

ISSN 2304-974X

**Ministry of Education and Science,
Youth and Sports of Ukraine**

**Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України**

**NATIONAL UNIVERSITY
OF FOOD TECHNOLOGIES**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

UKRAINIAN FOOD JOURNAL

№ 1

Kyiv

2012

Київ

UDC 663/664

УДК 663/664

Ukrainian Food Journal is an international scientific journal that publishes innovative papers of expert in the fields of food science, engineering and technology, chemistry, economics and management.

The advantage of research results publication available to students, graduate students, young scientists.

Manuscripts of articles are reviewed by leading scientists and experts of respective areas.

Users of the journal are scientists, teachers, engineers and managers of the food industry.

Ukrainian Food Journal – міжнародне наукове періодичне видання для публікації результатів досліджень фахівців у галузі харчової науки, техніки та технології, хімії, економіки і управління.

Перевага в публікації результатів досліджень надається студентам, аспірантам та молодим вченим.

Рукописи статей рецензують провідні вчені та спеціалісти відповідних галузей.

Для науковців, викладачів, інженерно-технічних працівників та керівників підприємств харчової промисловості

Editorial office address:

National University
of Food Technologies
Volodymyrska st., 68
Ukraine, Kyiv 01601

Адреса редакції:

Національний університет
харчових технологій
вул. Володимирська, 68
Київ 01601

e-mail: ufj_nuft@meta.ua

*Scientific Council of the National
University of Food Technologies
recommends the journal by printing.
Minutes № 10, 31.05.2012*

*Рекомендовано вченою радою
Національного університету
харчових технологій.
Протокол № 10 від 31.05.2012*

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:

Sergiy Ivanov, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Members of Editorial board:

Tetiana Mostenska, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Valerii Myronchuk, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Oleksandr Shevchenko, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Vitalii Taran, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Tetyana Pyrog, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Volodymyr Kovbasa, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Liubomyr Homichak, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Galyna Simakhina, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Olena Grabovska, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Iryna Fedulova, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Olena Dragan, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Mark Shamtsian, PhD, As. Prof., *St. Petersburg State Technological Institute, Russia*

Stefan Stefanov, Ph.D., Prof., *University of Food Technologies, Bulgaria*

Adriana Birca, Ph.D., Prof., *George Baritiu University, Romania*

Tomasz Bernat, Ph. D. Hab., Prof., *Szczecin University, Poland*

Virginija Jureniene, Ph. D., Prof., *Vilnius University, Lithuania*

Oksana Yaremenko, Ph.D., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Oleksii Gubenia (accountable secretary), Ph.D., As. Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор:

Сергій Іванов, д-р. хім. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Члени редакційної колегії:

Тетяна Мостенська, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Валерій Мирончук, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Олександр Шевченко, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Віталій Таран, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Тетяна Пирог, д-р. біол. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Володимир Ковбаса, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Любомир Хомічак, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Галина Сімахіна, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Олена Грабовська, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Ірина Федулова, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Олена Драган, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

Марк Шамцян, канд. техн. наук, доц., *Санкт-Петербурзький державний технологічний інститут, Росія*

Стефан Стефанов, д-р., проф., *Університет харчових технологій, Болгарія*

Адріана Бірке, д-р., проф., *Університет «George Baritiu» Румунія*

Томаш Бернат, д-р., проф., *Щецинський університет, Польща*

Віргінія Юренієнс, д-р., проф., *Вільнюський університет, Литва*

Оксана Яременко, канд. техн. наук, *Національний університет харчових технологій, Україна*

Олексій Губеня (відповідальний секретар), канд. техн. наук., доц., *Національний університет харчових технологій, Україна*

ЗМІСТ

Сторінка головного редактора	6
FOOD TECHNOLOGIES	
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	7
Biological value of aronia berries	
Simakhina G., Naumenko N., Khalapsina S.	8
Degradation of aromatic compounds by the oil-oxidizing bacteria	
<i>Nocardia Vaccinii</i> K-8 and <i>Acinetobacter Calcoaceticus</i> IMB B-7241	
Svitlana Antoniuk.....	12
Use of biosurfactant preparation of <i>Rhodococcus Erythropolis</i> IMV AC-5017 for remediation of water polluted with oil and heavy metals	
Iryna Filyuk	17
Use of cells and surfactants of <i>Nocardia Vaccinii</i> K-8 in bioremediation processes	
Natalia Grytsenko, Anna Sophylkanych, Anastasiia Konon.....	21
Моделювання процесів опалення на підприємствах харчової промисловості з метою енергозбереження	
Д.В. Левчій, М.О. Левчій, Н.В. Медвідь.....	25
Властивості модифікованих крохмалів та їх вплив на фізико-хімічні параметри емульсійних систем	
Самойленко І.П., Корецька І.І., Ковалевська Є.І.	30
Обґрунтування терміну зберігання пастоподібних кисломолочних продуктів з прянощами	
Ющенко Н.М., Кузьмик У.Г.....	34
Удосконалення технології борошняних кондитерських виробів збагачених продуктами переробки моських водоростей	
Шаран Л.О., Бура Г.М., Шаран А.В.	37
Intensification of surfactant synthesis of acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241 on ethanol in presence of organic acids	
Anastasiia Konon, Kseniia Chebotaryova.....	41
Інтенсифікація синтезу поверхнево-активних речовин <i>Nocardia Vaccinii</i> K-8 на гліцерині внесенням екзогенних попередників	
Хом'як Д.І., Кудря Н.В.	46
Штамове різноманіття трутовика лакованого <i>Ganoderma Lucidum</i> (curtis: FR.) P. Karst	
Кирпушко О.В.	50
Визначення показників якості та безпеки соняшникової олії з підвищеною стійкістю до окиснення	
Усатюк С.І., Пелехова Л.С., Сус Л.В.	55
Маффіни на безглютеновому борошні для хворих на целиацію	
Дорохович А.М., Лазоренко Н.П.	58

Препаративне виділення індивідуальних ароматичних компонентів ефірної олії кмину	
Усатюк О.М., Науменко К.А., Чепель Н.В., Фролова Н.Е., Усенко В.О.....	62
Розроблення технології хлібних виробів для закладів ресторанного господарства з використанням екструдера	
Арсеньєва Л.Ю., Калініченко А.О., Ященко В.С.....	67
Визначення специфічної активності сучасних дезінфікуючих засобів	
Івашута В.А.	71
PROCESSES AND EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTIONS	
ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАОЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	74
Coordination of technological complex (TC) subsystems of sugar mill considering the doubtful information	
Dmytro Shumygai, Regina Boiko	75
Визначення ефективної величини початкового сиропу вакуум-апаратів для уварювання цукрового утфелю	
Коцюбанський А.М., Мирончук В.Г.....	81
Теоретичні розрахунки і практичні вимірювання параметрів теплообміну в конвективних хлібопекарських печах	
Логвінський Р.В., Доломакін Ю.Ю., Ковальов О.В., Федорів В.М.....	86
Дискретне перетворення Лапласа і різницеве рівняння	
А.О. Повзик, І.І.Юрик	91
Гідромеханічне очищення дифузійного соку	
Парахоня А.М., Пушанко М.М.	94
Узагальнені критерії якості в задачах багатокритеріальної оптимізації	
Л.В. Артюхова, Н.М. Рущенко, Т.В. Зінченко.....	97
Математичне моделювання процесу зміни температури кави при додаванні вершків	
І.М. Кожухівська, О.П. Зінкевич, К.М. Сологуб.....	101
Дослідження процесу сушіння казеїна в киплячому шарі	
А.М.Барабаш, О.М. Прохоров.....	101
ECONOMICS AND MANAGEMENT	
ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ	108
Оптимізація оподаткування підприємств	
О.А. Галушак, О.В. Зінченко, Т.В. Зінченко.....	109
Етимологія найменувань грошей в українській мові	
Науменко Н.В., Булаш А.В.	114
Оптимальний розподіл робочої сили для максимізації валового доходу	
О.І. Радзівська Н.В. Бортніченко.....	119
АННОТАЦИИ	123
ABSTRACTS	129

Если бы наука сама по себе не приносила никакой практической пользы, то и тогда нельзя было бы назвать её бесполезной, лишь бы только она изоощряла ум и заводила в нём порядок.

Фрэнсис Бэкон

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Національним університетом харчових технологій започатковане видання наукового журналу «Ukrainian Food Journal».

Це новий крок університету у розбудову науки та розвиток наукових шкіл. Журнал орієнтований на публікацію результатів наукових досягнень фундаментальних і прикладних досліджень у галузі харчової хімії та біохімії, мікробіології, процесів та технологій, гігієни харчування та екології, економіки та управління, які уможливають розвиток виробництва безпечних та якісних харчових продуктів.

Це іще одна можливість спонукати до наукових дискусій колег, обговорити на сторінках журналу результати наукового пошуку.

Пріоритетом журналу є друк статей молодих науковців. Сподіваюсь, що орієнтація журналу на наукові здобутки, в першу чергу, молоді: студентів, магістрантів, аспірантів, дозволить дати поштовх становленню представників наукових шкіл нового покоління.

Така цільова установка при створенні журналу викликана тим, що в світі підвищується роль молоді в науці, наука молодіє. У економічно розвинутих країнах частка молоді у провідних наукових закладах, які мають світове визнання, сягає 30% загальної кількості науковців. В українських наукових установах цей показник складає лише 10%.

Підвищенню наукового рівня публікацій буде сприяти згода увійти до складу редакційної колегії журналу «Ukrainian Food Journal» представників наукових шкіл інших країн, зокрема, Литви, Польщі, Росії, Румунії, Болгарії. Розширення представництва у редакційній колегії сприятиме поширенню знань про досягнення українських науковців і відкриє журнал університету для публікацій провідних європейських вчених.

Г. Лейбниц, визначаючи мету науки, написав: «Мета науки – добробут людства, тобто примноження всього, що корисно людям, але не заради того, щоб потім нічого не робити, а для підтримки доброчинності та розширення знань. Будь-який талант повинен зробити свій внесок».

Запрошую всіх небайдужих до співпраці.

Я щиро впевнений у тому, що новий журнал, який починає видавати університет, стане всесвітньо визнаним, а напрацювання наукових шкіл НУХТ стануть відомі широкому науковому загалу не лише в Україні, а й у світі.

Головний редактор,
д. х. н., проф. **Сергій Іванов**

FOOD TECHNOLOGIES

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

BIOLOGICAL VALUE OF ARONIA BERRIES

Simakhina, G., Naumenko, N., Khalapsina, S.

Summary. *The article represents the results of experimental studies over aronia berries' biological value. There was confirmed that they are the rich source of the wholesome complex of biologically active substances. Therefore, using aronia berries in the new technologies to obtain the foodstuff with increased biological value is affirmed as the way to widen the range of healthy food, proved scientifically, expedient technologically, and profitable economically.*

Keywords: *wild plants, aronia, synergists, vitamins, mineral substances, pectin complexes.*

Introduction.

The wild-growing fruit and berries are the rich source of vitamins, carbohydrates, lipids, proteins, organic acids, aromatics, minerals, and others. As the curative raw and foodstuff component, they are valuable due to the complex of biologically active substances that have the capillary-strengthening, anti-sclerotic, hypotensive, anti-inflammation, and hormonal action [1]. Many species of wild-growing berries have the high nutritional value, so that they would become the important reserve to create the new poly-functional compounds for enriching the traditional food products [2]. However, the range of such a raw to use in food industry is significantly limited by now. The studies over the biological value of wild plant raw materials are one of the main ways to introduce them into the sphere of food technologies; henceforth, it would allow widening the range of plant resources.

The **purpose** of this work is to define the main biocomponents in the samples of aronia berries grown in Vinnytsia and Kyiv regions, and to estimate their polyfunctional properties from the viewpoint of its influence on the live organism.

Research methods.

The authors of this article used the standard physical and chemical methods of estimating the plant raw, which are *the Bertrand half-micro method modified by Bierry* to determine the sugars' sum; *calcium-pectate method* to determine the pectin substances; *titration of the samples by 0.1 n. solution of sodium hydroxide* to define the general content of organic acids; *method based on the ascorbic acid's ability to restore the 2,6-dichlorophenolindophenol cyan solution into colorless compound* to define the ascorbic acid content; *using the Fauline-Dennis reagent* to determine the polyphenol substances.

Results and Discussion.

The analysis of the data published recently evidence that the main biological value of wild berries (including aronia) is represented by the following components: pectin substances, organic acids, sugars, ascorbic acid, polyphenol compounds, and mineral substances.

Just those were the indices which we determined experimentally with additional orientation on literary data for several of them. The obtained results are shown in Tables 1 and 2.

Four samples of aronia berries (samples No. 1 and 2 were harvested in Vinnytsia region and samples No. 3 and 4 were harvested in Kyiv region) were researched in our paper.

Table 1
Biologically active substances in aronia berries, per cent (by raw product mass)

Samples	Dry substances content, per cent	General sugar content, per cent	Pectin substances		Organic acids, per cent
			Protopectin	Soluble pectin	
Sample No.1	19.6	7.8	0.448	0.264	0.98
Sample No.2	20.4	8.0	0.425	0.248	0.76
Sample No.3	22.2	8.6	0.488	0.265	1.44
Sample No.4	20.8	8.2	0.470	0.258	1.12

The analysis of the obtained data shows the following facts.

First, all of the samples contain the efficient sum of dry substances. The content of general sugars vacillates between 7.8 and 8.6 per cent. Moreover, according to the literary data, this range is significantly wider – from 4.6 to 14.6 per cent. The profound researches also showed that inverted sugar is prevalent in aronia berries, but sucrose content is very low or nil.

This is the important characteristic of aronia berries, because such carbohydrate content allows implementing the products made of it into diets for sick, disabled persons, old age people and children. Subsequently, the organism would not need to spend energy for dissolving sucrose to simple sugars that would come into blood directly.

Second, all of the studied samples contain circa 1 per cent of pectin substances (0.673 to 0.753 per cent). Besides, their significant part falls on soluble pectin (35.2 to 37.0 per cent).

According to literary data, aronia can contain 0.52...1.2 per cent of pectin substances [4]. There was confirmed that protopectin is dominant on all the phases of aronia berries' development. As we can see, the mature berries have twofold more protopectin than soluble pectin.

This convinces once more to recognize expedient the usage of wild-growing plants in producing foodstuff with both common and special destination, considering the outstanding role of pectin substances in normalizing different processes in human organism (particularly, prophylactic and healing intestine diseases, regulation and removal of heavy metals, radionuclides, cholesterol residua, and so on).

Third, the aronia berries contain the significant amounts of organic acids, according to our data – from 0.76 to 1.44 per cent (the literary data show that the acidity of different aronia species may vacillate within 0.94...2.01 per cent).

The samples of aronia harvested in Vinnytsia region contain a little less organic acid than the Kyiv region samples do. These indices correlate with the general sugar content (7.8...8.0 in Samples No. 1 and 2; 8.2...8.6 in Samples 3 and 4).

The researchers who investigated the changes in aronia berries' general acidity dependently on the growing place came to conclusion that acidity, along with saccharine index, is increasing in north area. Consequently, these indices are higher for berries grown in Kyiv region.

It is well-known that organic acids like apple, lemon, and oxalic, are prevalent in fruit. Amber, fumaric, vinous, cinchona, chlorogenous and other similar acids are present in smaller amounts. Aronia berries are not an exception – lemon acid is dominant in them, less are present

apple, cinchona, and amber acids. All of these acids are extremely important for human organism normal functioning, as they support the acid and alkaline balance, oppress the harmful bacteria's activity, and protect the organism from nuclear damages.

Yet, the amber acid is attracting more and more scientists today. This is not a wonder, as the range of its influences is very wide – it stimulates the activity of kidneys and bowels, shows anti-stress, anti-inflammation, anti-toxic and other actions. Amber acid is used to heal the anemia of different etiology, lumbago, and heart diseases.

Table 2 represents the vitamin compound of aronia berries.

Table 2

Vitamin content in aronia berries, mg per cent (by raw product mass)

Samples	Ascorbic acid	Polyphenol compositions	Carotenoids
Sample No.1	67.8	2447.0	10.2
Sample No.2	54.6	2143.0	8.4
Sample No.3	129.4	2646.0	14.9
Sample No.4	88.5	2097.0	10.7

The analysis of data given in Table 2 evidences the rich vitamin content of aronia berries. As the biologically active substances of this culture are not yet studied properly, all the experimental results are a contribution into knowledge about still unidentified possibilities of aronia.

The index of ascorbic acid content in aronia is quite high, especially in Samples No. 3 and 4. Of course, these indices are significantly more humble than those for eglantine berries (that contain 1 531...3 094 mg per cent of ascorbic acid). However, they are almost equal for such ascorbic acid rich cultures as haw (14.2...110 mg per cent), wild cherry (26.6...75.5 mg per cent), black currant (49.4...123.0 mg per cent). Along with that, aronia berries overcome sea-buckthorn (that contains 12...45 mg per cent of vitamin C), Cornelian cherries (28.6...36.8 mg per cent), guelder berries (7.0...39.7 mg per cent), raspberries (26.7...49.4 mg per cent), and barberry (20.2...28.4 mg per cent) by the ascorbic acid content

The aronia berries' attractiveness to use in food technologies and production of poly-functional enriching substances is based on their ability to accumulate not only the significant amounts of ascorbic acid, but also the polyphenol compounds, because the mentioned combination is the most efficient for human organism functioning.

The mechanism of flavonoids activity is defined as blocking the metals' catalytic influence by constraining them into stable complexes that are resistant to any chemical reactions. The flavonoids help the organism to spend ascorbic acid more economically. The flavonoids' ability to strengthen the vessel membranes and regulate their penetrability is universally recognized. There was also proved that the effect of flavonoids' influence on capillaries gets maximally intensive with simultaneous introduction of ascorbic acid.

The figures presented in Table 2 showed that the high level of polyphenol compounds coincides with sufficient C-vitamin activity in all of the examined samples of aronia berries. Generally, a lot of researchers noticed that aronia exceeds the majority of other wild berries and fruit by the polyphenol substances content.

According to all of the listed criteria, aronia berries should take the priority place among high-vitamin plants and therefore be used widely in food and pharmaceutical industries.

High carotenoid content is also the important characteristic of aronia berries (8.4...14.9 mg per cent; See Table 2). The comparison of Table 2 figures showed that the carotenoids

(vitamin A precursors) synthesize in plants less intensively than ascorbic acid and polyphenols do.

Carotenoids are represented by β -carotene and its isomers. Vitamin A plays the polyfunctional role in human organism. As the daily dose of this vitamin is only 1...2 mg (or 2...4 mg of β -carotene), the small amount of wild fruit and berries would be sufficient to provide the human organism with noticed substance.

Conclusions.

The experimental data show that wild growing berries (including aronia) are very rich source of a complex of biologically active substances, which would allow obtaining the new foodstuff with increased biological value. Taking aronia for a base to create the biologically active additives and polyfunctional ingredients is grounded scientifically, expedient technologically, and profitable economically; henceforth, the expected products from aronia would have a great demand on both domestic and foreign markets.

References

1. *Bailey, L.H.* The Standard Encyclopedia of Horticulture [Electronic resource] / Liberty Hyde Bailey. – Access regime : www.dfg.ca.gov/keepmewild/docs/gardenersguide.pdf
2. *Simakhina, G.A., Naumenko, N.V.* Chornaya smorodina – netraditsionnoye rastitel'noye syr'yo (Black Currant as a Non-traditional Plant Raw Material) // In : *Produkty i ingredienty*. №4 (35), April 2007. P. 30-32.
3. *Metody biokhimicheskoho issledovaniya rasteniy* (Methods of Plants' Biochemical Examination) / [A.I. Yermakov, V.V. Arasimovich, N.P. Yarosh et al.] / edited by A.I. Yermakov. 3rd edition. Leningrad : Agropromizdat Publishers, 1987. 430 p.
4. *Buchanan, B.B.* Biochemistry and Molecular Biology of Plants / B.B. Buchanan, W. Gruissem, R.L. Jones. Rockville, MD USA : American Society of Plant Biologists, 2000. 573 p.

Авторська довідка.

1. *Сімахіна Галина Олександрівна*, д. т. н., професор, завідувач; кафедра технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій; e-mail: flam1@voliacable.com

2. *Науменко Наталія Валентинівна*, д. філол. н., професор; кафедра українознавства, Національний університет харчових технологій; e-mail: flam1@voliacable.com

3. *Халасіна Світлана Владиславівна*, магістр; кафедра технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій

DEGRADATION OF AROMATIC COMPOUNDS BY THE OIL-OXIDIZING BACTERIA *NOCARDIA VACCINII* K-8 AND *ACENITOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241

Svitlana Antoniuk

Abstract. Nowadays the problem of environmental remediation of aromatic xenobiotics is rather actual because of their pronounced carcinogenic and mutagenic properties. Biotechnologies may be an alternative to physical and chemical methods of environmental remediation thanks for the high destructive potential of the microorganisms, ecological safety and cheapness. It was shown that the oil-oxidizing bacteria *Nocardia vaccinii* K-8 and *Acenitobacter calcoaceticus* IMB B-7241 assimilated substrates of aromatic nature and synthesized practically valuable surfactants. The growth of strains K-8 and IMV B-7241 on aromatic compounds was intensified in 1.5–2 times in the case of the consecutive cultivation of the inoculum of the studied strains on liquid medium containing aromatic compounds (0.1–0.25%) compared to using the inoculum cultivated on the meat infusion agar. These strains are promising for use in the remediation of water and soil polluted with aromatic xenobiotics.

Keywords: *Nocardia vaccinii* K-8, *Acenitobacter calcoaceticus* IMB B-7241, aromatic compounds.

Introduction. Up to 13 million lives could be saved each year by reducing environmental risks, according to the World Health Organization's first country-by-country analysis of the impact of environmental factors on human health. Environmental pollution is a great concern to all countries around the world. China has made great efforts in this area and plans to invest \$175 billion in environmental protection between 2006 and 2010, according to the National Development and Reform Commission of China [2].

Aromatic compounds are serious pollutants, being present mainly in industrial wastewater from chemical, petrochemical, pharmaceutical, textile and steel industries. Due to their ubiquitous occurrence, recalcitrance, bioaccumulation potential and carcinogenic activity, the aromatic compounds have gathered significant environmental concern [3]. They are widely distributed environmental contaminants that have detrimental biological effects, toxicity, mutagenicity and carcinogenicity [6]. Although aromatic hydrocarbons may undergo adsorption, volatilization, photolysis and chemical degradation, microbial degradation is the major degradation process. Bioremediation is the tool to transform the compounds to less hazardous or nonhazardous forms with less input of chemicals, energy and time [1]. Besides microbiological methods are economically advantageous, do not require large capital investments and operating costs, and local sewage treatment plants take low areas and very easy to maintain [3].

Numerous reports [1–6] have described the ability of bacteria species to degrade aromatic and hydrocarbons such as *Nocardia vaccinii* and *Acenitobacter calcoaceticus*. Previously it was shown that the bacteria *Nocardia vaccinii* K-8 and *Acenitobacter calcoaceticus* IMV B-7241 intensified the processes of oil degradation in contaminated sites. Since crude oil always contains aromatic hydrocarbons (10–50%), we assumed that the studied strains may be potential destructors of aromatic compounds. In this regard, the aim of our work was to study the ability of strains IMV B-7241 and K-8 to grow on nutrient media containing substrates of aromatic nature as a carbon and energy source.

Materials and methods. In the previous work the oil-oxidizing bacteria identified as *Nocardia vacinii* K-8 and *Acentobacter calcoaceticus* K-4 were isolated from the oil-polluted samples of soil. The ability of the strains to synthesize the metabolites with surface-active and emulsifying activity (biosurfactants) during their cultivation on different hydrophobic (*n*-hexadecane, liquid paraffin) and hydrophilic (glucose, ethanol) substrates was determined. The strain K-4 was deposited in the Depository of microorganisms of the Institute of Microbiology and Virology of National Academy of Sciences of Ukraine at the number of IMV B-7241.

A. calcoaceticus IMV B-7241 was cultivated on the nutrient medium of the following composition (g/L): NaCl – 1.0; Na₂HPO₄ – 0.6; (NH₂)₂CO – 0.35; KH₂PO₄ – 0.14; MgSO₄×7H₂O – 0.1; pH 6.8–7.0; the yeast autolysate – 0.5 % (v/v) and trace elements solution – 0.1 % (v/v) were also added.

N. vacinii K-8 strain was grown on the synthetic nutrient medium containing (g/L): NaNO₃ – 0.5; MgSO₄×7H₂O – 0.1; CaCl₂×2H₂O – 0.1; KH₂PO₄ – 0.1; FeSO₄×7H₂O – 0.1, yeast autolysate – 0.5 % (v/v).

Phenol, 4-chlorophenol, hexachlorobenzene, naphthalene, benzoic, sulfanilic and N-phenylantranilic acids 0.3–0.5 % (v/v), benzene and toluene 0.3–0.5% (w/v) were used as soul carbon and energy sources.

The variants of the inoculum were the following. Variant 1 – 24-hour culture cultivated on the meat infusion agar (MIA). Variant 2 – culture cultivated on the liquid mineral medium containing above-mentioned nutrients and aromatic compounds (0.1–0.25%) as soul carbon and energy sources. The inoculum preparation included the adaptation of bacteria to aromatic compounds by gradual increase of their concentration from 0.1 to 0.25 % in nutrient medium followed by bacteria inoculating on mineral medium with 0.3–0.5% of the substrate. For acclimatization a loopful of organisms cultivated on the MIA (24 h) was directly inoculated into flasks containing aromatic compounds (0.1%) and all the required nutrients. The culture was kept in a rotary shaker for 72 h. This formed the primary culture. The secondary acclimatized inoculum was prepared in the same way, wherein 10% (v/v) of primary culture was used instead of the subculture to inoculate the medium containing aromatic compounds (0.15%) and in this case the culture was incubated for 48 h. This was continued for the third and fourth acclimatization by gradual increase of aromatic compound concentration in nutrient medium to 0.2 and 0.25%, respectively. Variant 3 – 48-hour culture incubated in the liquid mineral medium containing above-mentioned nutrients and aromatic compounds (0.3–0.5%) as soul carbon and energy sources. The inoculum was used in a concentration of 10% (v/v).

The cultivation of bacteria took place in the 750 ml Erlenmeyer flasks with 100 ml of medium on rotor shaker (320 rpm) at 28–30 °C during 72–96 h.

The quantity of synthesized surfactant was evaluated by such indexes: conditional surfactant concentration (CSC*) and emulsification index (E₂₄, %) of the cultural liquid. The number of viable cells was determined by the Koch method on MIA, biomass – by the optical density of cultural liquid, followed by recalculation to absolutely dry biomass by calibration graph.

Results and discussion. It was determined that *N. vacinii* K-8 and *A. calcoaceticus* IMV B-7241 intensively grew on phenol, hexachlorobenzene, naphthalene, N-phenylantranilic and benzoic acid, slightly worse on toluene, benzene and sulfanilic acid and died on 4-chlorophenol.

The utilization of aromatic compounds accompanied by the formation of extracellular metabolites with surface-active and emulsifying properties (Table 1).

Thus, during *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation on phenol (0.5%) the highest conditional surfactant concentration (CSC*) and emulsification index (E_{24} , %) were 3.6 and 70%, respectively (while on ethanol CSC* – 1.0 and E_{24} – 43%).

The maximum indexes of surfactant synthesis by *N. vaccinii* K-8 were observed as a result of strain growth on the media with naphthalene (0.5%): CSC* – 2.6 and E_{24} – 70%, while on glycerol (0.5%) – 2.0 and 60%, respectively.

Similar results were described by Nitschke et al. [4] testing polycyclic aromatic hydrocarbon degradation by *Pseudomonas aeruginosa* strains. So, *P. aeruginosa* N43 synthesized extracellular metabolites with surface-active and emulsifying properties on phenantrene (0.5%): conditional surfactant concentration and emulsification index were 3,3 and 75%, respectively.

Table 1.
Surfactant synthesis during *Acenitobacter calcoaceticus* IMB B-7241 cultivating on aromatic compounds

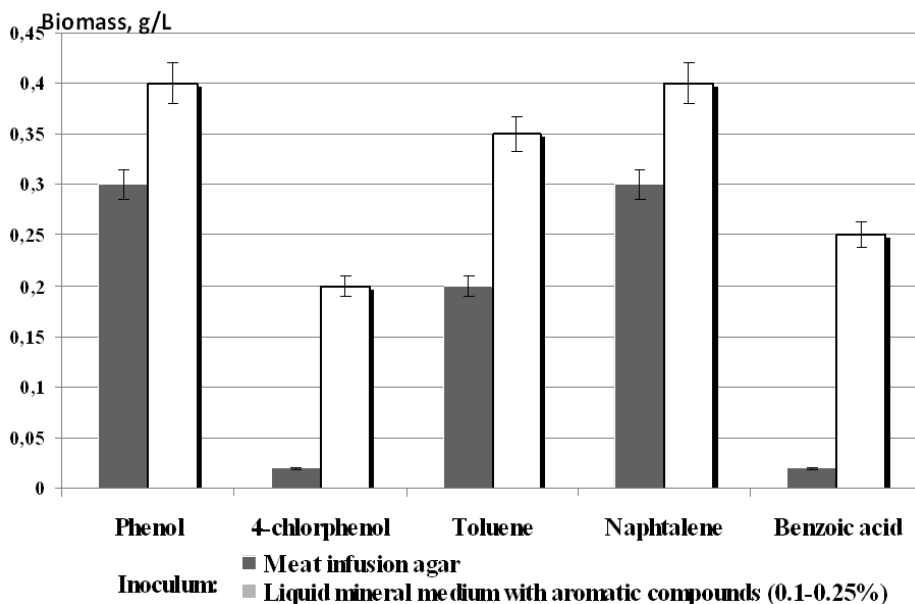
Substrate	Concentration, %	CSC*	E_{24} , %
Phenol	0.3	3.2±0,16	65±3,2
	0.5	3.6±0,18	75±3,7
Benzene	0.3	1.6±0,08	50±2,5
	0.5	1.5±0,08	50±2,5
Toluene	0.3	1.7±0,09	55±2,7
	0.5	1.2±0,06	50±2,5
Benzoic acid	0.3	2.1±0,1	55±2,7
	0.5	2.8±0,14	52±2,6
N-phenylantranilic acid	0.3	1.9±0,09	45±2,2
	0.5	2.0±0,1	50±2,5
Hexachlorobenzene	0.3	1.5±0,08	45±2,2
	0.5	1.7±0,09	53±2,7
Ethanol (control)	0.3	0.8±0,04	40±2,0
	0.5	1.0±0,05	43±2,1

Note. The inoculum – 24-hour culture cultivated on the meat infusion agar, the cultivation took place during 96 h.

Moreover, it was shown that the increased concentrations of biomass (30–40 % of control) have been observed in the case of three consecutive inoculating of strains K-8 and IMV B-7241 on medium containing aromatic compounds (0.3–0.5%).

Based on this result, further the inoculum preparation included the adaptation of bacteria to aromatic compounds by gradual increase of their concentration from 0.1 to 0.25 % in nutrient medium followed by bacteria inoculating in mineral medium with 0.3–0.5% of the substrate. It was determined, that the process of cultivation was accompanied by 1.5–2.0-fold biomass increase compared to using the inoculum cultivated on the meat infusion agar (figure).

It should be noticed, that in the case of the consecutive cultivation of the inoculum in liquid medium containing aromatic compounds (0.1–0.25%) biomass concentration of the strain K-8 was 0.4 g/L while Shetty et al. [5] reported that biomass of *Nocardia hydrocarbonoxydans* on phenol (0.5%) was 0.25 g/L subject to use above-mentioned method.



Effect of the inoculum quality on growth of N. vaccinii K-8 on aromatic compounds (0.3%)

Conclusions

1. It was determined, that *N. vaccinii* K-8 and *A. calcoaceticus* IMV B-7241 showed a particular ability to assimilate aromatic compounds as sole carbon and energy sources and to synthesize practically valuable surfactants.
2. The growth of strains K-8 and IMV B-7241 on aromatic compounds was intensified in 1.5–2.0 times in the case of the consecutive cultivation of the inoculum on liquid mineral medium with aromatic compounds (0.1–0.25%) compared to using the inoculum cultivated on the meat infusion agar.
3. These strains are promising for use in the remediation of water and soil polluted with crude oil and aromatic xenobiotics.

Acknowledgments. Authors thank to Doctor of Biological Sciences, professor, Head of Department of Biotechnology and Microbiology Pirog Tetiana Pavlivna

References

1. Baboshin M., Golovleva L. Multisubstrate kinetics of PAH mixture biodegradation: analysis in the double-logarithmic plot // Biodegradation. – 2011. – V. 22. – P. 13–23.
2. Daugulis A.J., Tomei M.C., Guieysse B. Overcoming substrate inhibition during biological treatment of monoaromatics: recent advances in bioprocess design // Appl Microbiol Biotechnol. – 2011. – V. 90. – P. 1589–1608.
3. Haritash A.K., Kaushik C.P. Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review // J Hazard Mater. – 2009. – Vol. 169. – P. 1 – 15.

4. Nitschke M., Costa S.G., Contiero J. Rhamnolipids and PHAs: reports on *Pseudomonas*-derived molecules of increasing industrial interest // Process Biochemistry. – 2011. – V. 46. – P. 621–630.
5. Shetty K.V., Verma D.K., Srinikethan G. Modelling and simulation of steady-state phenol degradation in a pulsed plate bioreactor with immobilised cells of *Nocardia hydrocarbonoxydans* // Bioprocess Biosyst Eng. – 2011. – Vol. 34, №1. – P. 45–56.
6. Yang-Chun Y., Jian-Jiang Z. Review. Recent advances in biodegradation in China: New microorganisms and pathways, biodegradation engineering and bioenergy from pollutant biodegradation // Process Biochemistry. – 2010. – Vol. 45. – P.1937 – 1943.

Authors.

**Antoniuk Svitlana Olegivna, student, Department of Biotechnology and Microbiology,
National University of Food Technologies, e-mail: ossa22@meta.ua**

USE OF BIOSURFACTANT PREPARATION OF *RHODOCOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMV Ac-5017 FOR REMEDIATION OF WATER POLLUTED WITH OIL AND HEAVY METALS

Iryna Filyuk

Abstract. The results of present work showed that the oil destruction degree in water treated with surfactant preparation of *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 have increased significantly in presence of 0.01 mM Cu^{2+} (55–70 %) compared to the samples without copper cations (30 %). It was determined that the addition of 0.05–0.1 mM of Cu^{2+} into the media with fried sunflower oil and glucose or with *n*-hexadecane led to increasing surfactant synthesis by strain IMV Ac-5017 by 40 % compared to the medium without metal. It was shown that the activity of alcanehydroxylase of IMV Ac-5017 strain increased by 1.5 and 2 fold in the presence of 0.05 and 0.1 mM Cu^{2+} , respectively, in the reaction mixture.

Key words: water remediation, surfactant, copper cations, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017

Introduction. The world demand for oil in 2008 was 85.62 million barrels per day and now it increased by 1.5 fold [2, p. 231]. The global transport and use of both petroleum and its derivatives have made petroleum hydrocarbons major contaminants in both prevalence and quantity in the environment [1, p. 62; 2, p. 232].

Another acute problem facing humanity is environmental pollution by heavy metals. Metals are quite persistent in the environment, what significantly complicates their disposal. Heavy metals get into the environment with industrial (metallurgy, mining and engineering industry) and domestic wastewaters, as a result they accumulate in soils, and groundwater, and after that get to the drinking water [1, p. 61; 3, p. 610]. Lead, copper, cadmium, nickel, cobalt, mercury and others are most common metals in contaminated ecosystems.

It is known [3, p. 613] that in polluted ecosystems are often present both crude oil and metals, that's why it is important to search for the remediation methods which would help to remove such complex pollution. Currently the biological methods are most effective. They are based on the use of microorganisms and their metabolites, such as surfactants [3]. In the previous work the oil-oxidizing bacteria identified as *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 were isolated from the oil-polluted samples of soil. The ability of the strain to synthesize the metabolites with surface-active and emulsifying activity during the cultivation on different hydrophobic (*n*-hexadecane, liquid paraffin) and hydrophilic (glucose, ethanol) substrates was determined [4, p. 473]. It was shown that the addition of Cu^{2+} (up to 0.05 mM) into the nutrient medium for *R. erythropolis* IMV Ac-5017 cultivation at the exponential growth phase accompanied with increasing surfactant synthesis for 36 % compared to the cultivation of bacteria on the medium without copper ions. The oil degradation degree in the presence of 0.01 mM of Cu^{2+} increased for 25–45 % compared to the variant without copper. Control of water microflora showed the 1–2-fold increase of the total number of microorganisms in all samples treated with surfactant. The oxidation of *n*-hexadecane in IMV Ac-5017 strain, as in most of the genus *Rhodococcus*, is catalized by three-component alcanehydroxylase complex, as previously established [5, p. 604]. This complex contains the soluble NADH-rubredoxynreductase, soluble redoxyn and membrane bound monooxygenase (or

alcanehydroxylase). Since it is known [6, p. 15] that copper cations are activators of monooxygenase, we have assumed that increasing oil degradation degree in the presence of surfactants and copper cations could be caused by the activating influence of Cu^{2+} on the alcanehydroxylase activity – the first enzyme of hydrocarbons catabolism.

The aim of present work – investigation of copper cations influence on alcanehydroxylase activity of *R. erythropolis* IMV Ac-5017 and surfactant synthesis during strain cultivating on hydrophobic substrates; studding of strain IMV Ac-5017 surfactants role in protection of water indigenous microflora from the negative influence of copper cations, and investigation of oil degradation in water, containing the mixture of toxic metals, treated with surfactant preparation.

Materials and methods. Bacteria were grown up on the liquid mineral medium (g/L distilled water): NaNO_3 – 1.3, NaCl – 1.0, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ – 0.6, KH_2PO_4 – 0.14, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.1, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.001, pH 6.8–7.0. *n*-Hexadecane and fried sunflower oil were used as the carbon and energy sources in concentration of 2 vol. %. Glucose (0.1 vol. %) was added into the medium with fried oil at the beginning of cultivation. The inoculum – culture from the middle of exponential growth phase (48 h) cultivated on the medium of aforesaid composition with 1 vol. % of substrate. The cultivation of *R. erythropolis* IMV Ac-5017 was carried out in the 750 ml flasks, containing 100 ml of medium, on a shaker (320 rpm) at 30 °C during 120 hours. We added 0.01–0.5 mM of Cu^{2+} into the nutrient medium at the beginning of cultivation, in the middle of exponential and at the beginning of stationary growth phase for studding of copper cations influence on surfactant synthesis. The activity of alcanehydroxylase (EC 1.14.15.3) was determined spectrophotometrically (by the NADH oxidizing at 340 nm with the use of *n*-hexadecane as electron donor) in the cell-free extracts, obtained after *R. erythropolis* IMV Ac-5017 cultivation on the medium with *n*-hexadecane. The 0.01, 0.05 and 0.1 mM of copper cations were added into the reaction mixture.

The post fermentative cultural liquid was used as surfactant preparation for oil degradation. The 0.01 mM Cu^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} as 1 M solutions ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_4$, respectively), as well as crude oil (2.0 g/L) were added into the water for modeling complex pollution. Then samples were treated with surfactant preparation (50 mg/L of water).

Studding of surfactants role in protection of water indigenous microflora from the negative influence of copper cations was carried out in bacterial suspension with sterile water (control, without surfactant) and sterile supernatant of cultural liquid (with surfactant). After the treatment of suspensions with Cu^{2+} the quantity of viable cells was determined.

Results and discussion. Conducted enzymatic analysis confirmed the activation alcanehydroxylase by copper cations. It was shown that the activity of alcanehydroxylase of IMV Ac-5017 strain increased by 1.5 and 2 fold in the presence of 0.05 and 0.1 mM Cu^{2+} , respectively, in the reaction mixture.

It was determined that the addition of 0.05–0.1 mM of Cu^{2+} into the media with fried sunflower oil and glucose or with *n*-hexadecane led to increasing surfactant synthesis by 40 % compared to the medium without metal. It should be noted that during the cultivation of IMB Ac-5017 strain on the medium with *n*-hexadecane and Cu^{2+} the increasing surfactant production by 110 % was obtained compared to the indexes of surfactant synthesis on ethanol containing medium. It can be explained by stimulation of alcanehydroxylase activity by cations Cu^{2+} .

We have isolated two bacterial strains in our previous investigations of crude oil biodegradation with surfactant preparation. The quantity of these bacteria increased significantly during the bioremediation process. It was determined that 100 % of these bacterial

cells survived in presence of surfactant after addition of copper (0.01–0.05 mM), while in the samples without surfactant almost all of the cells died.

The results of remediation of crude oil contaminated water, containing the mixture of heavy metals (Cu^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+}) are presented in the table 1.

Due to the data presented in the table the oil degradation degree was substantially lower in the samples without copper cations compared to the variants with Cu^{2+} . These data show that cations Cu^{2+} act as activators of alcanhydroxylases of indigenous microflora (similar to cells of IMV Ac-5017 strain), which results in intensification of crude oil assimilation.

Table 1.
Degradation of crude oil by surfactant preparation* in water containing toxic metals

Mixture of metal cations**	Concentration of residual oil, g/L	Oil degradation degree, %
$\text{Cu}^{2+} + \text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$	0.60 ± 0.03	70 ± 3.5
$\text{Cu}^{2+} + \text{Cd}^{2+}$	0.90 ± 0.04	55 ± 2.6
$\text{Cu}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$	0.76 ± 0.03	62 ± 3.1
$\text{Cd}^{2+} + \text{Pb}^{2+}$	1.40 ± 0.07	30 ± 1.5
Without metals	1.01 ± 0.05	50 ± 2.5

* The experiment duration was 20 days. Oil degradation degree in control variant (without surfactant and Cu^{2+}) was 9 %.

** Concentration of each cation in mixture was 0.01 mM.

Conclusion.

So, the results of present work showed that the oil destruction degree have increased significantly in presence of Cu^{2+} and surfactant preparation of IMV Ac-5017 strain. We assumed that surfactants made oil water soluble and increased its bioavailability for indigenous oil-oxidizing microflora. Biosurfactants also protect microbial cells from the Cu^{2+} toxic effect. The oil destruction intensification in presence of Cu^{2+} could be caused by Cu^{2+} positive influence on alcanhydroxylase activity in IMV Ac-5017 strain, as well as in indigenous microflora. The positive influence of Cu^{2+} (0.05 and 0.1 mM) on alcanhydroxylase activity confirms the intensification of surfactant synthesis (by 40 %) while *R. erythropolis* IMV Ac-5017 growth on medium with *n*-hexadecane and copper cations. Besides, the highest oil degradation degree (up to 70 %) was obtained in the variants containing mixture of metals with copper cations and treated with surfactant preparation, while only 30 % of oil degraded in the variants, which contained Cd^{2+} and Pb^{2+} .

Acknowledgments. Authors thank to Doctor of Biological Sciences, professor Tetiana Pirog for supervision the work and to Tetyana Shevchuk, engineer of Institute of Microbiology and Virology of National Academy of Science of Ukraine, for help with enzymatic analysis.

References

1. Kavamura V.N., Esposito E. Biotechnological strategies applied to the decontamination of soil polluted with heavy metals // Biotechnol. Adv. – 2010. – V. 28. – P. 61 – 69.

2. Tyagi M., Fonseca M.M.R, Carvalho C.C.C.R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // Biodegradation. – 2011. – V. 22. – P. 231 – 241.
3. Gadd G.M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // Microbiol. – 2010. – V. 156. – P. 609 – 643.
4. Pirog T.P., Shevchuk T.A., Volishina I.N., Karpenko E.V. Production of surfactants by *Rhodococcus erythropolis* EK-1, grown on hydrophilic and hydrophobic substrates // Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya. – 2004. – V. 40. – P. 544–550. [Applied Biochemistry and Microbiology (Engl. Transl.). – 2004. – V. 40. – P. 470–475].
5. Pirog T.P., Shevchuk T.A., Klimenko Yu.A. Intensification of surfactant synthesis in *Rhodococcus erythropolis* EK-1 cultivated on hexadecane // Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiya. – 2010. – V. 46. – P. 651–658. [Applied Biochemistry and Microbiology (Engl. Transl.). – V. 46. – P. 599–606].
6. Van Beilen J.B., Funhoff E.G. Alkane hydroxylases involved in microbial alkane degradation // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2007. – V. 74. – P. 13–21.

Авторська довідка.

Філюк Ірина Володимирівна, магістрант кафедри біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: anmo_july@mail.ru

USE OF CELLS AND SURFACTANTS OF *NOCARDIA VACCINII* K-8 IN BIOREMEDIATION PROCESSES

Natalia Grytsenko, Anna Sophylkanych, Anastasiia Konon

Abstract. The possibility of use of *Nocardia vaccinii* K-8 cells as well as their metabolites for remediation of oil polluted ecosystems was studied. It was shown that the highest oil destruction degree (94–98 %) in polluted water (2.6 g/L) was achieved in the case of treatment with suspension of *N. vaccinii* K-8 cells ($9.8 \cdot 10^7$ CFU/mL) after 30 days, while surfactant preparation of post fermentative cultural liquid (100–300 mL/kg) was more effective for remediation (destruction of 74–83 % of oil) of oil polluted soil (20 g/kg). Furthermore, the introduction of 30 ml of these preparation to the oil polluted sand (0.1 mL of oil/1 g of sand) resulted in detachment of 90 % of oil.

Key words: *Nocardia vaccinii* K-8, surfactants, indigenous microflora, oil pollution

Introduction. Microbial surfactants (biosurfactants) are widely used in different fields of industry that is why the demand on synthetic surfactants is increasing constantly. At the same time the pace of biotechnology development and rising of attention to environment safety caused a great interest of scientist to microbial surfactants as alternative to chemical ones [1].

Biosurfactants application for the oil pollution degradation gives numerous ecological advantages [2, 5]. They don't increase the petroleum products toxicity, partly emulsify oil and increase its availability to microorganisms. Their use provide low operating costs, simple maintenance, well treatment that leads to almost complete degradation of organic compounds to oxides of carbon, nitrogen, etc. In contrast of microbial surfactants, the use of chemicals causes great damage to ecosystems and slows their recovery. Variety of options for the use of microbial surfactants in remediation processes are offered: the use of microorganisms-producers of surfactants for oil and oil products processing, treatment of contaminated cities with the solutions of surfactants for hydrocarbons solubilization, which stimulates the growth of the indigenous microflora; remediation of the most polluted areas with the use of bioreactors in which polluted soil recovers by surfactant solution [3, 4].

Oil-oxidizing bacteria *Nocardia vaccinii* K-8 were isolated from the oil-polluted samples of soil. It was shown that these bacteria had ability to synthesize surfactant. The regularities of surfactant synthesis on the medium with glycerol were determined previously, the medium composition was optimized with the use of mathematical methods of experiment planning [6].

The aim of present work was to investigate the possibility of *N. vaccinii* K-8 cells and extracellular metabolites with surface active and emulsifying properties use for microbial destruction of crude oil in water, soil and sand.

Materials and methods. The *N. vaccinii* K-8 cells grown on glucose-potato agar (GPA) for 48 h were washed with sterile tap water for cell suspension preparation. The quantity of living cells was determined by Koch method. The postfermentative cultural liquid, obtained after K-8 strain cultivation on the medium with glycerol, and supernatant were used as surfactant preparations.

The crude oil (2.6 g/L) was added into the water (2 L), then it was treated by suspension of *N. vaccinii* K-8 cells. The soil or sterile sand (1 kg) were polluted with 20 mL of crude oil

and treated with surfactant preparation (100–300 mL). Diammonium phosphate (0.01 %) was added into polluted samples as source of biogenic elements, which are required for oil-oxidizing bacteria vital activity. Oil polluted water, soil and sand without surfactant treatment were used as control variants in all experiments. The concentration of residual oil was determined by weight method after triple extraction with hexane (1:1). The obtained organic extract was evaporated at 55 °C and pressure of 0.4 atm.

Results and discussion. At the first stage of investigation we studied the possibility of oil polluted water remediation with suspension of *N. vaccinii* K-8 cells. During the first week of visual monitoring of water reservoirs the significant changes on the water surface weren't observed. Later oil rapidly degraded and changed its initial structure. The film lost oiliness, turned into a cluster of small dry flakes, lower part of which was on the water, and the rest settled on the bottom of the reservoirs after mixing. The transparent mucoid biomass was clearly visible on the oil flakes in reservoirs treated with *N. vaccinii* K-8 suspension on the 25th day of experiment.

It was shown (table 1) that the highest oil degradation degree (up to 94 %) was obtained after the water treatment with the K-8 strain cell suspension of higher concentration ($9.8 \cdot 10^7$ CFU/mL). With decreasing concentration of cells in suspension at 2 times the percentage of degradation of oil decreased by 34%.

Table 1
Dependence of the oil degradation degree on the concentration of *N. vaccinii* K-8 cells in suspension

Cell concentration in suspension, CFU/mL	Residual oil concentration*, g/L	Oil degradation degree, %
$9.8 \cdot 10^7$	0.16 ± 0.008	94 ± 4.2
$4.9 \cdot 10^7$	1.04 ± 0.052	60 ± 3.0
Control (without treatment with cell suspension)	2.52 ± 0.130	3 ± 0.2

* The initial oil concentration was 2.6 ± 0.13 g/L.

The results of microbial control of the total quantity of microorganisms, that was conducted during the experiment, showed that the concentration of living cells of indigenous microflora increased significantly on 25th day. Such results could be explained by *N. vaccinii* K-8 ability to crude oil assimilation and surfactant synthesis, which transfer oil in available form for other microorganisms. The native microflora of reservoirs begins to proliferate due to the formation of available hydrocarbon substances.

On the next stage the effectiveness of oil degradation in soil at presence of surfactant preparation was studied (table 2). Thus, the highest oil degradation degree (84 %) was obtained after polluted soil treatment with post fermentative cultural liquid (300 mL). In the case of supernatant use the oil degradation degree was lower (55–72 %). The obtained results may indicate that not only surfactants participate in oil degradation as activators of indigenous soil microflora, but also *N. vaccinii* K-8 cells which have oil oil-oxidizing ability.

For the more complete evaluation of the possibility of *N. vaccinii* K-8 surfactant use for bioremediation technologies we studied the oil degradation in sterile sand. The sterile sand was used to avoid the indigenous microflora impact on oil degradation. However, in this case under the influence of surfactant preparations of K-8 strain a small amount of oil degraded (about 10%). It is known that sand has a large contact area, so it well absorbs oil on the surface, due to

the ability to reduce surface and interphasial tension surfactants transferred it to the dissolved state and contribute to oil detachment. Oil detachment properties of cultural liquid of *N. vaccinii* K-8 were determined by the quantity of oil absorbed on the sand after the treatment with surfactant preparation (table 3).

Table 2
The crude oil* degradation in soil treated with surfactant preparations of *N. vaccinii* K-8

Surfactant preparation	Surfactant preparation concentration, mL/kg of soil	Residual oil concentration, g/kg of soil	Oil degradation degree, %
Cultural liquid	100	5.9±0.18	71±2.1
	200	5.3±0.16	74±2.3
	300	3.4±0.10	84±2.5
Supernatant	100	9.2±0.28	55±1.7
	200	7.9±0.24	61±1.8
	300	5.6±0.17	73±2.2
Control (without treatment with preparations)	0	19.4±0.97	3±0.2

* The initial oil concentration was 20.0±1.0 g/kg of soil.

Table 3
Oil detachment properties of *N. vaccinii* K-8 surfactants

Volume of preparation, mL	Residual oil quantity*, mg	Percentage of detached oil, %
10	12.6±0.63	65±3.3
20	7.9±0.40	78±3.9
30	3.0±0.15	92±4.6

* Residual oil quantity in the control variant was 36±1.8 mg.

Thus, the percentage of detached oil in the polluted sand treated with surfactant preparation of K-8 strain (30 mL) was 92 %, which demonstrates their high oil detachment properties.

Therefore, the results of this work show the possibility of effective use of cells and surfactants preparations of *N. vaccinii* K-8 in environmental technologies for bioremediation of oil polluted ecosystems.

Acknowledgments. Authors thank to Doctor of Biological Sciences, professor Pirog Tetiana

References

1. Banat I.M., Franzetti A., Gandolfi I., Bestetti G., Martinotti M.G., Fracchia L., Smyth T.J., Marchant R. Microbial biosurfactants production, applications and future potential // Appl Microbiol Biotechnol. – 2010. – V. 87. – P. 427–444.
2. Pacwa-Plociniczak M., Plaza G.A., Piotrowska-Seget Z., Cameotra S.S. Environmental applications of biosurfactants: recent advances // Int. J. Mol. Sci. – 2011. – V. 12. – P. 633–654.
3. Tyagi M., da Fonseca M.M.R., de Carvalho C.C.C.R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // Biodegrad. – 2011. – V. 22. – P. 231–241.

4. Zhang Z., Gai L., Hou Z., Yang C., Ma C., Wang Z., Sun B., He X., Tang H., Xu P. Characterization and biotechnological potential of petroleum-degrading bacteria isolated from oil-contaminated soils // *Bioresour. Technol.* – 2010. – V. 101. – P. 8452–8456.

5. Ron E.Z., Rosenberg E. Biosurfactants and oil bioremediation // *Curr Opin Biotechnol.* – 2002. – V. 13. – P. 249–252.

6. Pirog T.P., Grytsenko N.A., Khomyak D.I., Konon A.D., Antonyuk S.I. Optimization of surface-active substances synthesis by *Nocardia vaccinii* K-8 during bioconversion of wastes of biodiesel production // *Microbiologichny Zhurnal (in russian)*. – 2011. – V. 73. – P. 15–24.

Авторська довідка.

1. **Гриценко Наталія Анатоліївна**, аспірант 3го року навчання (спеціальність 03.00.20 – біотехнологія), кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: natalia_grytsenko@mail.ru
2. **Софілканич Анна Павлівна**, аспірант 3го року навчання (спеціальність 03.00.20 – біотехнологія), кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: anto_july@mail.ru
3. **Конон Анастасія Дмитрівна**, асистент, аспірант 2го року навчання (спеціальність 03.00.20 – біотехнологія), кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: KononA@meta.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОПАЛЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Д.В. Левчій, М.О. Левчій, Н.В. Медвідь

У роботі розглянуті можливі напрямки енергозбереження на промислових об'єктах. Запропоновано шляхи зниження витрат на опалення за рахунок оптимізації на етапі проектування геометричних параметрів будівлі та ефективного використання опалювальних пристроїв. Наведена математична модель системи опалення промислової будівлі з прикладом розрахунку фінансової ефективності для реального об'єкта.

Ключові слова: енергозбереження, система опалення, тепловитрати будівлі, тепловий насос.

Вступ. Рівень споживання енергії на опалення в Україні є у 5-8 разів вищим за середньоєвропейські норми, а енергоємність ВВП - у 3,2 рази вищою порівняно з розвиненими країнами та у 3,6 рази - порівняно з країнами ЄС [1]. Однією з головних причин високої енергоємності українських промислових підприємств є застаріле та енерговитратне обладнання та опалювальні прилади.

Особливістю харчової промисловості України є порівняно висока конкуренція як на внутрішньому ринку, так і з боку закордонних виробників, тому підвищення ефективності виробництва та зниження рівня витрат на енергоносії – важливі складові підвищення конкурентоспроможності кожного підприємства.

Методи досліджень. Витрати на опалення промислової споруди залежать від ряду факторів, таких як теплотехнічні характеристики огороджуючих конструкцій, щільність будівлі та ступінь інфільтрації, архітектура будівлі, розмір і розміщення вікон, тип системи опалення та ступінь її автоматизації та ін. Зміна будь-якого з цих параметрів може суттєво вплинути на параметри енергоспоживання будівлі.

Одним із напрямків енергозбереження стосовно промислових об'єктів будівництва є оптимізація на етапі проектування геометричних параметрів будівлі. Ця оптимізація може бути реалізована за рахунок сучасних комп'ютерних технологій за допомогою математичного моделювання процесів, що відбуваються, наприклад, під час опалення приміщень. Нами була розроблена математична модель процесу теплових витрат, що відбуваються у промисловій будівлі під час опалення.

Для визначення величини тепловитрат використана методика, що передбачена СНіП 2.04.05-91*У [4]. Так, згідно з цією методикою, тепловитрати, які мають бути скомпенсовані системою опалення, визначаються по формулі: $Q_1 = (Q_a + Q_b)$, де Q_a – тепловий потік через огороджуючі конструкції, Q_b – витрати тепла на підігрів зовнішнього повітря, що надходить завдяки вентиляції та інфільтрації. Тепловий потік через огороджуючі конструкції для кожного конструктивного елементу визначається за формулою: $Q_a = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot A \cdot (t_b - t_h) \cdot (1 + \varepsilon b) \cdot n \cdot 10^{-3}$, де A – розрахункова площа конструктивного елементу, м²; R – опір теплопередачі огороджуючих конструкцій, м² *С⁰/Вт; t_b – розрахункова температура всередині приміщень, С⁰; t_h – температура

зовнішнього повітря, C^0 ; n , b – коефіцієнти, що враховують додаткові витрати тепла в залежності від орієнтації стін та сили вітру.

З метою досягнення найбільш точних даних, розрахунок тепловитрат проводився для кожної огорожуючої конструкції через кожні три години, виходячи з даних Київського метеоцентру за 2011 рік. В якості вхідних даних площі огорожуючих конструктивних елементів (стіни, вікна, двері, дах, підлога) вводилися дані з реально існуючого об'єкту (складу зберігання готової продукції підприємства харчової промисловості у передмісті Києва). Перевірка математичної моделі була проведена шляхом співставлення розрахункових та фактичних витрат на опалення. Відхилення результатів були в межах 1.5-3%.

Результати дослідження. Завдяки розробленій математичній моделі, змінюючи у вхідних даних співвідношення геометричних розмірів будівлі, було виконано декілька розрахунків потужності системи опалення та сумарних річних витрат на опалення.

Так, згідно з нормами, у залежності від розташування будівлі, співвідношення розмірів, ширини, довжини та висоти кімнат, характеристик скла та рам, необхідна площа вікон змінюється від 10% до 20% площі приміщень. При площі вікон, що складає 10% площі приміщень, промислове приміщення площею 620 кв.м споживає на опалення 4963 куб.м газу на рік. При збільшенні площі вікон до 20% споживання газу зростає до 7733 куб.м газу на рік (збільшення в 1.56). Враховуючи, що в Україні застосовується тарифна сітка ціни на газ в залежності від об'ємів споживання, то збільшення витрат на опалення складе 3.19 рази (див. рис.1).

На графіку (рис.2) відображена залежність витрат на оплату електроенергії для приводу теплового насоса та витрат на оплату газу в залежності від рівня зовнішньої температури, вище якої вмикається повітряний тепловий насос (площа вікон 20% від площі приміщень). Як видно з графіку, вмикаючи тепловий насос при зовнішній температурі вище $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ отримуємо суттєве зростання витрат за рахунок як зростання витрат газу, так і за рахунок переходу в іншу цінову категорію вартості газу. Також, з розрахунків слідує, що без використання теплового насоса витрати на опалення складуть 17370 грн., а при використанні теплового насоса, починаючи з зовнішньої температури вище за $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ витрати на опалення складуть 8727 грн., що в 1.99 разів менше. Окупність капіталовкладень на повітряний тепловий насос в даному випадку складе 9.2 роки.

При зменшенні площі вікон до 10% від площі приміщень економічний ефект використання теплового насоса майже відсутній, що можна пояснити загальним зниженням витрат та переходом на нижчий тариф вартості газу.

Врахування всіх типів витрат є дуже важливим при проектуванні, так як в залежності від таких факторів, як поверховість, площа вікон, співвідношення розмірів, форма будинку, тип кривлі, орієнтація по сторонам світу та ряду інших факторів питома вартість зведення будівлі та її експлуатації може змінюватися в кілька разів. Для врахування більшості з цих факторів існує ряд міжнародних стандартів та програмних продуктів, розроблених для допомоги у проектуванні сучасних будівель. У розвинутих

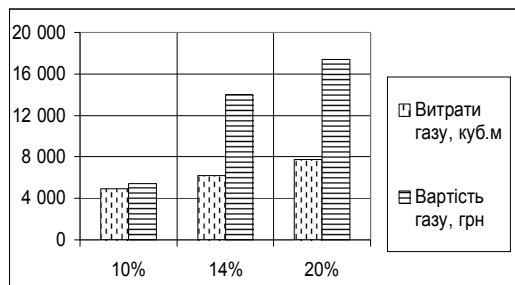


Рис.1. Зміна витрат на енергоресурси в залежності від площі вікон

країнах виконання подібних економічних та екологічних стандартів будівництва суворо контролюється державою.

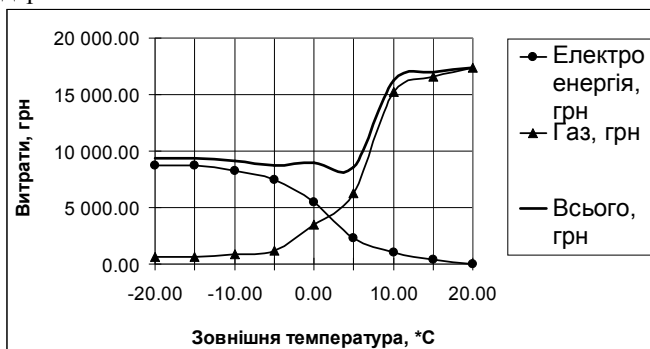


Рис. 2. Залежність витрат на електроенергію та газ від температурного параметру ввімкнення теплового насосу.

Математичне моделювання системи опалення промислової будівлі на базі двох опалювальних пристроїв. Далі розглянемо задачу розрахунку економічної доцільності встановлення альтернативного джерела тепла, в даному випадку теплового насосу, у порівнянні з газовим котлом. Вхідними даними задачі є характеристики будівлі, обох опалювальних пристроїв, а також вартість енергоресурсів і її залежність від обсягів споживання. Залежність між зовнішньою температурою і споживанням тепла можна виразити наступним співвідношенням:

$$P = k(T_0 - T), \quad P \geq 0$$

де P – потреба тепла, T_0 – зовнішня температура при якій вимикається опалення, T – фактична зовнішня температура, k – коефіцієнт, що залежить від розмірів будинку, його теплоізоляції і внутрішньої температури.

Основні характеристики газового котла, як опалювального пристрою, можна задати наступною системою:

$$P_1 = v_1 * 10.7 * A_1, \quad 0 \leq P_1 \leq P_{1\max}$$

де P_1 – поточна теплопродуктивність газового котла, $P_{1\max}$ – максимальна потужність газового котла, v_1 – об'єм спаленого газу, A_1 – ККД котла.

Опишемо основні параметри теплового насосу:

$$P_2 = v_2 * A_2, \quad A_2 = 1.7 + 0.05(T + 22), \quad T \geq T_{\min}, \quad 0 \leq v_2 \leq v_{2\max}$$

де P_2 – поточна теплопродуктивність теплового насоса, v_2 – об'єм спожитої за годину електричної енергії, $v_{2\max}$ – встановлена електрична потужність компресору теплового насоса, A_2 – ККД теплового насоса, T – фактична зовнішня температура, $T_{\min}$ – мінімальна зовнішня температура, при якій може працювати тепловий насос.

Розглянемо фінансову сторону побудови системи, враховуючи вартості побудови системи опалення і вартості енергоресурсів. Вартість побудови та експлуатації газового котла:

$$I_1 = 30000 + P_{1\max} * 3000, \quad S_1 = \frac{C_1}{10.7 A_1}$$

де I_1 – вартість інсталяції системи опалення, грн. S_1 – вартість вироблення 1 кВт*год тепла, грн. C_1 – вартість 1 м³ газу, грн.

Аналогічно, для теплового насосу:

$$I_2 = 5000 + v_2 \cdot 12000, \quad S_2 = \frac{C_2}{A_2}$$

де I_2 – вартість інсталяції системи опалення на базі теплового насосу, грн. v_2 – електрична потужність компресору теплового насосу, кВт, S_2 – вартість вироблення 1 кВт*год тепла, грн., C_2 – вартість 1 кВт*год електроенергії, грн.

Отже, тепер ми можемо сформулювати задачу оптимізації, яка полягатиме у мінімізації інвестицій на побудову системи опалення та середньої вартості тепла, виробленого обома системами:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + S \cdot P_{365} \cdot Y \rightarrow \min \\ P_1 + P_2 \geq P_{\max} \end{cases},$$

де $P_{\max}$ – максимальна потреба тепла, S – середня вартість тепла, виробленого обома системами, S_{opt} – бажана ціна 1 кВт*год теплової енергії, P_{365} – річне споживання тепла, кВт*рік, Y – розрахунковий період експлуатації системи (у роках).

У даному випадку користувач задає період, близький до строку експлуатації системи чи всієї будівлі (наприклад, 10-20 років), протягом якого має бути забезпечена мінімізація вартості експлуатації системи з урахуванням вартості самої системи.

Для врахування ймовірної зміни ціни на енергоресурси вводимо додаткові змінні C_1' та C_2' , що позначатимуть майбутні вартості енергоносіїв, газу та електроенергії відповідно. У наведеній системі рівнянь врахована середня вартість експлуатації системи для всіх комбінацій C_i та C_i' .

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + S' \cdot P_{365} \cdot Y \rightarrow \min \\ P_1 + P_2 \geq P_{\max} \\ S' = \frac{S(C_1, C_2) + S(C_1', C_2') + S(C_1, C_2') + S(C_1', C_2)}{4} \end{cases}$$

Розглянемо приклад розв'язання такої задачі. Вхідні дані: $k \in [0.6; 151.1]$, $T_0 = 16$,

$$T \in [-30; 40], \quad A_1 = 0.92, \quad A_2 = 1.7 + 0.05(T + 22), \quad I_1 = 30000 + P_{1\max} \cdot 3000,$$

$$I_2 = 5000 + P_{2\max} \cdot 12000, \quad C_1 = 0.3608, \quad C_2 = \begin{bmatrix} 0.7254, & Q = [0; 2500) \\ 1.0980, & Q = [2500; 6000) \\ 2.2482, & Q = [6000; 12000) \\ 2.6856, & Q = [12000; \infty) \end{bmatrix}$$

На основі результатів обчислення бажаної потужності теплового насосу і розрахунок ефективності його використання побудуємо графік (рис.3).

Як видно з розрахунків та графіку, для об'єктів з піковим теплоспоживанням менше 30 кВт, встановлення теплового насосу недоцільне. Це пов'язано з малим річним споживанням газу, а отже і невисокою його ціною. Встановлення теплового насосу малої потужності може бути економічно недоцільним через великі накладні витрати з монтажу обладнання і розподілу виробленого ним тепла по будинку.

Для об'єктів з піковим споживанням 30 кВт і більше використання теплового насосу дає економію від 25% до 36%. Зокрема, встановлення малопотужного (0.9 кВт) теплового насосу для будівлі з піковим теплоспоживанням на опалення 30 кВт (див.

рядок 2 таблиці) має сенс, через перехід на нижчий тариф вартості газу. У цьому випадку, незважаючи на малу потужність теплового насосу та великі накладні витрати, його встановлення є економічно обґрунтованим.

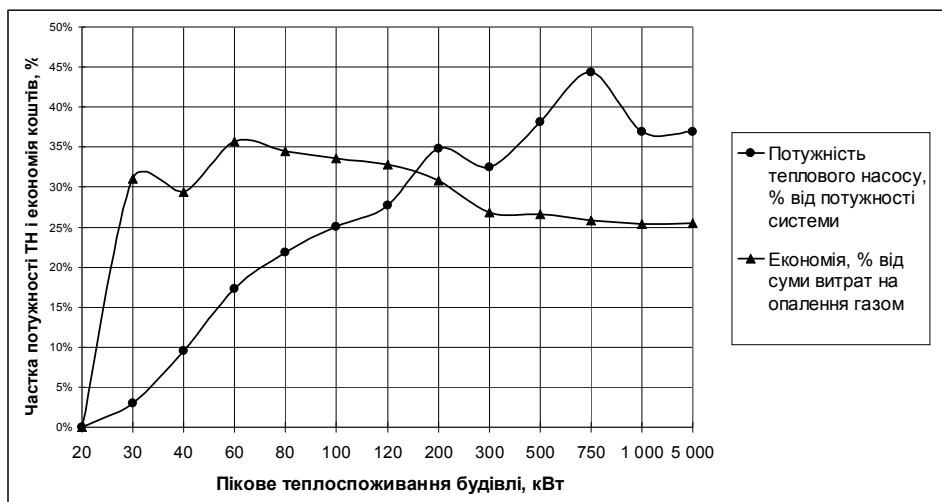


Рис.3. Залежність частки потужності теплового насосу та економії коштів, від потужності системи опалення будівлі

Висновки. Суттєвого зменшення енергоспоживання у промисловому будівництві, у тому числі на підприємствах харчової промисловості, можна досягти не тільки за рахунок застосування сучасних високоефективних будівельних матеріалів і технологій будівництва, а також за рахунок оптимізації на етапі проектування. Ця оптимізація повинна стосуватися обґрунтованого вибору геометричних характеристик будівлі та правильного застосування комбінації різних джерел тепла. Як показано у матеріалах цієї статті, завдяки цьому можна досягти зменшення витрат на опалення в 2-3 рази.

Література

1. *Енергетична стратегія України до 2030 р.* Розпорядження Кабінету міністрів України від 15.03.2006р. № 145-р
2. *ДБН В.1.2-11:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів.* Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
3. *Про затвердження галузевої програми енергоефективності у будівництві на 2010-2014 р.* Міністерство регіонального розвитку та будівництва, наказ №257 від 30.06.2009
4. *Леончик Б.И., Данилов О.Л. Научные основы энергосбережения. Учебное пособие.* – М.: МГУПП, 2000. – 398 с.

Авторська довідка

Д.В. Левчій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Levchiv@gmail.com,

М.О. Левчій, інженер-проектувальник ТОВ «ЛПК», Levchiv@list.ru, (098)6766727;

Н.В. Медвідь, канд. фіз.-мат. наук, доцент Національного університету харчових технологій

ВЛАСТИВОСТІ МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ

Самойленко І.П., Корецька І.Л., Ковалевська Є.І.

***Анотація.** Проведено експериментальні дослідження і визначено гідрофільні властивості модифікованих крохмалів, температури клейстеризації та стійкість крохмальних клейстерів. Визначено вплив модифікованих крохмалів на піноутворюючу здатність та стійкість піни. Визначено оптимальний гідромодуль для відновлення сухого яєчного білку при додаванні різних крохмалів.*

***Ключові слова:** емульсія, модифіковані крохмалі, гідромодуль, піноутворення, синерезис.*

Вступ. Ринок борошняних кондитерських виробів включає широкий спектр продуктів, що суттєво відрізняються за формою, консистенцією, терміном зберігання та технологією приготування [1]. На сьогоднішній час асортимент кондитерських товарів різноманітний, а конкуренція настільки жорстка, що для виробників постає проблема покращення якості готових виробів таким чином, щоб створити найоптимальніші показники, які б вдовольняли вимоги споживачів і мали позитивні результати в економічному аспекті. З плином часу на ринку харчових добавок з'являються нові інгредієнти, які використовують в якості загусників, стабілізаторів, емульгаторів, регуляторів кислотності [2]. Вони користуються великим попитом, оскільки мають властивість не тільки покращувати якість готового продукту, але й значно спрощувати ведення технологічного процесу і дозволяють розширити асортимент. Сучасне виробництво продуктів харчування вже не може обійтися без харчових добавок, що відіграють суттєву роль новітніх технологіях харчової промисловості, – тому, при підборі харчових добавок поліпшуючої дії слід враховувати всі аспекти виробництва харчового продукту залежно від його виду, призначення, технології і обладнання виробництва, терміну зберігання.

Все більш стає актуальним використання модифікованих крохмалів при виробництві борошняних кондитерських виробів. Розповсюдження їх використання в кондитерській промисловості та пошуки виявлення нових технологічних властивостей пов'язані з широким спектром фізико-хімічних властивостей харчових добавок даної групи [2, 3]. Модифікований крохмаль має певні задані властивості внаслідок фізичної, хімічної, біохімічної або комбінованої обробки, що дозволяє помітно змінити будову і властивості: гідрофільність, можливість розчинятися у холодній воді, здатність до кристалізації і драглеутворення, стійкість до нагрівання і впливу кислот, тощо. Внаслідок цього суттєво змінюються природні особливості, часом усуваються або зменшуються дії небажаних властивостей полісахаридів і підсилюються їх потрібні цінні властивості [2, 3].

Методи досліджень. Нами було проведено ряд досліджень направлених на дослідження фізико-хімічних властивостей модифікованих крохмалів з метою їх використання при виробництві емульсій для борошняних кондитерських виробів.

Емульсія – напівфабрикат кондитерського виробництва, що має місце при виробництві печива, кексів, бісквітів. Її ще можна назвати дисперсною системою з рідким дисперсійним середовищем та рідкою дисперсною фазою.

В кондитерському виробництві важливими показниками якості піни є піноутворення – в скільки разів збільшується піна після збивання та стійкість піни – тривалість існування бульбашок газу в піні. Піна – структурована дисперсна система, що складається з бульбашок газу (пари) – дисперсна фаза; та розділені тонкими плівками рідини – дисперсійне середовище.

Стійкість піни залежить від типу і концентрації поверхнево-активних речовин, хімічного складу, складу і кількості дисперсної фази, способу піноутворення і термодинамічних параметрів стану пінної системи. Усі ці фактори визначають структуру і властивості плівкового каркасу піни [1, 4]. Від стадії приготування емульсії залежить якість кінцевого продукту. Тому, характерним показником якості даного напівфабрикату при його приготуванні є стабільність емульсії – здатність протягом певного часу не руйнуватися і не розділятися на дві фази (наприклад жир і воду), що характеризується тривалістю її існування.

Для виявлення характерних фізико-хімічних властивостей модифікованих крохмалів таких як гідрофільність, температура клейстеризації, в'язкість, стійкість крохмального клейстеру під час зберігання (синерезис), ми проводили дослідження користуючись модельними розчинами.

Для досліджень були обрані вітчизняні крохмалі: картопляний та кукурудзяний нативні, кукурудзяний модифікований фосфорноокислений, модифікований желуючий та крохмаль імпортного походження модифікований Eliane VE 580.

Обрані крохмалі відрізнялись між собою за органолептичними властивостями і невідомою початковою сировиною (походженням). Індикаторно-рефрактометричним методом визначили, гідрофільні властивості різних крохмалів [5]. Було встановлено, що найкращу гідрофільність має крохмаль кукурудзяний модифікований фосфорноокислений – 54% (що незначно перевищує показники крохмалю картопляного нативного – 53,7 %, але значно перевищує показники крохмалю кукурудзяного нативного – 35,1 %). Що стосується крохмалів модифікованого желуючого та Eline VE 580, то їх показники незначні – 32,6% та 29,5% відповідно.

Визначили в'язкізні властивості і температури клейстеризації для всіх крохмалів. Найвищу температуру клейстеризації має кукурудзяний нативний крохмаль – 74 °С. Серед модифікованих крохмалів цей показник є найвищим у кукурудзяного модифікованого фосфорноокисленого крохмалю – 70 °С. Найнижчою температурою клейстеризації володіє крохмаль модифікований Eliane VE 580 – 57 °С.

При вивченні стійкості крохмального клейстеру під час зберігання з'ясували, що найкращою стійкістю до синерезису володіє кукурудзяний модифікований фосфорноокислений крохмаль. Його стійкість становить 24 доби, що значно перевищує показники інших крохмалів. Отримані дані по всім крохмалям наводимо у таблиці.

Для дослідження піноутворюючої здатності готували модельні розчини шляхом відновлення сухого яєчного білку водою у співвідношенні 1:5 та додавали обрані крохмалі.

Аналіз отриманих даних показав, що із збільшенням відсотку дозування модифікованих крохмалів піноутворююча здатність всіх крохмалів значно збільшується. Так, при додаванні крохмалів модифікованого желуючого та модифікованого Eliane VE 580 у концентрації 2% до піноутворююча здатність зростає на 27%; додавання крохмалю модифікованого фосфорноокисленого в тій же концентрації покращує піноутворення тільки на 24%.

Назва крохмалю	Гідрофільність %	Фізико-хімічні властивості крохмалів	
		Температура клейстеризації, °C	Стійкість, доба
Картопляний нативний	53,7	59	4
Кукурудзяний нативний	35,1	74	3
Кукурудзяний модифікований фосфорноокислений	54,0	70	24
Модифікований желуючий	32,6	58	7
Модифікований Eliane VE 580	29,5	57	6

Дослідивши вплив різних концентрацій модифікованих крохмалів на тривалість стійкості піни зробили висновки, що тривалість піни збільшується відповідно із збільшенням концентрації крохмалів. Найкращі результати були отримані при внесенні крохмалів у кількості 2% до маси білка і показали, що при додаванні крохмалю модифікованого Eliane VE 580 стійкість піни зростає на 9 %, модифікованого фосфорноокисленого – на 10 %, а модифікованого желуючого – на 17%.

При виборі оптимальної кількості води для відновлення сухого яєчного білку, а також вивчення зміни рН середовища використовували вище описані крохмалі модифіковані концентрацією 2% до відновленого білка. Для цього сухий яєчний білок відновлювали дистильованою водою у співвідношенні 1:5; 1:6; 1:7; 1:8 до маси білку. Нами було виявлено, що внесення всіх досліджуваних крохмалів сприяє покращенню піноутворюючої здатності та стійкості піни при різних співвідношеннях сухого яєчного білку до води. Загальна кислотність розчинів змінюється в бік кислого середовища майже прямопропорційно з додаванням більшої кількості водяної фази, а як відомо, кисле середовище сприяє утворенню піни.

Результати та обговорення. Враховуючи отримані експериментальні дані, можна прогнозувати вплив обраного крохмалю на фізико-хімічні властивості харчової системи процесі приготування та на готову продукцію в цілому. При цьому, вже на першому етапі підбору даної харчової добавки, маючи задані технологічні параметри виготовлення продукту, використовуючи отримані результати можна робити висновки про доцільність її використання в даних умовах.

Так, гідрофільність показує властивості даного інгредієнту та його вплив на стабільність емульсій. Температура клейстеризації є важливим показником при подальшій тепловій обробці продукту. Синерезис грає важливу роль при приготуванні емульсій та при їх зберіганні на виробництві у разі необхідності.

Але процес виробництва борошняних кондитерських виробів досить складний і передбачає наявність різних технологічних стадій. При внесенні в рецептуру нового інгредієнту необхідно визначити оптимальну концентрацію, спосіб внесення та визначити на якому технологічному етапі внесення харчових добавок матиме найкращі результати. Внесення нової харчової добавки передбачає її взаємодію з іншими рецептурними компонентами. Тому вивчення впливу нової харчової добавки з іншими інгредієнтами потребує подальшого поетапного дослідження.

Висновки. Використання модифікованих крохмалів покращує технологічні властивості напівфабрикатів піноподібної структури, полегшує ведення технологічного процесу та передбачає економічну привабливість їх використання. Проте, для вивчення остаточного впливу модифікованих крохмалів на кінцевий продукт необхідно дослідити взаємодію введених добавок з іншими рецептурними компонентами кондитерських мас та виявити їх вплив на термін зберігання готових виробів.

Література.

1. Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий. – М.: ДеЛи принт, 2001. – 484 с.
2. Булдаков А.С. Пищевые добавки. Справочник. — Санкт-Петербург, «Ut», 1996 – 240 с.
3. Жушман А.И., Коптелова Е.И., Быкова С.Т. Новые виды модифицированных крахмалов и их применение. - М.: ЦНИИТЗИ пищепром, 1976. – 37 с.
4. Коллоидная химия полимеров / Липатов Ю.С. – Киев: Наук. думка, 1984. – 344 с.
5. Фізична та колоїдна хімія: Метод. Вказівки до викон. Лаборатор. Робіт для студ. Напрямку 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, О.М. Мірошников, О.В. Подобій, Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська – К.: НУХТ, 2011.— 90 с.

Авторська довідка.

Самойленко Ірина Петрівна, аспірант; кафедра хлібопекарських і кондитерських виробництв, Національний університет харчових технологій, e-mail: irina_sam@bk.ru
Корецька Ірина Львівна, к.т.н., доцент; кафедра хлібопекарських і кондитерських виробництв, Національний університет харчових технологій, e-mail: tac1@bk.ru
Ковалевські Єлизавета Іванівна, доцент; кафедра фізичної та колоїдної хімії, Національний університет харчових технологій

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ПАСТОПОДІБНИХ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ З ПРЯНОЩАМИ

Ющенко Н.М., Кузьмик У.Г.

***Анотація.** Авторами розроблено рецептурний склад сиркових виробів з композиціями різних видів прянощів. Встановлено рекомендовані дози внесення створених композицій прянощів, визначено органолептичні та фізико-хімічні показники зразків розроблених продуктів.*

***Ключові слова:** сир кисломолочний, сиркові вироби, прянощі.*

Вступ. Вироби на основі сиру кисломолочного користуються широкою популярністю завдяки високій поживній та біологічній цінності, що зумовлені підвищеним вмістом молочного білку, мінеральних сполук, особливо кальцію, вітамінів тощо. Значно розширити коло споживачів цих продуктів дозволяє використання різноманітних наповнювачів та добавок. Останнім часом все більшої популярності набуває застосування компонентів природного походження, що дозволяє додатково побагатити продукти комплексом біологічно активних сполук.

Перспективним у цьому напрямі є прянощі. Традиційно прянощі використовуються для приготування кулінарних страв. Крім того, прянощі використовуються і як збагачуючий компонент у складі рецептур продуктів промислового виробництва. Поліпшуючи смакові властивості продуктів, прянощі підвищують активність впливу їжі на органи травлення, сприяючи найкращому засвоєнню поживних речовин. Це відбувається не тільки внаслідок більш інтенсивного виділення шлункового соку, а й за рахунок вмісту у прянощах компонентів, які є каталізаторами ряду процесів та сприяють активізації обміну речовин у цілому [1, 2].

Методи досліджень. З метою обґрунтування терміну зберігання нових видів сиркових виробів з прянощами проводилися дослідження за органолептичними та фізико-хімічними показниками. У зразках визначали показники активної кислотності та вологоутримуючої здатності. Титровану кислотність не визначали у зв'язку з досить інтенсивним забарвленням зразків, що заважає об'єктивній оцінці показника.

Результати та обговорення. У якості об'єктів досліджень було обрано чорний та духмяний перець, гвоздику, корицю, імбир, куркуму, бад'ян, аніс, кардамон, пажитнік, сумах. У якості молочної основи використовували сир кисломолочний м'який дієтичний нежирний. З метою надання зразкам належних органолептичних характеристик додавали кухонну сіль у кількості 0,4%.

Прянощі додавались у сухому вигляді, окрім сумаху. При внесенні сумаху у сухому вигляді спостерігалось нерівномірне забарвлення зразків, що пояснюється поступовим вивільненням забарвлюючих сполук. Тому було прийнято рішення про внесення цієї прянощі у вигляді екстракту на основі молочної сироватки. Визначено рекомендовані параметри приготування екстракту – температура 90...95°C з витриманням протягом 10 хвилин.

На основі проведених досліджень визначено сумісність обраних прянощів з кисломолочною основою, розроблено композиції різних видів прянощів, до складу яких входять:

- композиція №1 - духмяний перець, імбир, кориця у співвідношенні 1:1:1;
- композиція №2 - гвоздика, духмяний перець, імбир у співвідношенні 0,75:1:1;
- композиція №3 - імбир, куркума, сумах у співвідношенні 1:1:8;
- композиція №4 - аніс, гвоздика, імбир, чорний перець у співвідношенні 1:0,75:1:1;
- композиція №5 - духмяний перець, імбир, кардамон, пажитник у співвідношенні 1:1:0,75:1,25;
- композиція №6 - аніс, імбир, мускатний горіх, чорний перець у співвідношенні 1:1:1:1;
- композиція №7 - бад'ян, імбир, куркума, сумах у співвідношенні 1:1:1:8;
- композиція №8 - імбир, сумах у співвідношенні 1:8.

Для надання зразкам сиркових виробів із внесенням у складі композицій сумаху належних органолептичних та структурно-механічних властивостей було вирішено використовувати стабілізатор структури – модифікований крохмаль у кількості 1,7%. Додавання стабілізатора структури – модифікованого крохмалю до складу пастоподібних продуктів з екстрактами прянощів дозволяє значно знизити вміст вільної вологи, запобігти спонтанному виділенню сироватки під час зберігання продуктів.

Для встановлення характеру зміни якісних показників дослідження проводились протягом 5 діб. Контроль органолептичних та фізико-хімічних показників зразків здійснювали через кожні 2 доби. В якості контролю було взято сир кисломолочний м'який дієтичний нежирний.

Свіжовироблені зразки сиркових виробів з прянощами мали характерний кисломолочний смак, в міру солоний, з приємним присмаком та ароматом внесених прянощів: у зразках, вироблених з використанням композиції №1 – з приємним ароматом кориці; №2 – відчутним присмаком та ароматом гвоздики; №3 – смак з легкою кислинкою, з ледь відчутним кислуватим-пряним ароматом сумаху; №4 – гармонійним присмаком і пряно-солодкуватим ароматом гвоздики та анісу; №5 – вираженим, з лимонним відтінком ароматом кардамону, та пряно-гіркуватим присмаком; №6 – вираженим смаком та запахом анісу та характерним присмаком мускатного горіху; №7 – пряно-солодкуватим запахом бад'яну та легкою гірчинкою; №8 – вираженим кислуватим-пряним ароматом. Консистенція вироблених зразків – однорідна, ніжна, пластична, помірно мазка, з наявністю частинок внесених наповнювачів, колір – білий з кремовим відтінком або обумовлений кольором введених наповнювачів.

Протягом зберігання органолептичні показники істотних змін не зазнавали, на 5-у добу зберігання сиркових виробів траплялись випадки часткової втрати аромату, появи невираженого смаку, що пояснюється втратою під час зберігання ароматичних сполук прянощів. У контролі протягом перших 4-х діб органолептичні показники також не змінювались, на 5-у добу спостерігалась поява занадто вираженого кислого смаку та траплялись випадки спонтанного відділення сироватки.

Показник активної кислотності протягом перших 3-х діб істотно не змінювався. При подальшому зберіганні відбувалось поступове зниження показника активної кислотності у середньому з 4,5 до 4,2 од. рН відповідно (рис. 1). У контрольному зразку показник активної кислотності протягом зберігання знизився з 4,4 до 3,8 од. рН.

Проаналізувавши вологоутримуючу здатність досліджуваних зразків (рис. 2), можна побачити, що у контрольному зразку під час зберігання спостерігалось поступове зменшення вологоутримуючої здатності з 19,2 до 16%. У зразках сиркових виробів з прянощами показник вологоутримуючої здатності протягом усього періоду зберігання залишався практично без змін, що можна пояснити наявністю у прянощах

сполук, здатних гальмувати мікробіологічні процеси під час зберігання продуктів і тим самим запобігати погіршенню вологоутримуючих властивостей згустку.

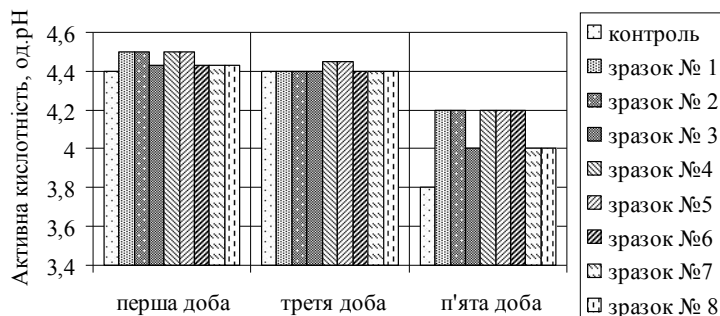


Рис. 1. Зміна активної кислотності сиркових виробів протягом зберігання.

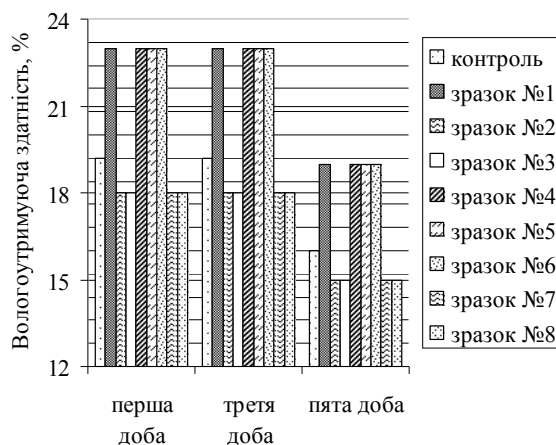


Рис. 2. Зміна вологоутримуючої здатності сиркових виробів з прянощами протягом зберігання.

Висновки.

Термін зберігання сиркових виробів з прянощами становить не більше 3-х діб при температурі $4 \pm 2^\circ\text{C}$, що відповідає вимогам держстандарту.

Додавання прянощів, їх композицій та екстрактів прянощів до кисломолочної основи дозволяє урізноманітнити смакові характеристики та розширити асортимент пастоподібних кисломолочних продуктів. Використання природніх рослинних компонентів сприятиме підвищенню біологічної цінності продуктів.

Література:

1. Ципріяні В.І. Гігієна харчування з основами нутриціології. – К.: Медицина, 2007. – 529 с.
2. Николаевский В.В. Ароматерапия: Справочник. – М., 2000. – 331 с.

Авторська довідка.

1. Ющенко Наталія Михайлівна, к.т.н., доцент; кафедра технології молока та молочних продуктів, Національний університет харчових технологій, e-mail: YuNM_NUFT@ukr.net
2. Кузьмик Ульяна Геннадіївна, аспірант; кафедра технології молока та молочних продуктів, Національний університет харчових технологій, e-mail: uily1083@yandex.ru

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ЗБАГАЧЕНИХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРОБКИ МОСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ

Шаран Л.О., Бура Г.М., Шаран А.В.

***Анотація.** Проведено аналітичні та експериментальні дослідження, на основі яких удосконалено технологію борошняних кондитерських виробів, збагачених продуктами переробки морських водоростей. Досліджено вплив обраних носіїв йоду на фізико-хімічні процеси в тісті; якість і харчову цінність готових виробів; вплив бурих водоростей на процес зберігання кексів. З урахуванням ступеня засвоєності йоду з морських добавок та втрат основного елемента при технологічному процесі виготовлення кексів встановлено оптимальне дозування продуктів переробки морських водоростей.*

***Ключові слова:** борошняні кондитерські вироби, продукти переробки морських водоростей, оптимальне дозування, показники якості.*

Вступ. У зв'язку з постійним погіршенням стану навколишнього середовища та наслідками аварії на Чорнобильській АЕС, дія шкідливих факторів негативно впливає на населення нашої країни, що призводить до виникнення різноманітних захворювань, зокрема, йоддефіцитних. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), патологічні стани, викликані дефіцитом йоду, посідають третє місце у списку 38 найбільш поширених неінфекційних хвороб. В Україні, яка розташована у зоні природного дефіциту йоду, дана проблема з кожним роком набуває все більшої масштабності. Сьогодні Україна перебуває на третьому з кінця місці за рівнем споживання йоду, а понад 85% новонароджених мають вроджений йодний дефіцит.

Нестача йоду в організмі людини призводить до виникнення різних патологій та захворювань (порушення функції щитоподібної залози, що викликає затримку розумового та фізичного розвитку дітей, неврологічний кретинізм, погіршення зору, глухонімоту, гіпотиреозидизм, безплідність, викидні, мертвонароджуваність, підвищену дитячу смертність, атеросклероз, аритмію, підвищення тиску, порушення психічних функцій у дітей та дорослих, підвищену чутливість до радіоактивного опромінення). Окрім того, нестача йоду спричиняє емоційне напруження, імунологічні відхилення, знижує енергійність, працездатність, призводить до швидкої втомлюваності [1].

Корекцію мікронутрієнтного складу раціону харчування населення можна проводити різними шляхами, зокрема:

- додавання до борошна вищих сортів висівок;
- підвищення виходу борошна з можливістю включення в нього всіх частин алеїронового прошарку та зародку;
- додавання хімічних препаратів до борошна вищого сорту тощо.

Світовий та вітчизняний досвід засвідчує, що найбільш ефективним і доцільним з економічної, соціальної, гігієнічної і технологічної точок зору заходом кардинального вирішення проблеми є розробка і налагодження виробництва різноманітних спеціальних (функціональних) харчових продуктів. Під останніми розуміють такі харчові продукти, які при щоденному вживанні в традиційних кількостях мають, окрім загальної харчової цінності, здатність специфічно

підтримувати та регулювати конкретні фізіологічні функції, біохімічні реакції, зберігати і покращувати фізичне і фізіологічне здоров'я людини (знижувати ризик виникнення захворювань).

Одним із напрямів покращення здоров'я є використання харчових продуктів функціонального призначення, у т.ч. борошняних кондитерських виробів (БКВ), оскільки БКВ є частиною щоденного споживання.

Серед великого різноманіття БКВ більшість людей віддають перевагу солодким борошняним виробам малої ваги. В цьому випадку кекси за популярністю займають одне з перших місць. Швидко, легко, недорого, корисно, в міру калорійно, солодко, доступно – ось неповний перелік властивостей, які схиляють наш вибір в сторону саме цього виду БКВ [2].

Проведений нами літературний огляд показав, що морські водорості належать до унікальних джерел макро- та мікроелементів, білків, вітамінів та інших біологічних речовин. Водорості містять мінеральні речовини, як K, Na, Mg, Ca, Si, S, Cl, I, вітаміни A, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂, C, D, E, PP, поліненасичені жирні кислоти, ферменти, фітогормони, альгінову кислоту, амінокислоти, полісахариди [3].

Методи досліджень. Дослідження з визначення якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів проводили з використанням загальноприйнятих і спеціальних методів.

У зв'язку з тим, що використання бурих водоростей у технології БКВ до цього часу було не відомо, то для збагачення БКВ нами було обрано – *Fucusvesiculosus* і *Ascophyllumnodosum* – бурі водорості басейнів Білого моря (Соловецькі острови) виробництва СевПІНРО, м. Архангельськ (Росія). Основні відомості щодо хімічного складу досліджуваних водоростей наведено в табл. 1.

Для дослідження використовували порошки водоростей з середніми розмірами частинок – 0,5 мм, гідратовані протягом 10±5 хв при температурі води 40±5 °С [3].

Дозування носіїв здійснювали з розрахунку забезпечення 30% добової потреби в йоді (45 мкг) у 100 г фортифікованого кекса (1 шт.) з урахуванням ступеня засвоюваності йоду з цих продуктів та втрати основного елемента при технологічному процесі виготовлення БКВ. За контрольний зразок слугувала рецептура кексу «Столичного». Рецептури кексів, контрольного зразка та зразків, збагачених продуктами переробки морських водоростей, наведені у табл. 2.

Таблиця 1.

Хімічний склад продуктів переробки водоростей

Складові	Продукти переробки водоростей	
	<i>Fucusvesiculosus</i>	<i>Ascophyllumnodosum</i>
Йод, г	0,41±0,10	0,81±0,10
Вуглеводи, %	59±1	60±1
- клітковина	4,9±1	5±1
- маніт	8,6±1	4,4±1
- альгінова кислота	35,4±1	32,9±1
Білки, %	8,0±1	9±1
- вільні амінокислоти	0,175	0,218
Жири, %	3±1	1±1
Мінеральні елементи, %	20±1	21±1
Волога, %	10±1	9±1

Таблиця 2.

Рецептура кексів

Сировина	Рецептура, г		
	Контроль	з <i>Fucus vesiculosus</i>	з <i>Ascophyllum nodosum</i>
Борошно	100	100	100
Масло	76,5	76,5	76,5
Цукор	76,5	76,5	76,5
Яйця	45,5	45,5	45,5
Розпушувач	3,5	3,5	3,5
Ванілін	1,15	1,15	1,15
Мак	1,00	0,20	0,45
<i>Fucus vesiculosus</i>	---	6,43	---
<i>Ascophyllum nodosum</i>	---	---	3,24

Технологія виробництва кексів складається з наступних стадій: підготовка сировини; збивання масла вершкового з додаванням цукру та яєць; додавання борошна та розпушувача; додавання ваніліну та маку. У готових виробах для маскування порошку водоростей використовували мак. Підготовлені водорості та мак вносили на останній стадії приготування тістового напівфабрикату. Кекси випікали протягом 40 хв при температурі 200...220°C[2].

Досліджували вплив обраних носіїв йоду на фізико-хімічні процеси в тісті; якість і харчову цінність готових виробів; вплив бурих водоростей на процес зберігання кексів.

Хімічний склад кексів перевіряли розрахункових шляхом (табл. 3).

Таблиця 3.

Хімічний склад кексів

Складові	Добова потреба організму	Вміст в 100 г кексу			Покриття добової потреби за рахунок вживання 100г кексу, %		
		без добавок	збагаченого		без добавок	збагаченого	
			<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>		<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Білки, %	50	6,45	6,61	6,53	12,9	13,22	13,06
Жири, %	51	25,00	25,01	25,00	49,00	49,04	49,02
Вуглеводи, %	288	53,6	53,70	53,65	18,61	18,65	18,63
Мінеральні елементи, мг							
Кальцій	1100	25,38	27,31	26,34	2,31	2,48	2,39
Фосфор	1200	81,25	81,33	81,27	6,77	6,78	6,77
Магній	350	21,3	22,44	21,98	6,09	6,41	6,28
Залізо	17	1,09	1,11	1,10	6,41	6,53	6,47
Йод	0,15	0,0048	0,05048	0,05048	3,20	33,30	33,30
Селен	0,10	0	0,01	0,01	0	10,00	10,00

Результати та обговорення. Одержані результати показали, що встановлене дозування продуктів переробки морських водоростей *Fucus vesiculosus* і *Ascophyllum nodosum* не погіршує якість готових виробів і дозволяє покращити мікронутрієнтний склад та подовжити термін зберігання кексів.

На основі досліджень розроблено проект нормативної документації на борошняні кондитерські вироби, збагачені продуктами переробки морських водоростей. Результати лабораторних досліджень підтверджено у виробничих умовах кафе-кондитерської м. Дніпропетровськ.

Висновки.

1. З урахуванням втрат йоду з носіїв при виготовленні БКВ і ступеня його засвоюваності організмом людини визначено дозування збагачувачів, що забезпечить 30 % добової потреби в цьому мікронутрієнті при споживанні 100 г кексів: *Fucusvesiculosus* – 6,43%, *Ascorphyllumnodosum* – 3,24% на 100 г борошна.

2. Встановлене дозування продуктів переробки морських виробів дозволяє одержати готові вироби високої якості з гарантованим вмістом йоду та подовженого терміну зберігання.

3. Такі збагачені борошняні кондитерські вироби можуть бути включені в раціони масового, профілактичного та дитячого харчування.

ЛІТЕРАТУРА.

1. *Передерій В.Г., Соловйова А.А.* Йодна недостатність – проблема державна// Проблеми харчування та здоров'я. –К., 2005. – 460с.

2. *Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів:* навч. посіб. / За заг. ред. Г.М. Лисюк. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. – 464 с.

3. *Барашков Г.К.* Сравнительная биохимия водоростей. – М.: Пищевая пром-сть, 1972. – 336 с.

Авторська довідка.

1. *Шаран Лариса Олександрівна, к.т.н., доцент; кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, e-mail: Larisharan@ukr.net*
2. *Бура Ганна Миколаївна, студентка 5 курсу, факультет готельно-ресторанного та туристичного бізнесу, Національний університет харчових технологій*
3. *Шаран Андрій Васильович, к.т.н., доцент; кафедра технології зберігання та переробки зерна, Національний університет харчових технологій, e-mail: Asharan@ukr.net*

INTENSIFICATION OF SURFACTANT SYNTHESIS OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 ON ETHANOL IN PRESENCE OF ORGANIC ACIDS

Anastasiia Konon, Kseniia Chebotaryova

Abstract. It was determined that the neutralization of the medium by the KOH solution in the process of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation with the subsequent adding of the fumarate (0.01 %, precursors of the gluconeogenesis) and citrate (0.01 %, the regulator of lipids synthesizes) at the end of the exponential growth phase was accompanied by the increasing surfactant synthesis by 1.2-fold comparing to the same indexes without neutralization and by 3.5-fold comparing to the cultivation of bacteria on ethanol without organic acids and pH regulation. The increasing of the surfactant synthesis in the presence of organic acids was caused by the 1.7–7-fold increased activity of the biosynthesis enzymes of glycolipids and aminolipids as well as the simultaneous functioning of two anaplerotic ways.

Key words: *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, surfactant, fumarate, citrate, intensification of synthesis

Introduction. Microbial surface active substances (surfactants) are able to reduce surface and interfacial tension, absorb heavy metals, and increase the efficiency of remediation of oil polluted ecosystems, exhibit antimicrobial and antiadhesive effects against pathogenic microorganisms. Due to the unique properties of microbial surfactants they can be used in various industries [1].

In the previous researches it was shown that the *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 strain, isolated from oil-contaminated soil samples, synthesized the surfactants while growing on hydrophilic and hydrophobic substrates [2]. The conditions of IMV B-7241 strain cultivation on ethanol providing maximum rates of surfactant synthesis were set.

Nowadays, the world's main raw materials for the surfactant synthesis are hydrophobic substrates (usually *n*-hexadecane and liquid paraffin). It should be noted that ethanol is much cheaper and more technological substrate comparing with hydrophobic water insoluble substances. The use of ethanol for the surfactant biosynthesis can reduce the cost of cultivation but the yield of the desired product remains low. One of the approach to improve the efficiency of microbial technology is to introduce exogenous biosynthesis precursors into the medium – intermediate products of metabolism of the growth substrate (primary metabolites), which are the source for the constructive metabolism or synthesis regulators (inductors) of the target product.

Thus, it was previously shown that introduction of 0.2 % fumarate (precursor of gluconeogenesis) and 0.1 % citrate (regulator of lipid synthesis) at the beginning of the stationary growth phase of *Rhodococcus erythropolis* EK-1 on ethanol was accompanied by the increase of surfactant synthesis by 40–100 % comparing with bacteria growing on medium without fumarate and citrate [3]. The increasing of surfactant synthesis under these conditions was caused to the strengthening of gluconeogenesis that was confirmed by 1.5 and 3.5 fold increase of the isocitratylase and phosphoenolpyruvate (PEP)-synthetase activity (the key enzymes of glyoxylate cycle and gluconeogenesis, respectively), and also lipid synthesis, that could indicate the 1.5-fold reduction of isocitrate dehydrogenase activity [3]. The increase of

surfactant concentration by 1.5–1.7-fold in the case of introducing into the nutritive medium of *R. erythropolis* EK-1 with *n*-hexadecane fumarate 0.2% and 0.1% citrate was caused by the intensification of trehalose mycolates synthesis that was confirmed by the 3–5-fold increase of the activity of PEP-synthetase and trehalose phosphate synthase, respectively [4].

As surfactant synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 on ethanol is complex of glyco-, amino- and neutral lipids [2], we assumed that the introduction of fumarate and citrate into the medium, as well as for the strain of *R. erythropolis* EK-1, might be accompanied with the increase of the surfactant biosynthesis.

The aim of the work was to study the possibility of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactant synthesis intensification on ethanol in the presence of fumarate and citrate.

Materials and methods. The indexes of surfactant synthesis and bacteria growth - concentration of biomass, the surface tension (σ_s) of cell-free cultural liquid, the conditional surfactant concentration (CSC*, dimensionless), the emulsification index of cultural liquid (E_{24} , %)- were determined as it was described in our previous works [2–4]. The amount of the exocellular surfactant (g/L) was determined by the gravimetric method after the extraction from the supernatant of cultural liquid with mixture of methanol and chloroform [2]. The surfactant synthesizing ability was determined as the ratio of the concentration of the synthesized surfactant (g/L) to the concentration of the biomass and expressed in g of surfactant / g of biomass.

Results and discussion. At the first stage, similarly to the researchers conducted with *R. erythropolis* EK-1 [3, 4], we studied the influence of precursors (0.1–0.5%) on the surfactant synthesis in the case of their addition into the medium with ethanol in the late exponential and the beginning of the stationary growth phases of *A. calcoaceticus* IMV B-7241. It was determined that the introduction of fumarate and citrate hardly affected the synthesis of surfactants. In this regard, at the next stage of the research the concentration of fumarate and citrate were reduced and organic acids were introduced into the ethanol containing medium at the beginning of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation or in the late exponential growth phase. It was shown that the highest rates of surfactant synthesis were observed in case of simultaneous introduction of fumarate and citrate (0.01 %, Table). Thus, the addition of 0.01 % of organic acids in the medium with ethanol in the late exponential growth phase of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 was accompanied by the increasing of the concentration of synthesized surfactants almost by 3 times (from 1.7 to 5.0 g/L) comparing with the cultivation of bacteria on the medium without fumarate and citrate (Table). In the case of addition of organic acids in concentration 0.02 % the increase of surfactant synthesis to 3.2 g/L was observed (almost two-fold higher than on the medium without organic acids). It should be noted that unlike *R. erythropolis* EK-1 [3, 4], in the process of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation either on ethanol or on ethanol in the presence of fumarate and citrate, the emulsification index of cultural liquid was almost unchanged.

At the next stage the activity of enzymes of surfactant biosynthesis with the introduction of organic acids (0.01 %) into the medium with ethanol was analyzed. The experiments have shown that under such conditions the 1.7–7.0-fold increase of the activity of all enzymes was obtained excepting isocitratelase, activity of which was almost the same. The increase of PEP-synthetase and PEP-carboxylase activity (more than 7 and 2.4 fold compared with the activity on the medium with ethanol without organic acids) was the most significant. These results may be evidence of the strengthening of glycolipid surfactant synthesis during the strain IMV B-7241 cultivation. The proof of this was more than 3-fold increase of the trehalose phosphate synthase activity – a key enzyme of the biosynthesis of trehalose mycolates. The increasing of isocitrate dehydrogenase and NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase

activity and 2-oxoglutarate dehydrogenase absence in the process of growth strain IMV B-7241 on ethanol in the presence of fumarate and citrate may indicate the increasing of aminolipids synthesis.

Table 1
*Surfactant synthesis by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 on ethanol in the presence of different concentrations of fumarate and citrate*

Concentration of organic acids*	Surfactant concentration, g/L	Emulsification index**, %
Citrate, 0.01	2.6±0.13	91±4
Citrate, 0.02	2.6±0.13	100±5
Citrate, 0.1	1.9±0.10	87±4
Fumarate, 0.01	2.8±0.14	100±5
Fumarate, 0.02	2.5±0.12	87±4
Fumarate, 0.1	2.1±0.10	88±4
Citrate, 0.01 + Fumarate, 0.01	5.0±0.25	89±4
Citrate, 0.02 + Fumarate, 0.02	3.2±0.16	79±4
Citrate, 0.1 + Fumarate, 0.1	2.8±0.14	88±4
Control (without organic acids)	1.7±0.09	88±4

* The introduction of citrate and fumarate was conducted in the late exponential growth phase (48 h).

** Sunflower oil was used as substrate for emulsification.

The patterns of precursors biosynthesis influence on the formation of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactant were determined. They differed from those for the strain *R. erythropolis* EK-1 [3]: firstly, the optimum concentration of fumarate and citrate for the strain IMV B-7241 was 10-fold lower; secondly, the presence of organic acids increased only the synthesis of surfactant and thirdly, the effect of simultaneous use of organic acids in the nutritive medium with ethanol pronounced – the concentration of surfactant increased almost by three folds, while for the strain *R. erythropolis* EK-1 it increased only twice.

Our results also differ from those ones in the literature. Firstly, the literature describes the increase in surfactant synthesis in the presence of citrate only, which was introduced into the nutritive medium at the beginning of the cultivation [5, 6]. Secondly, the optimal concentration of citrate was 0.5–1.0 %. With such concentration citrate can be seen not as a regulator of lipid synthesis but as the additional growth substrate. It should be noted that we have not found the information about the intensification of surfactant synthesis by simultaneous introduction into the medium either citrate or C₄-dicarboxylic acids.

The decrease of pH to 5.5–5.7 of the cultural broth was observed on the second day of the *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation on ethanol and by the end of the cultivation pH decreased to 4.5 – 5.0. The most bacteria transport the salts of organic acids into the cells by the symport with proton. Neutral pH is optimal for such process [7, 8]. Thus, we assumed that the medium neutralization during strain cultivation (and before the addition of organic acids) would be accompanied by the increasing of the surfactant synthesis. The pH of cultural fluid was maintained at a neutral level by addition of 1 N KOH (NaOH) during the process of cultivation.

It was shown that maintaining of the pH at neutral level during bacteria cultivation either on ethanol or ethanol with organic acids was accompanied by the increasing surfactant concentration and surfactant synthesizing ability comparing with the process without pH regulation. It should be noted that the maximum intensification of surfactant synthesis

(surfactant concentration 6.0 g/L, surfactant-synthesizing capacity 6.2 g surfactant/g biomass) was observed during the simultaneous introducing of fumarate and citrate into the ethanol medium, as well as the use of KOH solution for the maintaining pH at rate of 7.0. The neutralization of the cultural liquid by sodium hydroxide was accompanied by the decrease of the surfactant synthesis and surfactant-synthesizing capacity by 10–12 % comparing to the indicators obtained with KOH regulation. The cultivating of the IMV B-7241 strain on ethanol in the presence of organic acids and using of KOH as titration agent the emulsification index of the cultural liquid increased (by 7–9 %) comparing with the process without pH regulation.

Further experiments showed that sodium cations were inhibitors of the enzyme activity of the surface-active glyco- (PEP-synthetase) and aminolipids (NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase) biosynthesis by *A. calcoaceticus* IMV B-7241. Thus, the activity of PEP-synthetase and glutamate dehydrogenase decreased by 1.8 and 5 fold respectively in the presence of 50 mM of Na⁺ in the reaction mixture. It was interesting to note that 2-fold reduction of PEP- carboxylase (the enzyme of the anaplerotic reaction filling the pool of C₄-dicarboxylic acids) activity was observed in the presence of sodium cations in the medium with ethanol for strain IMV B-7241 cultivation.

These results should be considered in the development of microbial surfactants biotechnology particularly while choosing the titration agent.

Organic acids were introduced into the medium with ethanol as sodium salts while studying the influence of the fumarate and citrate on the surfactant synthesis by strain IMV B-7241. Obviously their replacing with potassium salts may be accompanied by the increase of surfactant synthesis. Clarification of these issues will be studied in our future researches.

Conclusion. Thus, the possibility of the increasing of *A. calcoaceticus* IMB B-7241 surfactant synthesis on ethanol while maintaining the pH at a neutral rate by KOH and addition of fumarate and citrate (0.01 %) in the late exponential phase of growth was established. The obtained results had shown the possibility of the regulation of surfactant biosynthesis by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 resulting in increasing of biosurfactant concentration.

Acknowledgments. Authors thank to Doctor of Biological Sciences, professor Pirog T., scientific supervisor, and engineer Shevchuk T. (Institute of Microbiology and Virology of National Academy of Science of Ukraine)

References

1. Tyagi M., Fonseca M.M., Carvalho C.C.C.R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // Biodegrad. – 2011. – N 22. – P. 231–241.
2. Pirog T. P., Antonyuk S.I., Karpenko E.V., Shevchuk T.A. The effect of the cultivation of *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 strain on the synthesis of surfactants // Appl. Biochem. Microbiol. – 2009. – V. 45, N 3 – P. 304–310.
3. Pirog T.P., Korzh U. V., Shevchuk T.A., Tarasenko D. A. Features of C2 - metabolism and intensification of synthesis of *Rhodococcus erythropolis* EK-1 surfactants, growing on ethanol // Microbiology. – 2009. – V. 77, N 6. – P. 749–757.
4. Pirog T. P., Shevchuk T.A., Klimenko Y.A., Intensification of synthesis of surfactants of *Rhodococcus erythropolis* EK-1 on hexadecane // Appl. Biochem. Microbiol. – 2010. – V. 46., N 6. – P. 651–658.

5. de Roubin M.R., Mulligan C.N., Gibbs B.F. Correlation of enhanced surfactin production with decreased isocitrate dehydrogenase activity // Can. J. Ind. Microbiol. –1989. – V. 35, № 9. –P. 854–859.

6. Lesyk O.U., Eliseeva S.A., Populyah A.V., Karpenko U.V. The foundation of the surfactant complex of yeast *Phaffia rhodozyma* culture and its emulating properties // Microbiol. M. – 1991. –V. 53, N 2. – P. 36–40.

7. Darvishi P., Ayatollahi S., Mowla D., Niazi A. Biosurfactant production under extreme environmental conditions by an efficient microbial consortium, ERCPP1-2 // Colloids Surf. B: Biointerfaces. – 2011. – 84, N 1. – P. 292–300.

8. Muller M.M., Hormann B., Kugel M., Syldatk C., Hausmann R. Evaluation of rhamnolipid production capacity of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 in comparison to the rhamnolipid over-producer strains DSM 7108 and DSM 2874 // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2011. – 89, N 3. – P. 585–592.

Авторська довідка.

Конон Анастасія Дмитрівна, асистент, аспірант (спеціальність 03.00.20 – біотехнологія), кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: KononA@meta.ua

Чеботарьова Ксені Володимирівна, студентка, кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: katrielen@mail.ru

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINII* K-8 НА ГЛІЦЕРИНІ ВНЕСЕННЯМ ЕКЗОГЕННИХ ПОПЕРЕДНИКІВ

Хом'як Д.І., Кудря Н.В.

Анотація. Показано можливість інтенсифікації біосинтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) при культивуванні *Nocardia vaccinii* K-8 на гліцерині внесенням екзогенних попередників вуглеводної та ліпідної природи. Додавання глюкози (0,05 %) і соняшникової олії (0,1 %) у культуральну рідину на початку стаціонарної фази росту штаму K-8 приводить до підвищення синтезу ПАР на 45–50 % у порівнянні із показниками на середовищі без екзогенних попередників.

Ключові слова: *Nocardia vaccinii* K-8, поверхнево-активні речовини, гліцерин, інтенсифікація біосинтезу

Вступ. Упродовж останніх років поверхнево-активні речовини є об'єктом інтенсивних теоретичних і прикладних досліджень, що зумовлено їх можливим практичним використанням в промисловості, а також для очищення навколишнього середовища [1, 2]. Перевагами ПАР мікробного походження перед синтетичними аналогами є їх біодеградабельність, стійкість у екстремальних умовах, різноманітна біологічна активність та не токсичність, а такі їх властивості, як здатність до емульгування, зниження поверхневого та міжфазного натягу, дозволяють сподіватися на можливість їх використання для вирішення ряду глобальних проблем [2, 3]. На сьогодні виробництво ПАР є досить високовартісним через використання дорогих субстратів та складного обладнання для очищення і концентрування цільового продукту. Інтенсифікувати синтез цільового продукту мікроорганізмами можна за рахунок внесення екзогенних попередників у середовище культивування продуцента, сприятливий вплив яких зумовлений їх включенням у процеси конструктивного метаболізму або регуляцією синтезу цільового продукту. Щодо джерела вуглецю, то одним з можливих субстратів для одержання ПАР є гліцерин, що у великих кількостях утворюється як побічний продукт виробництва біодизелю. Використання гліцерину у мікробіологічному синтезі вирішить проблему його утилізації і значно здешевить вартість ПАР, а також дозволить суттєво підвищити рентабельність виробництва біодизелю.

У попередніх дослідженнях із забрудненою нафтою зразків ґрунту було виділено штам нафтоокислювальних бактерій, ідентифікований як *Nocardia vaccinii* K-8, і встановлено його здатність до синтезу сполук з поверхнево-активними і емульгувальними властивостями під час росту на гідрофобних і гідрофільних субстратах, зокрема на гліцерині і оптимізовано поживне середовище для цього субстрату з використанням математичних методів планування експерименту [1].

Слід зазначити, що незважаючи на широкі перспективи використання у біотехнології представників роду *Nocardia*, у літературі недостатньо відомостей про синтез ними сполук саме з поверхнево-активними властивостями. Так, китайськими вченими було виділено штам *Nocardia* sp.L-417 – продуцент ПАР на середовищі з гексадеканом [2]. У нещодавніх роботах було встановлено можливість синтезу ПАР ліпепептидної та гліколіпідної природи спорідненими з родом *Nocardia* штамми

Nocardiosis alba MSA10 [3] та *Nocardiosis lucentensis* MSA 04 [4]. Наші ж дослідження показали, що за хімічною природою ПАР *N. vaccinii* К-8 є сумішшю нейтральних, гліко- та аміноліпідів [1].

Попередньо нами було показано можливість підвищити синтез поверхнево-активних речовин внесенням у середовище екзогенних попередників біосинтезу – фумарату (C_4 -дикарбонова кислота, попередник глюконеогенезу, що функціонує при вирощуванні бактерій на неуглеводних субстратах) і цитрату (регулятора синтезу ліпідів). Так, за внесення цитрату або фумарату у концентрації 0,1 % кількість отриманих ПАР підвищувалася на 31–36 %, а при спільному внесенні органічних кислот – на 40–45 % [1].

Мета даної роботи – дослідження можливості інтенсифікації синтезу ПАР *N. vaccinii* К-8 на гліцерині внесенням екзогенних попередників вуглеводної та ліпідної природи – глюкози та соняшникової олії.

Методи досліджень. Культивування бактерій здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): $NaNO_3$ – 0,5; KH_2PO_4 – 0,1; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,1; $CaCl_2 \times 2H_2O$ – 0,1, рН 6,8–7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат – 0,5 % (об'ємна частка) і $FeSO_4 \times 7H_2O$ – 0,001 г/л.

Як джерело вуглецю та енергії використовували гліцерин в концентрації 1,5 % (об'ємна частка). Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту, вирощену на середовищі наведеного вище складу з 0,5 % (об'ємна частка) гліцерину. Кількість посівного матеріалу становила 10 % від об'єму середовища.

Попередники вносили у вигляді 10 %-х розчинів у концентрації 0,01–0,5 % (масова частка) на початку процесу культивування, у експоненційній фазі (48 год) та на початку стаціонарної фази росту (72 год).

Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (300 об/хв) при 30°C упродовж 168 год.

Кількість синтезованих ПАР визначали у г/л ваговим методом після екстракції сумішшю Фолча [1].

Результати та обговорення. На першому етапі досліджень було вирішено проаналізувати вплив попередників при їх внесенні на початку культивування, а також в експоненційну та стаціонарну фазу росту штаму К-8. Враховуючи позитивний вплив на біосинтез ПАР за внесення органічних кислот у концентраціях 0,1–0,5 %, глюкозу та соняшникову олію вносити у аналогічній кількості.

Як видно із представлених в табл. 1 даних, оптимальним виявилось внесення глюкози на початку стаціонарної фази росту у концентрації 0,1 %, що дозволило збільшити кількість отриманих ПАР на 32 %. Внесення вуглеводню на початку суттєво не підвищувало вихід цільового продукту, а при додаванні у експоненційній фазі росту навпаки спостерігалось інгібування. Для соняшникової олії найвищі результати також було отримано при її внесенні на початку стаціонарної фази.

На наступному етапі було вирішено проаналізувати вплив даних сполук у нижчих концентраціях (табл. 2). Результати кількісного визначення підтвердили оптимальну концентрацію соняшникової олії, а для глюкози найвищу кількість ПАР (на 45 % більше порівняно з контролем) отримали при її внесенні у концентрації 0,05 %.

Таблиця 1

Вплив глюкози і соняшникової олії на синтез ПАР *N. vassinii* К-8

Попередник	Момент внесення	Концентрація, %	Кількість ПАР, г/л	Кількість ПАР, г/л % від контролю
Контроль (без попередників)	-	-	1,72 ± 0,09	-
Глюкоза	на початку	0,1	2,08 ± 0,10	120,9 ± 6,1
		0,3	1,80 ± 0,09	104,7 ± 5,2
		0,5	1,76 ± 0,09	102,3 ± 5,1
	експоненційна фаза	0,1	0,98 ± 0,05	57,1 ± 2,9
		0,3	1,14 ± 0,06	66,3 ± 3,3
		0,5	1,02 ± 0,05	59,3 ± 3,0
	стаціонарна фаза	0,1	2,28 ± 0,11	132,6 ± 6,6
		0,3	2,24 ± 0,11	130,2 ± 6,5
		0,5	1,90 ± 0,10	110,5 ± 5,5
Олія	на початку	0,1	1,64 ± 0,08	95,5 ± 4,8
		0,3	1,80 ± 0,09	104,7 ± 5,2
		0,5	1,84 ± 0,09	107,1 ± 5,4
	експоненційна фаза	0,1	2,16 ± 0,11	125,6 ± 6,3
		0,3	2,12 ± 0,11	130,2 ± 6,5
		0,5	1,96 ± 0,10	114,1 ± 5,7
	стаціонарна фаза	0,1	2,56 ± 0,13	148,9 ± 7,4
		0,3	2,48 ± 0,12	144,2 ± 7,2
		0,5	2,16 ± 0,11	125,6 ± 6,3

Таблиця 2

Синтез ПАР *N. vassinii* К-8 при внесенні попередників у концентраціях 0,01–0,1 % на початку стаціонарної фази росту

Попередник	Концентрація, %	Кількість ПАР, г/л	Кількість ПАР, г/л % від контролю
Контроль (без попередників)	-	1,96 ± 0,10	-
Глюкоза	0,01	2,10 ± 0,11	107,1 ± 5,4
	0,03	2,36 ± 0,12	120,4 ± 6,0
	0,05	2,84 ± 0,14	144,9 ± 7,2
	0,1	2,62 ± 0,13	133,7 ± 6,7
Олія	0,01	2,22 ± 0,11	113,3 ± 5,7
	0,03	2,34 ± 0,12	119,4 ± 6,0
	0,05	2,78 ± 0,14	141,8 ± 7,1
	0,1	2,94 ± 0,15	150,0 ± 7,5

Слід зазначити, що у літературі в основному зустрічаються дані по інтенсифікації синтезу ПАР внесенням глюкози не як попередника біосинтезу, а як додаткового джерела вуглецю. Так, при культивуванні *Pseudomonas aeruginosa* SP4 на середовищі з пальмовою олією максимальні показники синтезу ПАР спостерігали при додаванні глюкози як ко-субстрату (лише на початку культивування) [5], а для мутантного

Pseudomonas putida 300-B найвищий вихід рамноліпідів (4,1 г/л) одночасно з найвищим рівнем біомаси (3,5 г/л) отримано при культивуванні на соєвій олії з внесенням глюкози як додаткового субстрату [6].

Висновки. Таким чином, встановлено, що внесення глюкози (0,05 %) і соняшникової олії (0,1 %) на початку стаціонарної фази росту дозволяє інтенсифікувати біосинтетичні процеси і збільшити кількість цільового продукту на 45–50 %.

Подяка. Автор висловлює щирю подяку науковому керівнику – д.б.н., проф. Пирог Тетяні Павлівні.

Література

1. Пирог Т.П., Гриценко Н.А., Хомяк Д.И., Конон А.Д., Антонюк С.И. Оптимизация синтеза поверхностно-активных веществ *Nocardia vaccinii* K-8 при биоконверсии отходов производства биодизеля // Микробиол. журнал. – 2011. - Т. 73, № 4. – С. 15–24.
2. Kim S.H., Lim E.J., Lee S.O., Lee J.D., Lee T.H. Purification and characterization of biosurfactants from *Nocardia* sp.L-417 // Biotechnol. Appl. Biochem. – 2000. – Vol. – 31. – P. – 249–253.
3. Gandhimathi R., Kiran G.S., Hema T.A., Selvin J. Production and characterization of lipopeptide biosurfactant by a sponge-associated marine actinomycetes *Nocardiopsis alba* MSA10 // Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – Vol. 32. – P. 825–835.
4. Kiran G.S., Thomas T.A., Selvin J. Production of a new glycolipid biosurfactant from marine *Nocardiopsis lucentensis* MSA04 in solid-state cultivation // Colloids Surf. B Biointerfaces. – 2010. - Vol. 78. – P. 8–16
5. Pansiripat S., Pornsunthorntawe O., Rujiravanit R. Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* SP4 using sequencing batch reactors: Effect of oil-to-glucose ratio // Biochem. Engin. J. – 2010. – N 49. – P. 185–191.
6. Raza Z.A., Khan M.S., Khalida Z.M. Evaluation of distant carbon sources in biosurfactant production by a gamma ray-induced *Pseudomonas putida* mutant // Proc. Biochem. – 2007. – Vol. 42, N 4. – P. 686–692.

Авторська довідка.

1. Хом'як Данило Іванович, магістрант, кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: khomdan@ukr.net
2. Кудря Надія Володимирівна, студентка 3го курсу, кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: ms.nelli@rambler.ru

ШТАМОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТРУТОВИКА ЛАКОВАНОГО *GANODERMA LUCIDUM* (CURTIS : FR.) P. KARST

Кирпушко О.В.

Анотація. Проведені експериментальні дослідження визначення морфолого-культуральних ознак нових штамів трутовика лакованого, котрі були виділені з плодових тіл, зібраних на території України. На основі отриманих даних відібрано штам *G. lucidum* 2067, як найбільш перспективний для подальшого впровадження у промислове грибовництво та інші біотехнології.

Ключові слова: трутовик лакований, *G. lucidum*, температура, ріст.

Вступ. Гриби роду *Ganoderma* Karst., зокрема *Ganoderma lucidum* (Curtis: Fr.) P. Karst. використовують в народній медицині Сходу протягом 4 тисяч років [4]. За допомогою сучасних методів досліджень з даного макроміцету було виділено понад 400 біологічно активних речовин різної хімічної природи з різноманітними фармакологічними властивостями. Препарати, отримані з *G. lucidum* мають імуномодельючі, онкостатичні, антиоксидантні, антибактеріальні, антивірусні, антиалергенні та інші профілактично-лікувальні властивості, що підтверджено результатами чисельних дослідів [2]. Показано, що вживання сухого порошку та екстрактів з плодових тіл трутовика лакованого надає потужний лікувальний ефект через наявність у своєму складі фармакологічно активних сполук. Головними елементами сухого порошку гриба *Ganoderma lucidum* є стероїдні з'єднання, флавоноїди, сапоніни, алкалоїди, амінокислоти, водорозчинні білки, кумарини, полісахариди, макро- та мікроелементи: Ag, Ca, Fe, K, Na, Mn, Zn та ін. [2, 5]. Можливість використання плодових тіл трутовика лакованого, його міцелію та культуральної рідини як джерел важливих БАР визначило значимість одного з етапів нашої роботи, а саме вивчення культурально-морфологічних особливостей чистих культур *G. lucidum* різного географічного походження [2, 4, 5].

Методи досліджень. Об'єктами досліджень були 8 штамів трутовика лакованого з Національної Колекції шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (акронім ІВК) – 921, 1621, 1911, 1914, 2030, 2066, 2067, 2068. Дослідження швидкості росту вегетативного міцелію ганодерми лакованої, її культуральних та морфологічних особливостей проводили на двох групах агаризованих середовищ: натуральних – агаризоване пивне сусло (СА); комплексних – картопляно-глюкозний агар (КГА), мальт-екстракт агар (МЕА), мальт-екстракт-дріжджово-пептоний агар (МУРА), картопляно-декстрозний агар (ПДА) та глюкозо-картопляно-декстрозний агар (ПГДА); розрахована радіальна швидкість їх росту, описана морфологія колоній, досліджено вплив рН та температури інкубування на ріст досліджених штамів, визначено наявність чи відсутність різноманітної ферментативної активності, а також випробувані різні субстрати з відходів сільського господарства України для одержання плодових тіл *G. lucidum*.

В літературі наводяться дані, що критичними значеннями для росту та життєздатності більшості базидіальних грибів є температури +4°C та +37°C [3]. У досліді щодо визначення критичної температури для росту штамів *G. lucidum* пробірки з сусло-агаром, інокульовані дослідженими штамми, інкубували в термостаті за

температур $+34^{\circ}\text{C}$, $+37^{\circ}\text{C}$ та $+40^{\circ}\text{C}$ протягом 10 діб. Фіксували наявність або відсутність міцеліального росту на 10-у добу і потім знижували температуру до більш сприятливої $+27^{\circ}\text{C}$.

Для визначення значення рН сприятливого для міцеліального росту різних штамів *G. lucidum* використовували рідке синтетичне середовище з мінеральним джерелом азоту. В якості інокулюму вирізали по 4 диски діаметром 5 мм з краю попередньо вирощених 7 – 10 добових колоній культур грибів, які вносили у колби з 20 мл рідкого середовища (доведеного 1н НСІ чи 10% КОН до необхідного значення рН та простерилізованих). Посіви інкубували у темряві при $+26^{\circ}\text{C}$. Ріст культур відбувався поверхнево і коли в одному з варіантів рН міцелій повністю покривав всю поверхню середовища дослід вважався завершеним. Міцеліальну біомасу відокремлювали від культуральної рідини фільтруванням через капроновий фільтр. У фільтраті проводили вимірювання рН (кінцеве значення), а біомасу після двократного промивання дистильованою водою переносили у таровані флакони та висушували до постійної ваги при $+105^{\circ}\text{C}$.

При проведенні ферментативних реакцій досліджувані штами *G. lucidum* вирощували на середовищах ГПДА та ПДА з додаванням відповідних реактивів, а саме: для визначення лаказної активності використовували α -нафтол, амілазної – розчину крохмалю, целюлазної – розчинну карбоксиметилцелюлозу (КМЦ) та ліпазної – CaCl_2 та Tween 80 згідно з прописами методик. