосування алгоритмів регресійного аналізу та оптимізації (максимізації) функціонала відклику (2):

$$J(x) = \sum_{i=0}^m \|y_i - \hat{y}(x, b)\|^2, \tag{3}$$

де m – кількість експериментальних даних у .

Моделюванню та обробку експериментальних даних виконували за допомогою пакета *Statistica 10 (StatSoft, Inc.)*.

При проведенні експериментальних досліджень рецептурні компоненти (сирну сироватку, НЧ та ЯН) змішували у необхідних кількостях, отримані напої гомогенізували при температурі 60 °С і тиску 10–12 МПа, після чого пастеризували при температурі (72±1) °С з витримкою 15–20 сек., охолоджували до температури (20±1) °С і визначали в них біологічну активність.

У сироватково-рослинній суміші, складеній із сировинних компонентів в оптимальних співвідношеннях, визначали хімічний склад і основні показники якості, за результатами яких робили висновки про можливість виробництва на її основі асортиментного ряду напоїв оздоровчого призначення з використан-

ням пробіотичних заквашувальних культур лактобацил та/або біфідобактерій.

4. 2. Методи експериментальних досліджень, використані при проведенні дослідження

При виконанні досліджень титровану кислотність сироватки та напоїв визначали титрометричним методом за ГОСТ 3624–92, активну кислотність – потенціометричним методом за ГОСТ 26781–85, температуру – за ДСТУ 6066:2008, густину – ареометричним методом за ДСТУ 6082:2008, термостійкість – за алкогольною пробою за ДСТУ 5073:2008; ступінь чистоти – за ДСТУ 6083:2008; масову частку сухих речовин – абиражним методом за ГОСТ 3626–73, масову частку білків – методом Кьельдаля за ДСТУ ISO 8968–1:2005 (IDF 20–1:2001), масову частку жиру – гравіметричним методом за ДСТУ ISO 1211–2002, кількість бактерій групи кишкових паличок (колі формних бактерій) – за ГОСТ 30518–97, кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМА-ФАНМ) – за ДСТУ IDF 100В:2003, сумарний вміст флавоноїдів у квітах чорнобривців та їх водних екстрактах визначали спектрофотометричним методом за [18].

Для оцінки синергетичних і антагоністичних ефектів антиоксидантних властивостей напою оздоровчого призначення на основі сироватки, НЧ та ЯН, а також сировинних інгредієнтів, було вибрано показник біологічної активності – контроль значень електронно-транспортної активності в системі: нікотинамідаденідинуклеотид відновлений NAD·H₂ – фероціанід калію K₃[Fe(CN)₆] у фосфатному буфері. Критерієм оцінки біологічної активності напою оздоровчого призначення на основі сироватки, НЧ та ЯН, а також сировинних інгредієнтів стало визначення відношення їх оптичної густини у системі NAD·H₂ – K₃[Fe(CN)₆] до оптичної густини самої системи в часі [19].

Вибір цієї методики обумовлений тим, що NAD є коферментом з універсальною біологічною роллю і являє собою першу ланку в ланцюзі переносу електрону і протону від окислювального субстрату до кисню. В організмі людини концентраційне відношення NAD/NAD·H₂ являє собою одну із найважливіших ланок всередині клітинної регуляції енергетичного обміну і розглядається як одна із програм генерації аденозинтрифосфornoї кислоти в клітині [19].

В клітині переважають процеси, механізм яких включає окиснення NAD·H₂ до NAD і цей механізм переносу електронів від окислювального субстрату до кисню є головним джерелом енергії для росту та розвитку клітини. Таким чином, переходи NAD NAD·H₂, суттєві для редокс-властивостей клітин і регулюють внутрішньо-клітинні метаболічні процеси [19].

Здатність різних біологічно активних речовин (БАР), внесених до сироватки, може викликати неензиматичне окиснення NAD·H₂ до NAD і одночасно відновлювати Fe⁺³ до Fe⁺², що свідчить про здатність цих БАР підвищувати загальні антиоксидантні властивості продукту.

