

26. Застосовуємо візуальний стиль для отримання остаточного результату моделювання об'єкта.  
 27. Задаємо траєкторію руху відеокамери.  
 28. Створюємо відео ролик шляхом руху камери по наперед побудованій траєкторії.

Така покрокова технологія побудови з використанням графічної системи дає можливість студентам молодших курсів у повному обсязі засвоїти як спеціалізовані команди AutoCAD, так і технологічну та конструктивну схеми побудови індивідуального житлового будинку.

**Висновки.** Таким чином, щоб студенти досконало володіли сучасними знаннями, професійними вміннями та навичками, виходили якісно підготовленими спеціалістами, необхідно безперервно удосконалювати систему навчання, шукати шляхи підвищення її ефективності, впроваджувати інтерактивні методи навчання, постійно оновлювати методичну базу, підвищувати рівень комп'ютерної підготовки студентів з використанням відповідного програмного забезпечення.

**Перспективи подальших досліджень.** Удосконалювати методично-навчальну базу для студентів інженерно-будівельного та архітектурного напрямків підготовки у вищих навчальних закладах, застосовуючи детальніше вивчення інструментальних засобів графічної системи AutoCAD та інших графічних редакторів

#### Література

1. Климачева Т. Н. Один на один с AutoCAD 2009. Официальная русская версия / Под ред. Ю. О. Шпака.–К.: «МК–Пресс», СПб.: «КОРОНА–ВЕК», 2008.– 880 с.
2. Полещук Н. Н. AutoCAD 2009. – СПб.: БХВ–Петербург, 2009. –1184 с.: ил.
3. Климачева Т. Н. AutoCAD 2010. Полный курс для профессионалов. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 1200 с.: ил.

#### References

- Klimachova, T. N. (2008). Odin na odin s AutoCAD 2009. Oficialnaya russkaya versiya/ Pod red U. O. Shpaka.– K.:» MK–Press». SPb.: «KORONA–VEK». 880. (in Russian).  
 Polechuk, N. N. (2009). AutoCAD 2009. – SPb.: BXV–Peterburg. 118. (in Russian).  
 Klimachova T. N. (2010). AutoCAD 2010. Polnuy kurs dlya professionalov.–M.:OOO «I.D.Viliams». 120. (in Russian).

Стаття надійшла до редакції 30.03.2016

УДК 637.146:51–74

**Ткаченко Н. А.**<sup>1</sup>, д. т. н., професор, (nataliya.n–2013@yandex.ua)

**Некрасов П. О.**<sup>2</sup>, д. т. н., професор, (nekrasov2007@gmail.com)

**Вікуль С. І.**<sup>1</sup>, к. т. н., доцент, (vizaj\_vik@mail.ru)

**Гончарук Я. А.**<sup>1</sup>, студентка, (zagray.yana.95@mail.ru) ©

<sup>1</sup>Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна,

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕКСТРАГУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН З КВІТІВ *TAGETES PATULA*

*В роботі обґрунтована доцільність пошуку нових природних джерел біологічно активних речовин, які можуть бути використані у виробництві молочних продуктів із заданими властивостями. Наведена характеристика вітчизняної рослинної сировини – квітів *Tagetes patula* як перспективної сировини для виробництва цієї групи продуктів.*

*Встановлені оптимальні параметри процесу екстрагування біологічно активних речовин з квітів *Tagetes patula* водно-спиртовим розчином: масова частка етилового спирту у розчині – 46,16 %, тривалість екстрагування – 22,16 хв., температура (20±1) °С, співвідношення квіти *Tagetes patula* : водно-спиртовий розчин – 1 : 131.*

*Визначені біологічна активність (92,0–92,6 од. акт.) та вміст біологічно активних речовин (катехинів – 72,0–72,5 мкг/100 г, флавонолів – 62,–62,4 мкг/100 г,*

каротиноїдів – 10,2–10,5 мкг/100 г) у водно–спиртовому екстракті з квітів *Tagetes patula*, отриманому за оптимальними параметрами.

Розроблені рекомендації щодо використання екстракту біологічно активних речовин з квітів *Tagetes patula* у виробництві сироваткових напоїв із заданими властивостями – гепатопротекторними, пробіотичними, антиоксидантними.

**Ключові слова:** *Tagetes*, екстрагування, біологічна активність, оптимізація, методологія поверхні відклику.

УДК 637.146:51–74

**Ткаченко Н. А.**<sup>1</sup>, д. т. н., професор, **Некрасов П. А.**<sup>2</sup>, д. т. н., професор,  
**Викуль С. І.**<sup>1</sup>, к. т. н., доцент, **Гончарук Я. А.**<sup>1</sup>, студентка

<sup>1</sup>Одеська національна академія пищевих технологій, г. Одеса, Україна

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», г. Харків, Україна

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЦВЕТОВ *TAGETES PATULA*

В работе обоснована целесообразность поиска новых природных источников биологически активных веществ, которые могут быть использованы в производстве молочных продуктов с заданными свойствами. Приведена характеристика отечественного растительного сырья – цветов *Tagetes patula* как перспективного сырья для производства этой группы продуктов.

