

utechky ynformacyu, opysyvajushhaja metod VCh-navjazyvanyja». ONAS. Zbirnyk tez. Odesa: ONAS, 168.

7. Kyzljuk, A. I. (1998). Spravochnyk po ustrojstvu y remontu telefonnyh apparatov zarubezhnogo y otechestvennogo proyzvodstva. Moscow: Antelekom, 98.

8. Inzhenernye metody otsenki emkosti pechatnoj platy. Available at: http://p-platy.ru/news/inzhenernye_metody_otsenki_emkosti_pechatnoj_platy/2014-01-19-185.

9. Proektirovanie poloskovykh ustroystv SVCh. Available at: <http://coil32.narod.ru/files/SVCH.pdf>

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор,
академік Міжнародної академії наук прикладної радіоелектроніки Цона О. І.
Дата надходження рукопису 19.06.2015*

Лыков Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: yusik@3g.ua

Морозова Анна Дмитриевна, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: ancho.morozova.94@bk.ru

Кукуш Виталий Дмитриевич, кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: K.Vitalii@gmail.com

Парфёнов Александр Сергеевич, аспирант, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: sania_parfynov@mail.ru

УДК 66.011:[637.52-021.632:663.26.061.3]

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.47202

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІФЕНОЛЬНОЇ ДОБАВКИ З ВИНОГРАДНОГО НАСІННЯ ДЛЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

© **І. О. Літвінова, Г. М. Станкевич, О. М. Савінок**

В статті визначені оптимальні параметри отримання поліфенольної добавки з виноградного насіння антиокиснювального призначення – «Мальтовин» методом математичного планування багатofакторних експериментів. Дослідження проводились відповідно до матриці D-оптимального квадратичного плану експериментів. Отримані результати процесу мікрохвильового екстрагування фенольних сполук з максимальною антиокиснювальною активністю. Встановлено, що вибрана модель забезпечує виявлення сукупності значень, які мінімізують відхилення розрахункових та експериментальних даних

Ключові слова: математичне моделювання, багатofакторний експеримент, оптимізація, комплексна добавка, антиокиснювач, поліфенольні сполуки

In the article the optimal parameters are defined to obtain polyphenol additive made from grape stone of antioxidant purpose – "Maltovin" by the method of mathematical planning of multifactor experiments. Research is conducted under the matrix of D-quadratic optimal plan of experiments. The results of microwave extraction process of phenolic compounds with maximum antioxidant activity are obtained. It was established that the selected model provides a set of detection values that minimize divergence of calculated and experimental data

Keywords: mathematical modeling, multifactor experiment, optimization, complex additive, antioxidant, polyphenolic compounds

1. Вступ

Одним із перспективних способів розробки м'ясних продуктів з гарантованою безпечністю і пролонгованими термінами зберігання є застосування в рецептурах біологічно активних речовин (БАР) природного походження, які забезпечують антиокиснювальну та антимікробну дію. Як правило, основним джерелом БАР є рослинна сировина. Можливість застосування рослинних добавок вимагає розробки оптимальних параметрів їх отримання та удосконалення технологій використання цих добавок в харчових продуктах.

На виробництвах використовують різні масообмінні процеси для отримання БАР. Враховуючи особливості будови і специфічні властивості вилучених речовин, для них необхідно підбирати такі параметри обробки, щоб максимально зберегти функціональність цінних інгредієнтів.

Складна проблема оптимізації технологічних процесів може бути вирішена шляхом застосування математичних методів раціоналізації досліджень. Важливою перевагою математичного моделювання технологічних процесів на основі фундаментальних фізико-хімічних законів природи є їх універсальність

і можливість використання в широкому діапазоні параметрів. При розробці моделі технологічного процесу можуть бути враховані ключові параметри, які регламентують вимоги до отримання рослинних добавок заданої якості. А система рівнянь, яка описує модель, дозволяє спрогнозувати відхилення значень вихідних параметрів. Тому математичне моделювання доцільно використовувати при оптимізації технологічних режимів отримання БАР, до яких відносяться і поліфеноли виноградного насіння.

2. Постановка проблеми

Успішне вирішення технологічних задач багато в чому залежить від інтенсивності виробничих процесів. Визначення ефективності функціонування технологічних об'єктів будь-якого виробництва, оптимальних режимних параметрів, вибір раціональної структури і алгоритмів поведінки, відповідно до поставленої мети – основні проблеми при управлінні функціонуючими об'єктами і проектуванні сучасного виробництва. Багатокомпонентність, велика розмірність, багатопараметричність і невизначеність у виробничих умовах ускладнюють вирішення зазначених проблем. Методи математичного моделювання та прийняття рішень є науково обґрунтованими ефективними підходами до вирішення цих складних проблем виробництва.

В різних галузях харчової промисловості для скорочення кількості досліджень і отримання достовірної інформації по впливу режимних факторів на показники якості продукції використовують різні методи математичного планування. Це здебільшого стосується оптимізації параметрів технологічних процесів при переробці харчової сировини, властивості якої лабільні і в значній мірі залежать від зовнішніх чинників. Саме тому при вдалому поєднанні методів математичного моделювання з сучасними обчислювальними засобами з'являється можливість з високою точністю швидко досліджувати різні варіанти функціонування виробничої системи, вивчати її основні особливості та розкривати резерви для удосконалення.

При математичному моделюванні процес досліджують, змінюючи різні параметри, зв'язані між собою у вигляді моделі. Такий підхід дозволяє комбінувати різні варіанти досліджуваного процесу і визначати оптимальні умови його протікання, керувати ним на основі математичної моделі, отримувати достовірні результати і переносити їх на реальний об'єкт.

Методи планування багатофакторних експериментів, прикладної математичної статистики і регресійного аналізу отримали широке застосування в наукових і прикладних дослідженнях. Статистичні моделі, зокрема, є інформаційним ресурсом і необхідні при розробці і удосконаленні наукомістких технологій.

Враховуючи, те, що досліджуваний об'єкт – виноградне насіння, містить комплекс поліфенолів із різними властивостями і різним ступенем прояву антиокислювальної активності, метою даного етапу наукових досліджень було використання математич-

ної моделі для оптимізації параметрів екстракції БАР в мікрохвильовому полі.

3. Літературний огляд

Тенденція використання математичного планування будь-яких технологічних процесів є досить поширеною. Це стосується і розробки складу багатокомпонентних продуктів із заданим комплексом якісних показників і властивостей. Денисович Ю. Ю., Борозда А. В., Мандро Н. М. [1] застосовували математичну обробку експериментальних даних з використанням кореляційної залежності і плану оптимізації багатофакторного аналізу для виділення значимих факторів, які вагомо впливають на якісні показники м'ясних напівфабрикатів із м'яса косулі: відсотковий вміст м'яса косулі; кількість введеної добавки «Лавітол» і терміни їх зберігання. На основі розрахункових даних вченими встановлено оптимальні параметри факторів: кількість харчової добавки «Лавітол» – 0,049–0,052 %; вміст м'яса косулі до кількості м'яса в продукті – 38,2–57,4 %; термін зберігання – 30–45 днів.

Золотокопова С.В. зі співробітниками [2] використовували метод послідовного симплекс-планування з метою моделювання рецептурного складу композицій рибоовочевих фаршевих виробів з заданими якісними характеристиками. Цей метод передбачає економічний багатокроковий процес руху до екстремального значення цільової функції у відповідній області багатофакторної залежності. В результаті такого моделювання вченими визначено оптимальне співвідношення кількості м'яса риби, овочів та коптильних екстрактів в полікомпонентних продуктах, а також їх вплив на органолептичні показники рибоовочевих паштетів, виготовлених з малоцінної рибної сировини.

Цибізова М. Є., Кільмасв О. О. [3] працювали над підбором математичної моделі, яка найбільш повно відповідає проблемі проектування продуктів харчування з гідробіонтів заданого складу функціонального призначення. Математична постановка експерименту полягала у визначенні найбільшого або найменшого значення цільової функції при певних умовах методом лінійного програмування, для вирішення завдань якого розроблено цілий комплекс ефективних методів, алгоритмів і завдань. Дослідники пропонують проводити розробку рецептур нових комбінованих продуктів із сировини тваринного походження на основі методу математичного моделювання за критерієм мінімізації енергетичної цінності, підбираючи сировинні компоненти з заданими обмеженнями величини функції і показників, які регулюються.

Максімов І. В. [4] використовував метод планування багатофакторних експериментів для оптимізації масових часток рецептурних компонентів м'ясних фаршів, які б забезпечували високі функціонально-технологічні властивості. Основними змінними факторами були – масова частка м'яса кроля та масова частка композиційної суміші – продукти переробки глуду, тваринного білка і бульбових культур топінамбура, які характеризуються збалансованим складом основних харчових речовин і пребіотично-сорбційними властивостями.

4. Розробка технології отримання добавки «Мальтовин»

Основним завданням досліджень було отримання екстракту поліфенольних сполук в умовах МХ-поля з виноградного насіння *Vitis vinifera* сорту «Ізабелла» з максимальною антиоксидантною активністю.

На основі апріорної інформації, процес екстракції фенольного комплексу можна подати у вигляді параметричної схеми (рис. 1), яка наочно демонструє, що на вилучення фенольних сполук із виноградного насіння впливають такі фактори, як концентрація спирту водно-спиртового екстрагенту (C , %), ступінь подрібнення сировини (d , мм) та тривалість екстракції (τ , с).

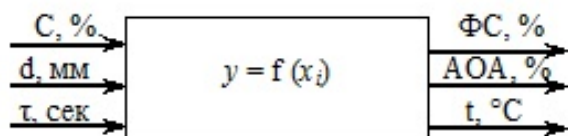


Рис. 1. Параметрична схема процесу екстракції

На основі попередніх досліджень було встановлено, що найкращим екстрагентом є водно-спиртовий розчин з масовою концентрацією спирту у межах 35–65 %.

Відомо, що значний вплив на внутрішній дифузійний опір чинить розмір частинок подрібненої сировини. В неподрібненому матеріалі, внаслідок наявності оболонки і клітинних мембран, що чинять опір проникненню цільових компонентів, процес відбувається за внутрішньомолекулярним механізмом. Під впливом подрібнення руйнуються бар'єри на шляху проникнення цільових компонентів і в результаті цього швидкість процесу збільшується. Зменшення розміру частинок є одним з найвагоміших чинників для зменшення внутрішнього опору. Зі збільшенням ступеня подрібнення сировини збільшується загальна поверхня подрібнених частинок і підвищується молекулярна дифузія. Слідом за підвищенням молекулярної дифузії збільшується і зовнішня (конвективна) дифузія, тобто дифузія від поверхні частинок сировини в екстрагент, відповідно підвищується кількість проекстрагованих речовин. Для кожного виду сировини і умов протікання процесу існує мінімальний розмір часток. В наших дослідженнях процес екстракції проводили як на неподрібнених (цілих) ядрах сировини з розмірами 3,53 мм, так і на подрібнених частинках з середньозваженими розмірами 0,25 мм.

Змінним фактором процесу екстракції була також її тривалість, яку у дослідях варіювали у межах 25...85 с.

Екстракцію у мікрохвильовому полі проводили на експериментальній установці з такими параметрами: потужність магнетрону $P=0,15\pm 0,10$ кВт, гідромодуль 1:4.

Ефективність процесу екстракції оцінювали за вихідними параметрами: масова частка вивільнених фенольних сполук (ФС, %) та їх антиоксидантна ак-

тивність (АОА, %). Оскільки у ході екстрагування за рахунок поглинання мікрохвильової енергії підвищується температура екстрагенту t , то контролювали її значення, оскільки вона не повинна перевищувати гранично припустимих величин (50–55 °С).

Таким чином, для визначення оптимальних режимів вивільнення фенольних сполук у процесі екстракції в умовах МХ-поля необхідно встановити сумісний вплив концентрації розчинника, ступеня подрібнення сировини та тривалості екстракції на вихід фенольних сполук у розчин. Для цього, насамперед, необхідно скласти математичне описання процесу екстракції фенольних сполук на основі експериментальних досліджень.

З метою скорочення кількості дослідів і отримання достовірних даних про закономірності проходження процесу екстракції найбільш доцільним є застосування методів математичного планування багатофакторних експериментів [5, 6].

Для отримання найбільш точного математичного опису процесу екстракції був обраний D-оптимальний квадратичний план експериментів з додатковим дослідом в центрі експерименту, що дозволяє отримати оцінки коефіцієнтів регресії з мінімально можливим розсіюванням відносно центру розподілення.

Досліди проводили у трьох паралелях, однорідність результатів дослідів оцінювали за критерієм Кохрена. Щоб виключити вплив можливих систематичних похибок та зменшити випадкові похибки, досліди рандомізували [5, 6].

Виходячи з необхідності отримання добавки для м'ясних продуктів з високою антиокиснюючою дією, а також спираючись на результати наших попередніх дослідів, експерименти були проведені у таких інтервалах зміни досліджуваних факторів: концентрація спирту водно-спиртового екстрагенту $C=35...65$ %, ступінь подрібнення сировини $d=0,25...3,53$ мм та тривалість екстракції $\tau=25...85$ с.

Прийнята у дослідженнях матриця D-оптимального квадратичного плану експериментів, а також отримані результати процесу мікрохвильового екстрагування фенольних сполук наведені в табл. 1.

Результати експериментів були опрацьовані з використанням комп'ютерної програми PLAN, розробленої в ОНАХТ для реалізації послідовного регресійного аналізу багатофакторних експериментів [6].

На основі отриманих експериментальних даних методом найменших квадратів та послідовного регресійного аналізу були отримані рівняння залежності досліджених критеріїв оцінки процесу екстракції в умовах мікрохвильового поля – масової частки вивільнених фенольних сполук $ФС (y_1, \%)$, антиоксидантної активності фенольних сполук $АОА (y_2, \%)$ та температури екстрагенту $t (y_3, ^\circ C)$ – від факторів, що визначають режим (умови) проведення процесу екстракції – концентрації екстрагенту (водно-спиртових розчинів) C , середньозваженого діаметру частинок подрібненої сировини d та тривалості процесу екстракції τ . Для спрощення розрахунків та наступного аналізу отриманих рівнянь регресії обробку проводили у кодованих змінних.

Таблиця 1

Матриця плану експерименту і результати оцінки процесу екстракції фенольних сполук за різних умов

№ з/п	Умови дослідів						Результати дослідів		
	в натуральних змінних			в кодованих змінних			Y ₁ (ФС, %)	Y ₂ (АОА, %)	Y ₃ (t, °C)
	C, %	d, мм	τ, с	x ₁	x ₂	x ₃			
1	35	0,25	25	–	–	–	3,55	25,77	45
2	65	0,25	25	+	–	–	4,62	33,83	45
3	35	3,53	25	–	+	–	2,03	12,39	46
4	65	3,53	25	+	+	–	3,14	22,76	47
5	35	0,25	85	–	–	+	4,80	29,69	55
6	65	0,25	85	+	–	+	5,95	39,48	55
7	35	3,53	85	–	+	+	1,03	17,83	57
8	65	3,53	85	+	+	+	2,23	25,29	56
9	35	1,89	55	–	0	0	4,50	41,69	53
10	65	1,89	55	+	0	0	5,60	49,66	54
11	50	0,25	55	0	–	0	4,86	41,94	53
12	50	3,53	55	0	+	0	2,28	30,06	54
13	50	1,89	25	0	0	–	5,10	39,76	46
14	50	1,89	85	0	0	+	5,22	44,29	57
15	50	1,89	55	0	0	0	5,25	51,88	52

В результаті отримані такі рівняння регресії:

– для масової частки вивільнених фенольних сполук ФС (y₁, %)

$$y_1 = 5,134 + 0,563 \cdot x_1 - 1,307 \cdot x_2 - 1,685 \cdot x_{22} + 0,562 \cdot x_2 x_3, \quad (1)$$

– для антиоксидантної активності фенольних сполук АОА

$$y_2 = 49,768 + 4,365x_1 - 6,238x_2 + 2,207x_3 - 3,565x_{11} - 13,240x_{22} - 7,215x_{33}, \quad (2)$$

– для температури екстрагенту t

$$y_3 = 51,67 + 5,10 \cdot x_3, \quad (3)$$

, x₃ – кодовані значення факторів відповідно C, d та τ, які визначаються за співвідношеннями:

$$x_1 = (C - 50) / 15; x_2 = (d - 1,89) / 1,64, x_3 = (\tau - 55) / 30.$$

Перевірка адекватності отриманих рівнянь регресії за критерієм Фішера F показала, що всі вони з 95 % надійністю адекватно описують процес екстракції, оскільки для них виконується умова F_p ≤ F_{кр}.

Аналіз отриманого рівняння (1) показує, що C та τ спричиняють лінійну зміну виходу ФС, причому C однозначно підвищує вихід ФС, а зміна τ може як підвищувати, так і знижувати вихід ФС в залежності від значення d. Так, збільшення τ за максимальних значень d призводить до зменшення ФС, а за мінімальних, навпаки, до зростання виходу ФС, що можна пояснити збільшенням поверхні масообміну при подрібненні сировини. Можна зазначити також, що є певний діапазон розмірів d, за яких τ не впливає на вихід ФС.

Що стосується впливу d на вихід ФС, то можна відмітити, що ця залежність носить нелінійний (параболічний) характер. Незалежно від C зменшення d призводить спочатку до зростання виходу ФС, а

потім до його поступового падіння. Однак дещо більший вихід ФС можна отримати при підвищених значеннях C. Аналогічний характер має вплив d за різних значень τ, тобто зі зменшенням d вихід ФС спочатку зростає, а потім зменшується, причому зі зростанням τ ступінь вилучення ФС також зростає і в кінці екстракції досягає найбільшої величини.

Вплив τ на ступінь вилучення ФС залежить також і від C та d – більшого виходу ФС можна досягти при зростанні C та зменшенні d до певних (оптимальних) меж.

Аналіз рівняння (2) показує, що залежність АОА від розглянутих факторів C, d та τ носить параболічний характер і має для всіх факторів оптимальні значення (максимум, на що вказують знаки квадратичних коефіцієнтів). Однак можна відмітити більш суттєвий вплив на АОА ступінь подрібнення сировини d.

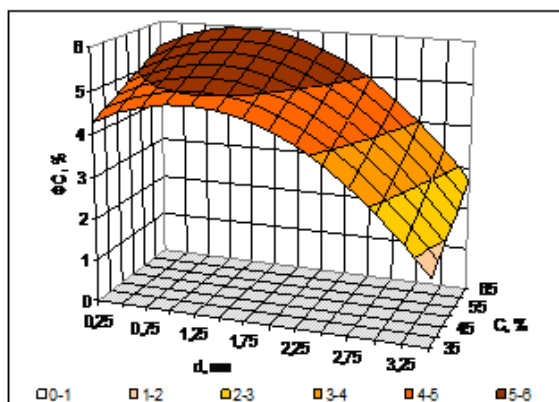
Що стосується температури, до якої нагрівається екстрагент у кінці процесу екстракції, то з рівняння (3) видно, що вона залежить лише від тривалості процесу – чим вона більша, тим до вищої температури нагрівається екстрагент.

Наочний вигляд функцій відгуків, що описуються отриманими рівняннями (1)–(3), а також характер впливу умов проведення екстракції на вихід фенольних сполук (ФС) та їх антиоксидантну активність (АОА), показано на рис. 2, 3.

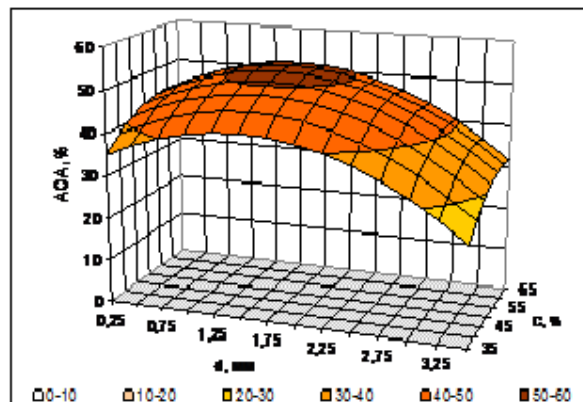
Використовуючи отримані рівняння (1)–(3) та процедуру пошуку оптимальних рішень пакету Microsoft Excel, були визначені оптимальні режими (умови) процесу екстракції, які забезпечують максимальну антиоксидантну активність фенольних сполук (АОА):

$$C = 59,2 \% ; d = 1,5 \text{ мм} ; \tau = 59,6 \text{ с}.$$

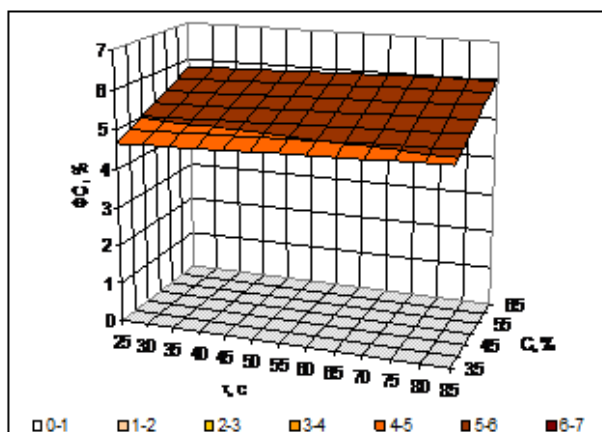
За цих оптимальних умов антиоксидантна активність фенольних сполук АОА складає 52,01 %, масова частка вивільнених фенольних сполук ФС дорівнює 5,71 %, температура екстрагенту не перевищує 52,4 °C [7].



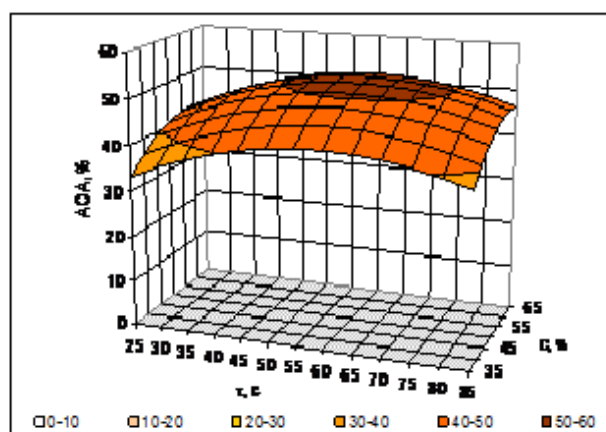
а



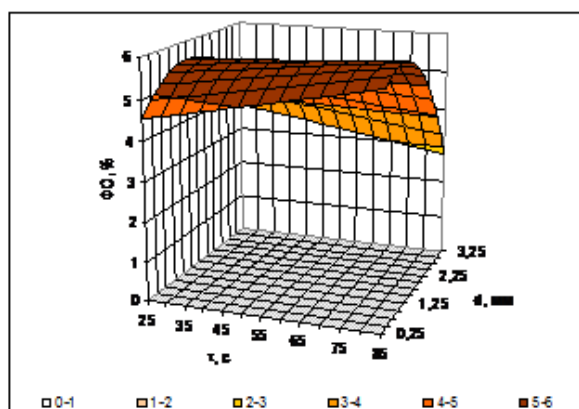
а



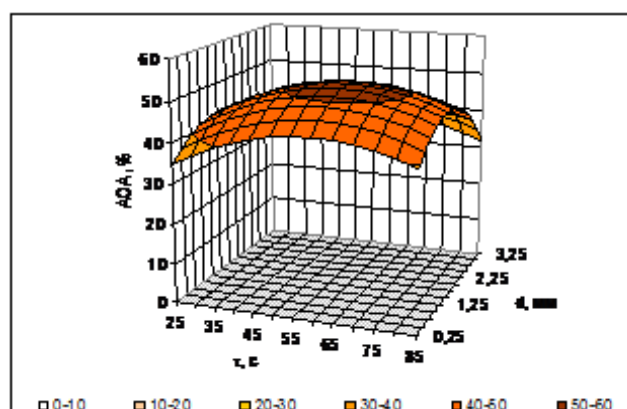
б



б



в



в

Рис. 2. Залежність виходу фенольних сполук від факторів C , d , τ : а – залежність $FC=f(C, d)$, $\tau=59,6$ с; б – залежність $FC=f(C, \tau)$, $d=1,5$ мм; в – залежність $FC=f(d, \tau)$, $C=59,2$ %

Рис. 3. Залежність антиоксидантної активності ФС від факторів C , d , τ : а – залежність $AOA=f(C, d)$, $\tau=59,6$ с; б – залежність $AOA=f(C, \tau)$, $d=1,5$ мм; в – залежність $AOA=f(d, \tau)$, $C=59,2$ %

5. Апробація результатів досліджень

На основі отриманих результатів встановлені оптимальні умови, що лягли в основу технології отримання комплексної добавки «Мальтовин» антиокиснювальної дії: ступінь подрібнення сировини – 1,5 мм; температура – в межах 50–53 °С; час екстракції – 60 сек.; гідромодуль – 1:4; концентрація розчинника – 60 %.

6. Висновки

Використання математичної моделі для оптимізації параметрів екстракції поліфенолів з виноградного насіння в мікрохвильовому полі дозволило оптимізува-

ти режимні параметри. Розраховані коефіцієнти регресії показують наслідки від можливих взаємодій між вхідними параметрами. Оптимізовані режими дозволяють забезпечити максимальну АОА екстракту при масовій частці полі фенольних сполук 5,71 %.

Література

1. Денисович, Ю. Ю. Разработка технологии обогащенных мясных продуктов функциональной направленности [Текст] / Ю. Ю. Денисович, А. В. Борозда, Н. М. Мандро // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 92. – № 6. – С. 83–87.

2. Золотокопова, С. В. Математическое моделирование рецептур новых поликомпонентных продуктов из малоценных видов рыб [Текст] / С. В. Золотокопова, О. М. Проталинский, И. С. Лучшева, Е. Ю. Лебедева // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 110–115.

3. Цибизова, М. Е., Кильмаев, А. А. Концепция рационального питания и проектирование функциональных продуктов из гидробионтов [Текст] / М. Е. Цибизова, А. А. Кильмаев // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2013. – Т. 26. – № 3. – С. 173–178.

4. Максимов, И. В. Разработка функциональных мясных изделий с использованием комплексных добавок пребиотически-сорбционной направленности [Текст] / И. В. Максимов и др. // Молодой ученый. – 2013. – №10. – С. 251–256.

5. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. – М.: Мир, 1977. – 655 с.

6. Остапчук, Н. В. Математическое планирование процессов пищевых производств: Сб. задач: Учеб. пособие [Текст] / Н. В. Остапчук, В. Д. Каминский, Г. Н. Станкевич, В. П. Чучуй, под ред. Н. В. Остапчука. – К.: Вища школа, 1992. – 175 с.

7. Савінок, О. М. Пат. 79379 Україна, МПК 51 С 11 В 1/10 (2006.01). Спосіб одержання екстракту з виноградного насіння [Текст] / Савінок О. М., Літвінова І. О., Бурдо О. Г., Капетула С. М. – заявник і патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. – № 201210165; заявл. 27.08.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.

References

1. Denisovich, Y. Y., Furrow, A. V., Mandro, N. M. (2012). Development of technology-enriched meat products functional orientation: Bulletin of the Altai State Agrarian University, 92 (6), 83–87.

2. Zolotokopova, S. V., Protalinskiy, O. M., Luchsheva, I. S. (2011). Mathematical modeling of multicomponent formulations new products from low-value fish species: Herald AS-TU. Ser.: Fisheries., 1, 110–115.

3. Tsibizova, M. E., Kilmann, A. A. (2013). The concept of a balanced diet and designing functional products of aquatic organisms: Herald ASTU. Ser.: Fisheries, 26 (3), 173–178.

4. Maksimov, I. V. (2013). Development of functional meat products with complex prebiotic supplements sorption orientation: The young scientist, 10, 251–256.

5. Hartman, K., Letsky, E., Schaefer, B. (1977). Planning for the experiment in the study of processes. Moscow.: Mir., 655.

6. Ostapchuk, N. V., Kaminsky, V. D., Stankevich, G. N., et al (1992). Mathematical planning processes of food production: Sat. tasks: Proc. Benefit. K.: High school., 175.

7. Savinok, O. M., Litvinova, I. O., Burdo, O. G., Kapetula, S. M. (2013). Pat. 79379 UA, МПК 51 С 11 В 1/10 (2006.01). Method of obsession the extract from grape seeds – applicant and patent holder Odessa national academy of food technologies. – № 201210165; appl. 27.08.2012; publ. 25.04.2013, Bull., 8.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Станкевич Г. М.
Дата надходження рукопису 18.06.2015.*

Літвінова Інна Олександрівна, аспірант, кафедра технології м'яса, риби та морепродуктів, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

E-mail: Litvinnalex@ukr.net

Станкевич Георгій Миколаєвич, доктор технічних наук, професор, кафедра технології зберігання зерна, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

E-mail: georg-st@mail.ru

Савінок Оксана Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології м'яса, риби та морепродуктів, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

E-mail: savoksamit@mail.ru

УДК 504.054

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.47203

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОЭКОСИСТЕМ В ЗОНАХ НАБЛЮДЕНИЯ АЭС

© А. А. Попов, В. Е. Ковач, О. В. Бляшенко, В. Е. Ковач, К. В. Сметанин

В работе представлен математический аппарат и методология исследований задач оценки устойчивости геологических и экологических систем в зонах наблюдения АЭС. Рассмотрены известные методы определения таких показателей внутренней саморегуляции геоэкоосистем, как инертность, восстанавливаемость и пластичность. Представлена принципиальная схема алгоритма получения интегрированной информации по оценке риска экологического состояния для территории и здоровья населения. Выполнен анализ составляющих оценки экологического риска

Ключевые слова: устойчивость геоэкоосистемы, отказ системы, показатели устойчивости, саморегуляция, инертность, восстанавливаемость, пластичность, экологический риск

This paper presents a mathematical apparatus and methodology of tasks research in assessing the sustainability of geological and ecological systems in the areas of NPP. The known methods for the determination of indicators of internal self-regulation geoecosystems as inertness, renewability and plasticity are considered. In the article a schematic diagram of obtaining integrated information on risk assessment for the territory of the state of environmental and human health is given. The analysis of the components of the environmental risk assessment is done

Keywords: geoecosystem stability, system failure, sustainability indicators, self-regulation, inertness, renewability, plasticity, environmental risk