За основу методу оцінки біологічної активності продукту взята електронно-транспортна модель – NAD·H₂ – K₃[Fe(CN)₆] (рис. 1).

На практиці для визначення біологічної активності із приготованих розчинів фероціаніду калію K₃[Fe(CN)₆] концентрацією 10⁻³ моль/дм³, буферного

розчину солей Na_2HPO_4 та KH_2PO_4 із $\text{pH}=7,5$ та розчину $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$ концентрацією 10^{-3} моль/дм³ готували реакційну суміш та знімали її оптичну густина на спектрофотометрі СФ-46 при $\lambda=325$ нм відразу після змішування розчинів та через дві хвилини. Отримували два значення $A_{1\text{K}}$ та $A_{2\text{K}}$. Розраховували різницю:

$$A_{1\text{K}} - A_{2\text{K}} = A_{\text{NADH}_2^{\text{K}}} \cdot \quad (4)$$



Рис. 1. Електронно-транспортна модель $\text{NAD}\cdot\text{H}_2 - \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$

Зразок вносили у реакційну суміш та вимірювали оптичну густина $A_{1\text{NAD}\cdot\text{H}_2}$, через дві хвилини – $A_{2\text{NAD}\cdot\text{H}_2}$. Різниця

$$A_{1\text{NADH}_2} - A_{2\text{NADH}_2} = A_{\text{NADH}_2^{\text{PP}}} \quad (5)$$

є показником, за яким можна судити про біологічну активність продукту.

Біологічну активність напою оздоровчого призначення на основі сироватки, НЧ та ЯН, а також сировинних інгредієнтів визначали за формулою:

$$\text{БА} = \frac{A_{\text{NADH}_2^{\text{PP}}} \cdot \text{P}}{A_{\text{NADH}_2^{\text{K}}}} \quad (6)$$

де БА – біологічна активність, од. акт.; P – розведення продукту, раз.

5. Результати оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода»

Важливим показником будь-якої рослинної сировини є масова частка екстрактивних речовин – це речовини, які вилучають із рослинної сировини за допомогою екстрагента-розчинника (найчастіше – води). Їх умовно поділяють на діючі (алкалоїди, глюкозиди, флавоноїди, ефірні олії, вітаміни та ін.), від яких залежать терапевтичні ефекти, та супутні (крохмаль, протеїн тощо). Масова частка ВЕР у досліджених квітах *Tagetes patula* складає 25,5 %, що перевищує вимоги нормативних документів (25,0 %), тому квіти чорнобривців можуть бути використані для отримання водних екстрактів (настоїв) оздоровчого призначення.

Залежність масової частки сухих речовин у НЧ та ступеню екстрагування ВЕР з квітів чорнобривців від тривалості екстрагування наведено на рис. 2, а, б відповідно.

Найвища інтенсивність процесу екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* (рис. 2, а) відзначається протягом перших 60 хв., протягом наступних 10 і 20 хв. швидкість екстрагування знижується, що обумовлено зменшенням кількості екстрактивних речовин, які залишились у квітах чорнобривців. Ступінь екстрагування ВЕР з квітів *Tagetes patula* протягом 60 хв. досягає 78,8–78,82 %, а протягом наступних 20 хв. збільшується лише на 4,65–4,71 % (рис. 2, б).

Залежність біологічної активності настою чорнобривців та сумарного вмісту флавоноїдів у ньому від тривалості екстрагування наведено на рис. 3, а, б відповідно.

Біологічна активність отриманих НЧ збільшується протягом 60 хв. екстрагування і через 60 хв. досягає максимального значення – 230–232 од. акт. (рис. 3, а). Через 70 та 80 хв. екстрагування отримуємо НЧ, біологічна активність яких на 4,3 та 17,4 % нижча від такої для НЧ, отриманого через 60 хв. процесу екстрагування. Це пояснюється тим, що протягом перших 60 хв. екстрагування у НЧ збільшується вміст флавоноїдів (рис. 3, б), які є потужними антиоксидантами і характеризуються високими значеннями біологічної активності. Через 70 та 80 хв. екстрагування вміст флавоноїдів у НЧ знижується на 0,7–0,8 та 4,6–4,7 % відповідно в порівнянні з таким для НЧ, отриманого протягом 60 хв. екстрагування, що можна пояснити тривалим високотемпературним впливом процесу на флавоноїди. Обраний спосіб екстрагування БАР з квітів чорнобривців забезпечує екстрагування 45,0–47,8 % флавоноїдів від їх вмісту в сировині.

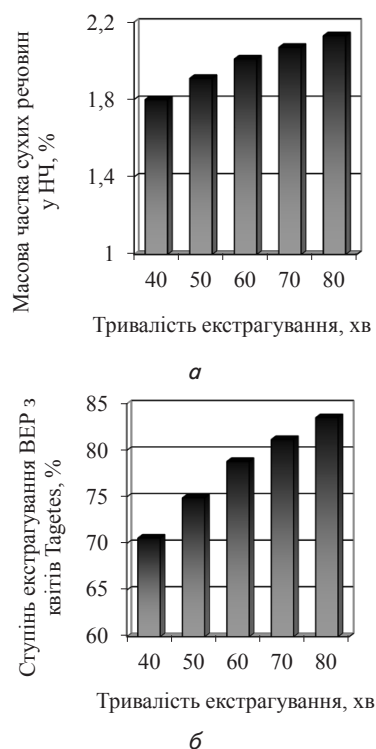


Рис. 2. Вплив тривалості екстрагування (хв.) на: а – масову частку сухих речовин (%) у НЧ; б – ступінь екстрагування ВЕР (%) з квітів чорнобривців

Зважаючи на отримані результати, доцільно тривалість екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* встановити 60 хв. Отриманий настій з квітів чорнобривців має світло-жовте забарвлення, приємний аромат квітів тагетеса, прозорий на вигляд, без тенденції до утворення осаду. Органолептичні показники НЧ дозволяють використовувати його як фізіологічно функціональний харчовий інгредієнт у виробництві напоїв оздоровчого призначення на основі сирної сироватки. Сухі речовини НЧ представлені вуглеводами, органічними і

фенолкарбоновими кислотами, макро- й мікроелементами, флавоноїдами, вітамінами тощо; в невеликій кількості можуть бути присутні пектинові речовини, каротиноїди, ефірна олія. Отриманий при екстрагуванні БАР з квітів *Tagetes patula* жом можна використовувати в якості сировини для отримання ефірної олії та каротиноїдів.

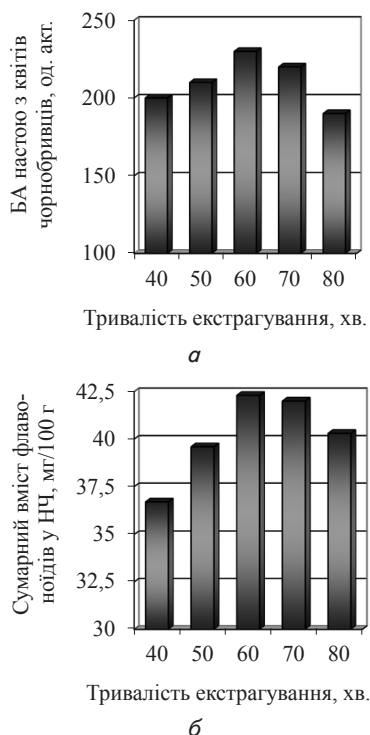


Рис. 3. Вплив тривалості екстрагування (хв.) на: а – біологічну активність (БА, од. акт.) НЧ; б – сумарний вміст флавоноїдів (мг / 100 г) у НЧ

Для оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення в якості сировини використовували сирну сироватку, настій з квітів *Tagetes patula* (НЧ), приготований у лабораторних умовах, та ягідний наповнювач «Лісова ягода» (ЯН) категорії «ФП», в якому масова частка ягід (малини, полуниці й чорниці) складала 35 %, масова частка цукру – 20 % (за даними виробника); біологічна активність ЯН, визначена експериментально – 50,5–51,5 од. акт.

Критерієм оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення було обрано його біологічну активність (БА, од. акт.); незалежними факторами, що варіювались, – масову частку ЯН (C_1 , %) та масову частку НЧ (C_2 , %).

Для моделювання досліджуваного процесу було обрано функцію відклику, яка має вигляд поліному другого ступеню:

$$BA = b_0 + b_1 \cdot C_1 + b_{11} \cdot C_1^2 + b_2 \cdot C_2 + b_{22} \cdot C_2^2 + b_{12} \cdot C_1 \cdot C_2, \quad (7)$$

де БА – біологічна активність, од. акт.; b_0 – константа; C_1 – масова частка ягідного наповнювача «Лісова ягода» (ЯН), %; C_2 – масова частка настою з квітів чорнобривців (НЧ), %; $b_1, b_{11}, b_2, b_{22}, b_{12}$ – коефіцієнти для кожного елемента полінома.

В дослідженні використано центральний композиційний ротатбельний план, який найбільше підходить для обраного методу оптимізації [17]. Вибір рівнів та інтервалів варіювання факторів було здійснено за результатами попередніх експериментів та аналізом літературних джерел [3]; масову частку настою з квітів чорнобривців (НЧ) варіювали в межах 15–20 %; масову частку ягідного наповнювача «Лісова ягода» (ЯН) – в межах 4–7 %.

Матрицю планування та експериментальні значення функції відклику представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Матриця планування та функція відклику

Номер досліджу	Масова частка ЯН, C_1		Масова частка НЧ, C_2		Біологічна активність, БА, од. акт.
	Кодовий рівень	%	Кодовий рівень	°C	
1	-1	4,44	-1	15,73	65,00
2	-1	4,44	+1	19,27	70,00
3	+1	6,56	-1	15,73	80,00
4	+1	6,56	+1	19,27	80,00
5	$-\sqrt{2}$	4,00	0	17,50	65,00
6	$+\sqrt{2}$	7,00	0	17,50	76,00
7	0	5,50	$-\sqrt{2}$	15,00	70,00
8	0	5,50	$+\sqrt{2}$	20,00	80,00
9	0	5,50	0	17,50	80,00
10	0	5,50	0	17,50	80,00
11	0	5,50	0	17,50	80,00
12	0	5,50	0	17,50	80,00

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії (7) було побудовано діаграму Парето, яку представлено на рис. 4 (L – лінійний ефект, Q – квадратичний ефект).

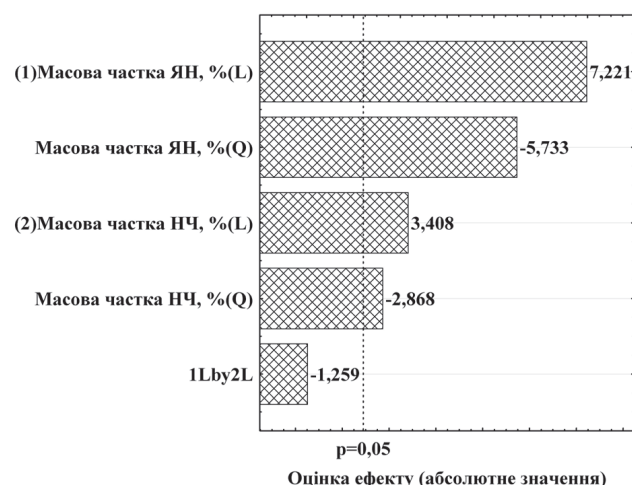


Рис. 4. Діаграма Парето

На вказаній діаграмі Парето (рис. 4) наведено стандартизовані коефіцієнти, які відсортовано за абсолютними значеннями. Аналіз даних показує, що ефект взаємодії параметрів є незначущим, оскільки колонка оцінки зазначених ефектів не перетинає вертикальну лінію, що є 95 %-ною довірчою ймовірністю. З урахуванням цього вказаний член регресії було еліміновано

з моделі (7). Отримане при цьому рівняння з розрахованими коефіцієнтами має вигляд:

$$BA = -311,39 + 48,78 \cdot C_1 - 4,00 \cdot C_1^2 + 26,54 \cdot C_2 - 0,72 \cdot C_2^2 \quad (8)$$

Адекватність розробленої моделі (8) перевіряли методом дисперсійного аналізу, результати якого представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Дисперсійний аналіз моделі

Фактор	Сума квадратів, SS	Ступінь свободи, df	Середнє значення квадрата, MS	F-критерій	Рівень значущості, p
Масова частка ЯН (L)	205,5724	1	205,5724	48,12256	0,000224
Масова частка ЯН (Q)	129,5642	1	129,5642	30,32976	0,000900
Масова частка НЧ (L)	45,7750	1	45,7750	10,71551	0,013609
Масова частка НЧ (Q)	32,4158	1	32,4158	7,58824	0,028312
Похибка	29,9030	7		4,2719	
Загальна сума квадратів	423,0000			11	
Коефіцієнт детермінації R ² =0,929					

Дані, наведені в табл. 2, та значення коефіцієнта детермінації (R²), близьке до одиниці, дозволяють зробити висновок, що отримана модель (8) адекватно описує відклик.

Описаний поліномом (8) сукупний вплив масової частки ЯН (C₁, %) та масової частки НЧ (C₂, %) на біологічну активність напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів чорнобривців та ягідного наповнювача «Лісова ягода» в графічному вигляді представлено на рис. 5.

Збільшення в рецептурі напою оздоровчого призначення масової частки НЧ (C₂) від 15,0 до 18,5 % та масової частки ЯН (C₁) від 4,0 до 6,2 % сприяє підвищенню БА цільового продукту від 55,0–55,5 од. акт. до 81,7–82,0 од. акт. (рис. 5), що, напевне, обумовлено синергізмом введених до складу напою компонентів сирної сироватки і БАР рослинного походження у зазначених кількостях. Подальше збільшення в рецептурі продукту масової частки НЧ (C₂) від 18,5 до 20,0 % та масової частки ЯН (C₁) від 6,2 до 7,0 % сприяє зниженню БА напою до 70,0–71,3 од. акт., що, напевне, пояснюється антагонізмом введених до його складу БАР рослинного походження у зазначених концентраціях з основними складовими сирної сироватки.

Найвище значення біологічної активності – 81,7–82,0 од. акт. (рис. 5) цільовий продукт має при масовій частці настою з квітів *Tagetes patula* 18,5 % та масовій частці ягідного наповнювача «Лісова ягода» 6,2 %, тому зазначені параметри факторів варіювання є оптимальними. При цьому оптимальна масова частка сирної сироватки у напої повинна складати 75,3 %.

Хімічний склад та основні показники якості сироватково-рослинної суміші, отриманої із використаних сировинних компонентів в оптимальних співвідношеннях, наведені в табл. 3.

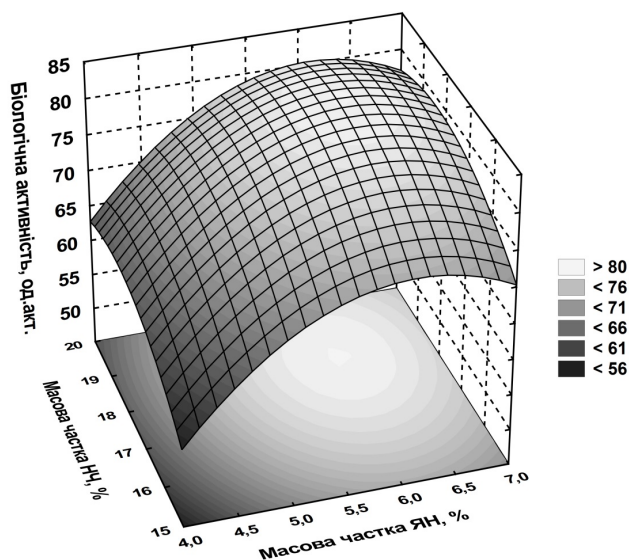


Рис. 5. Залежність біологічної активності напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода» від масової частки ЯН і масової частки НЧ

Таблиця 3

Хімічний склад, органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники якості суміші сирної сироватки, НЧ та ЯН (n=3, P≥95,0)

Найменування показника	Значення та характеристика показника
Масова частка сухих речовин, %, в т. ч.:	8,20±0,15
– білків	0,52±0,04
– жиру	0,30±0,05
– лактози	3,00±0,10
– мінеральних речовин	0,90±0,05
– цукру	1,22±0,02
– моноцукрів (глюкози, фруктози)	1,31±0,03
Вміст флавоноїдів, мг/100 г	7,75±0,02
Смак та запах	Чистий, солодкий, з вираженим присмаком і ароматом лісових ягід, внесених з наповнювачем, незначним сироватковим присмаком і легким ароматом квітів чорнобривців
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна напівпрозора рідина без пластівців білка та грудочок жиру
Колір	Рожевий, обумовлений внесеним ЯН, однорідний по всій масі суміші
Титрована кислотність, °Т	72,5±2,5
Активна кислотність, од. рН	4,85±0,05
Густина, кг/м ³	1035,0±1,5
Біологічна активність, од. акт.	81,0...82,0
КМАФАнМ, КУО/см ³	(1,8...3,4)·10 ²
БГКП в 0,1 см ³	Відсутні

Досліджена сироватково-рослинна суміш з оптимальним співвідношенням сировинних компонентів має нормовані для сироваткових напоїв фізико-хімічні

й мікробіологічні показники; високі антиоксидантні властивості, гарні органолептичні характеристики, зокрема приємні колір, смак і запах, що обумовлено внесенням до її складу ягідного наповнювача й настою квітів *Tagetes patula*. Отже, розроблена суміш може бути основою для виробництва неферментованих і ферментованих напоїв оздоровчого призначення.

6. Обговорення результатів оптимізації рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода»

Найпростіший спосіб використання розробленої сироватково-рослинної суміші – це її теплове оброблення (пастеризація) з подальшим охолодженням і фасуванням в тару з метою одержання питного напою оздоровчого призначення. Перед тепловим обробленням для надання продукту додаткових оздоровчих властивостей можливо збагачення сироватково-рослинної суміші мінеральними речовинами, вітамінами, пребіотиками, пектиновими речовинами або їх комплексами (це перша група напоїв оздоровчого призначення). Але такі напої матимуть досить обмежений термін зберігання (не більше 7 діб) за рахунок використання м'якого режиму пастеризації – $(72 \pm 1)^\circ\text{C}$ з витримкою 15–20 сек.

Для наукового обґрунтування технологій напоїв оздоровчого призначення на основі рекомендованої сироватково-рослинної суміші з оптимальним компонентним складом необхідно врахувати той факт, що за умов застосування у їх технологіях пробіотичних культур лактобацил та/або біфідобактерій можливе не тільки подовження терміну їх зберігання (до 14–21 доби), але й підсилення гепатопротекторних і пробіотичних властивостей. Тому авторами пропонується до розробки ще дві групи напоїв:

– друга – неферментовані біфідовмісні напої оздоровчого призначення, збагачені активізованими культурами пробіотичних штамів біфідобактерій, які згідно класифікації [5] відносяться до четвертої групи біфідовмісних продуктів (напої можуть бути додатково збагачені пребіотиками, тоді вони матимуть синбіотичні властивості, або мінеральними речовинами, вітамінами, пектиновими речовинами тощо);

– третя – напої, ферментовані монокультурами *L. acidophilus* (ацидофільні), монокультурами або змішаними культурами *Bifidobacterium* (біфідовмісні, які згідно класифікації [5] відносяться до третьої

групи біфідовмісних продуктів), заквашувальними композиціями із монокультур *L. acidophilus* (або змішаних культур *L. lactis* ssp. або змішаних культур *S. thermophilus*+*L. bulgaricus*) і монокультур або змішаних культур *Bifidobacterium* (біфідовмісні, які згідно класифікації [5] відносяться до п'ятої групи біфідовмісних продуктів). Напої третьої групи також можуть бути додатково збагачені мінеральними речовинами, вітамінами, пребіотиками, пектиновими речовинами або їх комплексами.

Перспективами подальших досліджень є: науково-практичне обґрунтування рецептур і технологічних параметрів виробництва неферментованих і ферментованих сироватково-рослинних напоїв оздоровчого призначення трьох груп, розробка нормативної документації їх на виробництво; проведення промислової апробації розроблених технологій.

7. Висновки

1. Обґрунтовано раціональні параметри процесу екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* питною водою: температура $(95 \pm 5)^\circ\text{C}$, тривалість 60 хв., гідромодуль 10. Отриманий настій з квітів чорнобривців містить 2,0 % сухих речовин, в т.ч. флавоноїдів – 42,1–42,3 мг/100 г, що обумовлює в ньому високу біологічну активність – 230–232 од. акт. Тому настій з квітів *Tagetes patula* рекомендовано використовувати як фізіологічно функціональний харчовий інгредієнт у виробництві напоїв оздоровчого призначення на основі сирної сироватки.

2. Встановлено оптимальне співвідношення сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода» – 73,8; 18,5 та 6,2 % відповідно, як компонентів сироватково-рослинної основи для виробництва напоїв оздоровчого призначення.

3. Показано, що сироватково-рослинна суміш може бути основою для виробництва неферментованих і ферментованих напоїв оздоровчого призначення, оскільки має нормовані для цієї групи продуктів фізико-хімічні й мікробіологічні показники; високі антиоксидантні й органолептичні властивості.

4. Запропоновано використовувати розроблену сироватково-рослинну суміш як основу для виробництва двох груп неферментованих і однієї групи ферментованих сироватково-рослинних напоїв оздоровчого призначення, додатково збагачених мінеральними речовинами, вітамінами, пребіотиками, пектиновими речовинами або їх комплексами.

Література

1. Гаврилов, Г. Б. Пути рационального использования молочной сыворотки [Текст] / Г. Б. Гаврилов, Э. Д. Кравченко // Маслоделие и сыроделие. – 2013. – № 2. – С. 10–13.
2. Чагаровський, О. П. Хімія молочної сировини [Текст]: навч. пос. / О. П. Чагаровський, Н. А. Ткаченко, Т. А. Лисогор. – Одеса: «Сімекс-прінт», 2013. – 268 с.
3. Технологія молочних продуктів: Справочник [Текст]: учеб. – Tetra Pak. М., 2011. – 440 с.
4. Ткаченко, Н. А. Обґрунтування параметрів пастеризації біфідовмісної молочної сироватки в технологіях ферментованих функціональних молочних напоїв [Текст]: міжн. наук.-прак. конф./ Н. А. Ткаченко, П. О. Некрасов, О. В. Дідик // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності. – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 321–322.
5. Дідух, Н. А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення [Текст] / Н. А. Дідух, О. П. Чагаровський, Т. А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с.

6. Faizi, S. Bioassay-guided isolation of antioxidant agents with analgesic properties from flowers of *Tagetes patula* [Text] / S. Faizi, A. Dar, H. Siddiqi, S. Naqvi, A. Naz, S. Bano, N. Lubna // *Pharmaceutical Biology*. – 2011. – Vol. 49, Issue 5. – P. 516–525. doi: 10.3109/13880209.2010.523006
7. Gong, Y. Investigation into the antioxidant activity and chemical composition of alcoholic extracts from defatted marigold (*Tagetes erecta* L.) residue [Text] / Y. Gong, X. Liu, W.-H. He, H.-G. Xu, F. Yuan, Y.-X. Gao // *Fitoterapia*. – 2012. – Vol. 83, Issue 3. – P. 481–489. doi: 10.1016/j.fitote.2011.12.013
8. Yasukawa, K. Effects of Flavonoids from French Marigold (Florets of *Tagetes patula* L.) on Acute Inflammation Model [Text] / K. Yasukawa, Y. Kasahara // *International Journal Of Inflammation*. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–5. doi: 10.1155/2013/309493
9. Politi, F. Anti-Candida Activity in Vitro of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) Extracts [Text] / F. Politi, V. Watanabe, G. Figueira, R. Pietro // *Planta Medica*. – 2013. – Vol. 79, Issue 10. doi: 10.1055/s-0033-1348567
10. Ali, A. Chemical composition of *Tagetes patula* essential oil and its bioactivity against *Aedes aegypti* [Text] / A. Ali, N. Tabanca, B. Demirci, E. Amin, I. Khan, // *Planta Medica*. – 2015. – Vol. 81, Issue 5. doi: 10.1055/s-0035-1545156
11. Zuorro, A. New functional food products containing lutein and zeaxanthin from marigold (*Tagetes erecta* L.) flowers [Text] / A. Zuorro, R. Lavecchia, // *Journal of Biotechnology*. – 2010. – Vol. 150. – P. 296–296. doi: 10.1016/j.jbiotec.2010.09.247
12. Manke Natchigal, A. Quantification and characterization of lutein from *Tagetes patula* L. and *Calendula officinalis* L. Flowers [Text] / A. Manke Natchigal, A. Oliveira Stringheta, M. Corrêa Bertoldi, P. Stringheta // *Acta Horticulturae*. – 2012. – Vol. 939. – P. 309–314. doi: 10.17660/actahortic.2012.939.40
13. Khalil, M. Stability and bioavailability of lutein ester supplements from *Tagetes* flower prepared under food processing conditions [Text] / M. Khalil, J. Raila, M. Ali, K. Islam, R. Schenk, J. Krause et al. // *Journal of Functional Foods*. – 2012. – Vol. 4, Issue 3. – P. 602–610. doi: 10.1016/j.jff.2012.03.006
14. Ramakrishnan, P. Cognitive enhancing, anti-acetylcholinesterase, and antioxidant properties of *Tagetes patula* on scopolamine-induced amnesia in mice [Text] / P. Ramakrishnan, T. Chandrasekhar, P. Muralidharan // *International Journal of Green Pharmacy*. – 2015. – Vol. 9, Issue 3. – P. 167. doi: 10.4103/0973-8258.161234
15. Martínez, R. Chemical Composition of Essential Oils and Toxicological evaluation of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* from Venezuela [Text] / R. Martínez, B. Diaz, L. Vásquez, R. Compagnone, S. Tillett, D. Canelón et al. // *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. – 2009. – Vol. 12, Issue 4. – P. 476–481. doi: 10.1080/0972060x.2009.10643747
16. Prakash, O. Composition of essential oil, concrete, absolute and SPME analysis of *Tagetes patula capitula* [Text] / O. Prakash, P. Rout, C. Chanotiya, L. Misra // *Industrial Crops And Products*. – 2012. – Vol. 37, Issue 1. – P. 195–199. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.11.020
17. Myers, R. Response surface methodology [Text] / R., Myers, D. Montgomery, C. Anderson-Cook. – New York: John Wiley & Sons, 2009.
18. Сорокина, О. Н. Спектрофотометрическое определение суммарного содержания флавоноидов в лекарственных препаратах растительного происхождения [Текст] / О. Н. Сорокина, Е. Г. Сумина, А. В. Петракова, С. В. Барышева // *Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология*. – 2013. – Т. 13, Вып. 3. – С. 8–11.
19. Патент на винахід 107506 С2, МПК G 01N 33/00 (2015.01). Спосіб визначення біологічної активності об'єктів природного походження [Текст] / Хомич Г. П., Вікуль С. І., Капрельянци Л. В., Осипова Л. А., Лозовська Т. С. – Власник Одеська національна академія харчових технологій. – № у 201302626; заявл. 04.03.2013; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.