Установлены оптимальные параметры процесса экстрагирования биологически активных веществ из цветов *Tagetes patula* водно–спиртовым раствором: массовая доля этилового спирта в растворе – 46,16 %, продолжительность экстрагирования – 22,16 мин., температура (20±1) °С, соотношение цветы *Tagetes patula*: водно–спиртовой раствор – 1: 131.

Определены биологическая активность (92,0–92,6 ед. акт.) и содержание биологически активных веществ (катехинов – 72,0–72,5 мкг/100 г, флавонолов – 62,– 62,4 мкг/100 г, каротиноидов – 10,2–10,5 мкг/100 г) в водно–спиртовом экстракте из цветов *Tagetes patula*, полученном с использованием оптимальных параметров.

Разработаны рекомендации по применению экстракта биологически активных веществ из цветов *Tagetes patula* в производстве сыроваточных напитков с заданными свойствами – гепатопротекторными, пробиотическими, антиоксидантными.

**Ключевые слова:** *Tagetes*, экстрагирование, биологическая активность, оптимизация, методология поверхности отклика.

UDC 637.146:51–74

**Tkachenko N. A.**<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Dr. Hab.) in Engineering, Professor,  
**Nekrasov P. O.**<sup>2</sup>, Doctor of Sciences (Dr. Hab.) in Engineering, Professor,  
**Vikul S. I.**<sup>1</sup>, PhD in Engineering, Associate Professor, **Goncharuk Y. A.**<sup>1</sup>, student,

<sup>1</sup>Odessa national academy of food technologies, Odessa, Ukraine

<sup>2</sup>National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

#### OPTIMIZATION OF EXTRACTION PARAMETERS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM FLOWERS *TAGETES PATULA*

In the work the expedience of the search for new sources of natural bioactive substances which can be used in the manufacturing of dairy products with the desired properties was substantiated. The characteristic of the native vegetable raw materials – flowers *Tagetes patula* as a prospective feedstock for the production of this product group was given.

The optimal parameters of the extraction process of bioactive substances from flowers *Tagetes patula* with water–alcohol solution were determined, namely: the mass fraction of

ethanol in the solution – 46,16 %, extraction duration – 22,16 min, temperature (20±1) °C, the ratio of flowers *Tagetes patula* : hydroalcoholic solution – 1 : 131.

The biological activity (92,0–92,6 units of activity) and the content of biologically active substances (catechins – 72,0–72,5 µg/100 g, flavonols – 62,0–62,4 µg/100 g, carotenoids – 10,2–10,5 µg/100 g) in the aqueous–alcoholic extract of flowers *Tagetes patula*, which was obtained using the optimal settings, were ascertained.

The recommendations for the application of the extract of biologically active substances from flowers *Tagetes patula* in the production of whey beverages with desired properties – hepatoprotective, probiotic, antioxidant ones – were developed.

**Key words:** *Tagetes*, extraction, biological activity, optimization, response surface methodology.

**Вступ.** За даними ВООЗ, стан здоров'я населення має стійку тенденцію до погіршення. З огляду на це, в розвинених країнах світу впровадження здорового способу життя, яке передбачає, зокрема, здорове харчування, зведено до рангу державної політики. В сучасному уявленні про здорове харчування особлива роль належить продуктам, які володіють лікувальними або профілактичними властивостями. На особливу увагу серед таких продуктів заслуговують молочні продукти, збагачені екстрактами лікарських рослин, які містять велику кількість біологічно активних речовин і при щоденному вживанні регулюють певні процеси в організмі – стимулюють імунні реакції, попереджують розвиток «захворювань цивілізації», передчасне старіння тощо [1]. Тому пошук нових природних джерел біологічно активних речовин, які можуть бути використані у виробництві молочних продуктів із заданими спеціальними властивостями, є актуальним і своєчасним завданням.

**Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями.** На території України здавна ростуть чорнобривці, які широко використовуються у фармацевтичній та парфумерно–косметичній галузях. Чорнобривці (латинська назва *Tagetes*) мають протизапальні, антисептичні, антивірусні, гепатопротекторні й тонізуючі властивості [3, 4]. Існує 59 видів чорнобривців, у тому числі в Україні – 3 види: чорнобривці пряmostоячі (*Tagetes erecta*); чорнобривці розлогі (*Tagetes patula*), синонім – чорнобривці французькі; чорнобривці вузьколисті (*Tagetes tenuifolia*), синонім – чорнобривці позначені (*Tagetes signata*) [2–4].

Ці квіти активно використовуються кулінарами латиноамериканських країн, де їх додають майже в усі страви. Крім того, чорнобривці є однією з улюблених прянощів національної грузинської кухні, де вони відомі під назвою «імеретинський шафран». У їжу додають добре просушені і розтерті в порошок квіти. На Кавказі прянощі з чорнобривців служать обов'язковим компонентом суміші для різних супів, дуже часто їх додають в овочеві закуски і квасолі, а також у страви з волоськими горіхами. Чорнобривці чудово поєднуються з гарячими стравами з риби та свійської птиці. А у Франції ці квіти вирощують в промислових масштабах, щоб задовольнити потреби місцевих гурманів.

Фітонцидні властивості чорнобривців забезпечують їх лікувальне й інсектицидне значення. Надземна частина *Tagetes* багата ефірною олією жовтого або бурштинового відтінку з квітково–пряним і фруктовим ароматом. У олії присутні оцітомен, сабінен, апінен, лімоноцен, цитраль, мирцен, ліналоол, тимол, терпінен та інші компоненти, що пригнічують ріст і розвиток патогенних мікроорганізмів і грибків [5–7].

Біологічно активні речовини (БАР), виявлені в складі надземної частини рослини, мають противірусну активність і є згубними для багатьох штамів хвороботворних бактерій і вірусів [5, 6]. Ефірну олію чорнобривців або настій кошиків–суцвіть застосовують зовнішньо при різних дерматологічних захворюваннях (псоріаз, нейродерміти, вітиліго та ін.) [5–7].

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 [8, 9]. Для відварів і настоїв потрібно використовувати *Tagetes* оранжевого і жовтого кольорів, оскільки вони містять багато лютеїну.

Чорнобривці черпають із землі мідь, золото і багато інших корисних елементів, не економлячи, віддають це «добро» людям. Тому серед знахарів дуже популярні настої з цієї рослини. Настой 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 [6, 7].

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 і ранозагоювальну дію. Основними флавоноїдами в квітах *Tagetes patula* є патулетін і патулітрін, також в них ідентифіковані рутин, робінін, дигідрокверцетин, кверцетин, гіперозид, віценін, лютеолін-7-глікозид, апігенін, вітексін (сума флавоноїдів у перерахунку на патулетін – 9,43 % в сухій речовині). Відомо, що патулетін – основний флавоноїд *Tagetes* знижує проникність капілярів, має гіпотензивну і діуретичну дію, проявляє Р-вітамінну активність [4, 10].

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, кофейну, цикорієву, ферулову, коричну. Вміст макро– і мікроелементів у квітах чорнобривців становить 47,0 і 7,28 % (у перерахунку на золу) відповідно. Встановлено вміст у квітах *Tagetes patula* пектинових речовин, які володіють сорбційними властивостями, водорозчинних полісахаридів, геміцелюлози А і геміцелюлози Б: у полісахаридному комплексі на частку водорозчинних полісахаридів приходить 16,26 %, пектинових речовин – 11,87 %, геміцелюлози А – 0,91 %, геміцелюлози Б – 0,55 % [11, 12].

Незважаючи на корисні властивості чорнобривців, є протипоказання до їх вживання. Не рекомендують використовувати рослину для лікування в перший тримістр вагітності, в період лактації, дітям до 3 років, хворим екземою, при індивідуальній непереносимості і категорії людей, схильних до алергії [2–5].

На основі аналізу літературних даних встановлено, що дотепер відсутні рекомендації щодо використання екстрактів *Tagetes* у виробництві молочних продуктів із заданими властивостями – антиоксидантними, гепатопротекторними, імуномодельючими, загальнозміцнюючими тощо. Тому розробка наукових рекомендацій щодо екстрагування БАР із *Tagetes* і використання екстрактів у виробництві молочних продуктів із певними властивостями є актуальною і своєчасною.

В Україні найбільш поширеними є *Tagetes patula*, тому саме вони були обрані як джерело БАР. Авторами розроблено спосіб екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* гарячою водою; визначено склад та показники якості настою з квітів чорнобривців; встановлено оптимальне співвідношення сирної сироватки, настою з квітів *Tagetes patula* та ягідного наповнювача «Лісова ягода» як компонентів сироватково-рослинної основи для виробництва напоїв; розроблено рекомендації щодо виробництва неферментованих і ферментованих напоїв на основі розробленої сироватково-рослинної основи [13].

**Метою** даної роботи стала оптимізація параметрів екстрагування біологічно активних речовин водно-спиртовим розчином із сухих квітів *Tagetes patula*.

**Об'єктами** досліджень стали водно-спиртові екстракти біологічно активних речовин із сухих квітів *Tagetes patula*, отримані у лабораторних умовах кафедри технології молока, жирів і парфумерно-косметичних засобів ОНАХТ.

**Матеріал і методи.** Для оптимізації параметрів екстрагування біологічно активних речовин водно-спиртовим розчином із сухих квітів *Tagetes patula* було

використано методологію поверхні відклику. Вказана методологія [14] є сукупністю математичних та статистичних прийомів, спрямованих на моделювання процесів та знаходження комбінацій експериментальних рядів предикторів з метою оптимізації функції відклику, що в загальному вигляді описується наступним поліномом:

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

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 відхилю (2):

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

де  $m$  – кількість експериментальних даних  $y$ .

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

Доцільність застосування водно–спиртових розчинів для екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* обумовлена високим вмістом у останніх флавоноїдів і каротиноїдів, які краще розчиняються у водно–спиртових розчинах, ніж у воді. До того ж, екстрагування водно–спиртовими розчинами здійснюється при кімнатній температурі, тоді як екстрагування водою – при температурі  $(95 \pm 5)^\circ\text{C}$ , що може спричинити руйнування частини БАР.

При проведенні експериментальних досліджень готували водно–спиртові розчини із заданою масовою часткою етилового спирту у відповідності з матрицею планування експерименту (табл. 1), змішували сухі квіти *Tagetes* із водно–спиртовими розчинами у співвідношенні 1:131 (за рекомендаціями фармакологів) і здійснювали екстрагування БАР при постійному перемішуванні протягом певного часу. По закінченні процесу екстрагування отримані екстракти фільтрували і визначали в них біологічну активність.

Біологічну активність водно–спиртових екстрактів з квітів *Tagetes patula* визначали за зміною швидкості окиснення  $NAD \cdot H_2 / NAD$  у контрольному досліді та досліджуваному зразку з використанням електронно–транспортної системи «нікотинамідаденіндинуклеотид відновлений  $NAD \cdot H_2$  – фериціанід калію  $K_3[Fe(CN)_6]$ » [15].

Сутність методу: готували реакційну суміш з розчинів фериціаніду калію  $K_3[Fe(CN)_6]$  концентрацією  $10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>, фосфатного буферного розчину рН=7,5 та розчину  $NAD \cdot H_2$  концентрацією  $10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>. Знімали оптичну густину контрольного зразка на спектрофотометрі СФ–46 при  $\lambda=325$  нм відразу після змішування розчинів –  $A1_K$  і через дві хвилини –  $A2_K$ . Розраховували різницю:

$$A1_K - A2_K = \Delta A_K \quad (3)$$

У реакційну суміш вносили досліджуваній зразок водно–спиртового екстракту з квітів *Tagetes patula* та вимірювали оптичну густину, відразу після змішування розчинів –  $A1_{\text{ДОСЛ.ЗР.}}$  і через дві хвилини –  $A2_{\text{ДОСЛ.ЗР.}}$ . Розраховували різницю:

$$A1_{\text{ДОСЛ.ЗР.}} - A2_{\text{ДОСЛ.ЗР.}} = \Delta A_{\text{ДОСЛ.ЗР.}} \quad (4)$$

Біологічну активність водно–спиртових екстрактів з квітів *Tagetes patula* визначали за формулою:

$$BA = \frac{\Delta A_{\text{досл. зр.}} \cdot P}{\Delta A_K}, \quad (5)$$

де  $BA$  – біологічна активність, од. акт.;  $P$  – розведення водно–спиртового екстракту, раз.

Вміст катехинів та флавонолів у водно–спиртових екстрактах з квітів *Tagetes patula* визначали спектрофотометричним методом за [16].

**Результати дослідження.** Важливим показником будь–якої рослинної сировини є масова частка екстрактивних речовин – це речовини, які вилучають із рослинної сировини за допомогою екстрагента–розчинника (води, водно–спиртових розчинів тощо). 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 водорозчинних екстрактивних речовин у досліджених сухих квітах *Tagetes patula* складає 25,5 %, що перевищує вимоги нормативних документів (25,0 %), тому квіти чорнобривців можуть бути використані для отримання водно–спиртових екстрактів.

Критерієм оптимізації параметрів екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* було обрано його біологічну активність ( $BA$ , од. акт.); незалежними факторами, що варіювались, – тривалість екстрагування БАР з квітів чорнобривців ( $TE$ , хв.) та масову частку етилового спирту у водно–спиртовому розчині ( $Cec$ , %).

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

$$BA = b_0 + b_1 \cdot TE + b_{11} \cdot TE^2 + b_2 \cdot Cec + b_{22} \cdot Cec^2 + b_{12} \cdot TE \cdot Cec, \quad (6)$$

де  $BA$  – біологічна активність, од. акт.;  $b_0$  – константа;  $TE$  – тривалість екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula*, хв.;  $Cec$  – масова частка етилового спирту у водно–спиртовому розчині, %;  $b_1, b_{11}, b_2, b_{22}, b_{12}$  – коефіцієнти для кожного елемента полінома.

В дослідженні використано центральний композиційний ротатабельний план, який найбільше підходить для обраного методу оптимізації [15]. Вибір рівнів та інтервалів варіювання факторів було здійснено за результатами попередніх експериментів та аналізом літературних джерел [4, 6, 8, 9]; масову частку етилового спирту у водно–спиртовому розчині варіювали в межах 4–96%; тривалість екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* – в межах 10–40 хв.

Матрицю планування та експериментальні значення функції відклику представлено в табл. 1. Для зменшення впливу систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами, послідовність проведення експериментів було рандомізовано.

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії (6) було побудовано діаграму Парето, яку представлено на рис. 1 ( $L$  – лінійний ефект,  $Q$  – квадратичний ефект). На вказаній діаграмі Парето (рис. 1) наведено стандартизовані коефіцієнти, які відсортовано за абсолютними значеннями. Аналіз даних показує, що тривалість екстрагування (лінійна) є незначущою, оскільки колонка оцінки зазначеного ефекту не перетинає вертикальну лінію, що є 95 %–вою довірчою ймовірністю. З урахуванням цього вказаний член регресії було еліміновано з моделі (6). Отримане при цьому рівняння з розрахованими коефіцієнтами має вигляд:

$$BA = 66,743 - 0,018 \cdot TE^2 + 0,119 \cdot Cec - 0,016 \cdot Cec^2 + 0,015 \cdot TE \cdot Cec, \quad (7)$$

Адекватність розробленої моделі (7) перевіряли методом дисперсійного аналізу, результати якого представлено в табл. 2.

Дані, наведені в табл. 2, та значення коефіцієнтів детермінації ( $R^2$  та  $R^2_{\text{adj}}$ ), близькі до одиниці, дозволяють зробити висновок, що отримана модель (7) адекватно

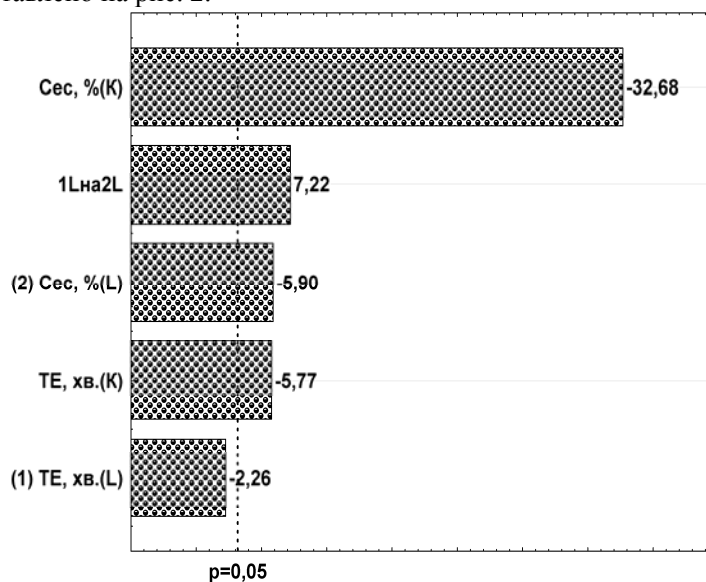
описує відклик.

Таблиця 1

## Матриця планування та функція відклику

Номер досліджу	Тривалість екстрагування БАР з квітів <i>Tagetes patula</i> , <i>TE</i>		Масова частка етилового спирту у водно-спиртовому розчині, <i>Сес</i>		Біологічна активність, <i>БА</i> , од. акт.
	Кодований рівень	хв.	Кодований рівень	%	
1	-1	14,36	+1	82,60	68,70
2	0	25,00	0	50,00	93,50
3	0	25,00	0	50,00	92,72
4	0	25,00	0	50,00	90,90
5	0	25,00	0	50,00	90,90
6	+√2	40,00	0	50,00	86,36
7	-1	14,36	-1	17,40	81,80
8	-√2	10,00	0	50,00	84,53
9	+1	35,64	-1	17,40	66,82
10	0	25,00	+√2	96,00	52,30
11	+1	35,64	+1	82,60	72,72
12	0	25,00	-√2	4,00	62,72

Описаний поліномом (7) сукупний вплив тривалості екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* (*TE*, хв.) та масової частки етилового спирту у водно-спиртових розчинах (*Сес*, %) на біологічну активність водно-спиртових екстрактів в графічному вигляді представлено на рис. 2.



Оцінка ефекту (абсолютне значення)

Рис. 1. Діаграма Парето

Підвищення масової частки етилового спирту у водно-спиртових розчинах (*Сес*) від 4,0 до 50,0 % сприяє підвищенню біологічної активності отриманих екстрактів, тоді як подальше підвищення вмісту етилового спирту у розчинах від 50,0 до 96,0 % обумовлює зниження біологічної активності екстрактів (рис. 2). Це, напевне, пояснюється переходом до водно-спиртових екстрактів більшої частини флавоноїдів, для яких рекомендована масова частка етилового спирту (за літературними даними) у водно-спиртових розчинах для екстрагування складає 50,0 %. Крім флавоноїдів, до водно-спиртових розчинів також частково переходять каротиноїди (про що свідчить світло-оранжеве або жовте забарвлення екстрактів) та ефірна олія.

Таблиця 2

Дисперсійний аналіз моделі

Фактор	Сума квадратів, SS	Ступінь свободи, df	Середнє значення квадрата, MS	F-критерій	Рівень значущості, p
Тривалість екстрагування, хв.(K)	57,637	1	57,637	33,327	0,010334
Масова частка етилового спирту, %(L)	60,103	1	60,103	34,753	0,009744
Масова частка етилового спирту, %(K)	1846,993	1	1846,993	1067,976	0,000063
1L на 2L	90,250	1	90,250	52,185	0,005470
Утрата узгодженості	41,394	4	10,348	5,984	0,086718
Чиста похибка	5,188	3	1,729		
Загальна сума квадратів	2044,755	11			
Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,97722$ Скорегований коефіцієнт детермінації $R^2_{adj} = 0,9642$					

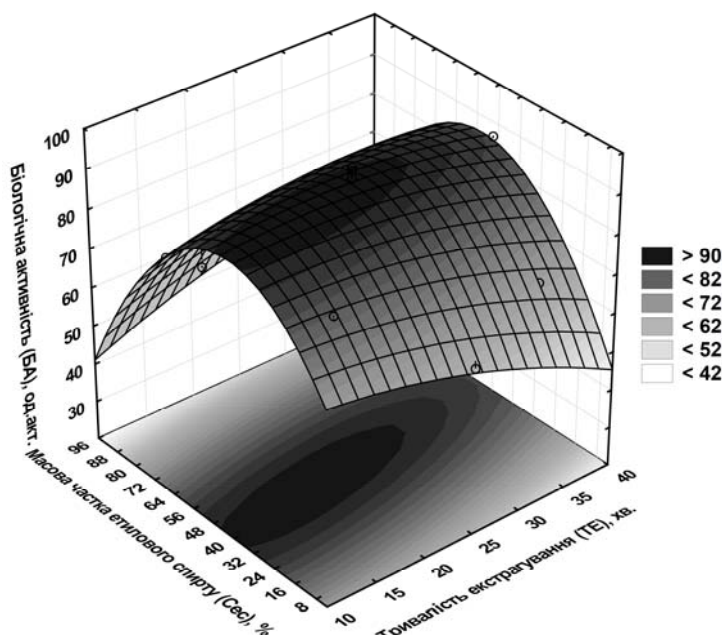


Рис. 2 – Залежність біологічної активності водно-спиртових екстрактів з квітів *Tagetes patula* від масової частки етилового спирту і тривалості екстрагування

Тривалість екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* здійснює менш суттєвий вплив на біологічну активність отриманих водно-спиртових екстрактів, однак, найвищі значення біологічної активності відзначаємо при тривалості процесу 16,5–23,0 хв. Найвище значення біологічної активності – 92,3 од. акт. (рис. 2) водно-спиртовий екстракт з квітів *Tagetes patula* має при масовій частці етилового спирту 46,16 % та тривалості екстрагування 22,16 хв., тому зазначені параметри факторів варіювання є оптимальними. Водно-спиртовий екстракт з квітів *Tagetes patula*, отриманий за оптимальними параметрами, має біологічну активність 92,0–92,6 од. акт., містить 96,0–97,5 мг/100 г 72,0–72,5 мкг/100 г катехінів, 62,–62,4 мкг/100 г флавонолів та 10,2–10,5 мкг/100 г каротиноїдів. Екстракт має однорідний колір (від жовтого до світло-оранжевого), приємний аромат квітів *Tagetes patula* і після видалення із нього



етилового спирту (шляхом відгонки) може бути використаний як інгредієнт у виробництві молочних продуктів із заданими властивостями, зокрема, у виробництві неферментованих і ферментованих сироваткових напоїв з фруктово-ягідними (плодово-ягідними) наповнювачами.

Можливе виробництво питних і ферментованих сироваткових напоїв із розробленим екстрактом БАР з квітів *Tagetes patula* з широкою гамою наповнювачів («Полуничний», «Лісова ягода», «Малина», «Персик-полуниця» тощо), збагачених мінеральними речовинами, вітамінами, пребіотиками, пектиновими речовинами або їх комплексами.

За умови застосування у технологіях ферментованих сироваткових напоїв пробіотичних культур лактобацил та/або біфідобактерій можливе підсилення гепатопротекторних і пробіотичних властивостей цільових продуктів і подовження терміну їх зберігання (до 14–28 діб). Тому авторами пропонується до розробки три групи ферментованих сироваткових напоїв:

- перша – напої, ферментовані монокультурами *L. acidophilus* (ацидофільні);
- друга – напої, ферментовані монокультурами або змішаними культурами *Bifidobacterium* (біфідовмісні, які згідно класифікації [17] відносяться до третьої групи біфідовмісних продуктів);
- третя – напої, ферментовані 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 [17] відносяться до п'ятої групи біфідовмісних продуктів).

#### **Висновки.**

1. Оптимізовано параметри процесу екстрагування БАР з квітів *Tagetes patula* водно-спиртовим розчином: масова частка етилового спирту у розчині – 46,16 %, тривалість екстрагування – 22,16 хв. при постійному перемішуванні, температура (20±1) °С, співвідношення квіти *Tagetes patula* : водно-спиртовий розчин – 1 : 131.

2. Визначено біологічну активність та вміст БАР (катехинів, флавонолів і каротиноїдів) у водно-спиртовому екстракті з квітів *Tagetes patula*, отриманому за оптимальними параметрами.

3. Наведено рекомендації щодо використання екстракту БАР з квітів *Tagetes patula* у виробництві сироваткових напоїв із заданими властивостями – гепатопротекторними, пробіотичними, антиоксидантними.

**Перспективи подальших досліджень.** Обґрунтування рецептурного складу сироваткових напоїв із лікувальними або профілактичними властивостями, технологічних параметрів виробництва неферментованих і ферментованих сироватково-рослинних напоїв, розробка нормативної документації їх на виробництво, проведення промислової апробації розроблених технологій.

#### **Література**

1. Smith, J. Functional food product development [Text] / J. Smith, E. Charter. – Chichester, West Sussex: Wiley–Blackwell, 2010. – 528 p.
2. 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. – № 5. – P. 516–525. <http://dx.doi.org/10.3109/13880209.2010.523006>
3. 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. He, H. Xu, F. Yuan, Y. Gao // *Fitoterapia*. – 2012. – Vol. 83. – № 3. – P. 481–489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.013>
4. 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. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/309493>

5. Politi, F. Anti-Candida Activity in Vitro of Tagetes patula L. (Asteraceae) Extracts [Text] / F. Politi, V. Watanabe, G. Figueira, R. Pietro // *Planta Med.* – 2013. – Vol. 79. – № 10. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1348567>
6. 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 Med.* – 2015. – Vol. 81. – № 5. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1545156>
7. Zorro, A. New functional food products containing lutein and zeaxanthin from marigold (*Tagetes erecta* L.) flowers [Text] / A. Zorro, R. Lavecchia, // *Journal Of Biotechnology.* – 2010. – № 150. – P. 296–296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2010.09.247>
8. Manke Natchigal, A. Quantification and characterization of lutein from tagetes (*tagetes patula* L.) And *calendula* (*calendula officinalis* L.) Flowers. [Text] / A. Manke Natchigal, A. Oliveira Stringheta, M. Corrêa Bertoldi, P. Stringheta // *Acta Hort.* – 2012. – № 939. – P. 309–314. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2012.939.40>
9. 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. – № 3. – P. 602–610. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2012.03.006>
10. 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 // *Int J Green Pharm.* – 2015. – Vol. 9. – № 3. – P. 167. <http://dx.doi.org/10.4103/0973-8258.161234>
11. 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. – № 4. – P. 476–481. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2009.10643747>
12. 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. – № 1. – P. 195–199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.020>
13. Ткаченко, Н. А. Оптимізація рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сироватки [Текст] / Н. А. Ткаченко, П. О. Некрасов, С. І. Вікуль // *Східно-Європейський журнал передових технологій.* – № 1/10 (79). – С. 49–57. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.59695
14. Myers, R. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. – 4th ed. [Text] / R. Myers, D. Montgomery, C. Anderson-Cook. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons. – 2016. – 825 pp.
15. Патент на винахід 107506 C2, МПК G 01N 33/00 (2015.01). Спосіб визначення біологічної активності об'єктів природного походження [Текст] / Хомич Г. П., Вікуль С. І., Капрелянц Л. В., Осипова Л. А., Лозовська Т. С. – Власник Одеська національна академія харчових технологій. – № u 201302626; заявл. 04.03.2013; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.
16. 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.
17. 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. – ISBN 978-966-8788-79-6

#### References

- Smith, J., Charter, E. (2010). Functional food product development [Text] / J. Smith,. – Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 528.
- Faizi, S., Dar, A., Siddiqi, H., Naqvi, S., Naz, A., Bano, S., Lubna, N. (2011). Bioassay-guided isolation of antioxidant agents with analgesic properties from flowers of *Tagetes patula* [Text] / S. Faizi, // *Pharmaceutical Biology.* Vol. 49. – № 5. – P. 516–525. <http://dx.doi.org/10.3109/13880209.2010.523006>
- Gong, Y., Liu, X., He, W., Xu, H., Yuan, F., Gao, Y. (2012). Investigation into the antioxidant activity and chemical composition of alcoholic extracts from defatted marigold (*Tagetes erecta* L.) residue [Text] / *Fitoterapia.* 83 (3), 481–489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.013>

- Yasukawa, K., Kasahara, Y. (2013). Effects of Flavonoids from French Marigold (Florets of *Tagetes patula* L.) on Acute Inflammation Model [Text] / K. Yasukawa, // International Journal Of Inflammation. 2013, 1–5. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/309493>
- Politi, F., Watanabe, V., Figueira, G., Pietro, R. (2013). Anti-Candida Activity in Vitro of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) Extracts [Text] / F. Politi, // *Planta Med.* – Vol. 79. – № 10. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1348567>
- Ali, A., Tabanca, N., Demirci, B., Amin, E., Khan, I. (2015). Chemical composition of *Tagetes patula* essential oil and its bioactivity against *Aedes aegypti* [Text] / *Planta Med.* – Vol. 81. – № 5. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1545156>
- Zuorro, A., Lavecchia, R. (2010). New functional food products containing lutein and zeaxanthin from marigold (*Tagetes erecta* L.) flowers [Text] / *Journal Of Biotechnology.* 150, 296–296. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2010.09.247>
- Manke Natchigal, A., Oliveira Stringheta, A., Corrêa Bertoldi, M., Stringheta, P. (2012). Quantification and characterization of lutein from *tagetes (tagetes patula* L.) And *calendula (calendula officinalis* L.) Flowers. [Text] / A. Manke Natchigal, // *Acta Hort.* 939, 309–314. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2012.939.40>
- Khalil, M. (2012). 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.* – Vol. 4. – № 3. – P. 602–610. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2012.03.006>
- Ramakrishnan, P., Chandrasekhar, T., Muralidharan, P. (2015). Cognitive enhancing, anti-acetylcholinesterase, and antioxidant properties of *Tagetes patula* on scopolamine-induced amnesia in mice [Text] / P. Ramakrishnan, // *Int J Green Pharm.* – Vol. 9. – № 3. – P. 167. <http://dx.doi.org/10.4103/0973-8258.161234>
- Martínez, R. (2009). 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.* – Vol. 12. – № 4. – P. 476–481. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060x.2009.10643747>
- Prakash, O., Rout, P., Chanotiya, C., Misra, L. (2012). Composition of essential oil, concrete, absolute and SPME analysis of *Tagetes patula capitula* [Text] / O. Prakash, // *Industrial Crops And Products.* – Vol. 37. – № 1. – P. 195–199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.020>
- Tkachenko, N. A., Nekrasov, P. O., Vikul', S. I. Optymizacija recepturnogo skladu napoju ozdorovchogo pryznachennja na osnovi syrovatky [Tekst] / *Shidno-Jevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij.* – № 1/10 (79). – S. 49–57. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.59695. (in Ukrainian).
- Myers, R., Montgomery, D., Anderson-Cook, C. (2016). Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. – 4th ed. [Text] / R. Myers,. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons. 825.
- Patent na vynahid 107506 S2, MPK G 01N 33/00 (2015.01). Sposib vyznachennja biologichnoi' aktyvnosti ob'ektiv pryrodnogo pohodzhennja [Tekst] / Homych G. P., Vikul' S. I., Kaprel'janc L. V., Osypova L. A., Lozovs'ka T. S. – *Vlasnyk Odes'ka nacional'na akademija harchovyh tehnologij.* – № u 201302626; zajavl. 04.03.2013; opubl. 12.01.2015, Bjul. № 1. (in Ukrainian).
- Sorokina, O. N., Sumina, E. G., Petrakova, A. V., Barysheva, S. V. (2013). Spektrofotometricheskoe opredelenie summarnogo sodержanija flavonoidov v lekarstvennyh preparatah rastitel'nogo proishozhdenija [Tekst] / // *Izvestija Saratovskogo un-ta. Novaja serija. Ser. Himija. Biologija. Jekologija.* – 13 (3), 8–11. (in Russian).
- Diduh, N. A., Chagarovs'kyj, O. P., Lysogor, T. A. (2008). Zakvashuvani kompozycji' dlja vyrobnyctva molochnyh produktiv funkcional'nogo pryznachennja [Tekst] / N. A. Diduh,. – Odesa: Vydavnyctvo «Poligraf», 236. – ISBN 978-966-8788-79-6. (in Ukrainian).

Стаття надійшла до редакції 14.04.2016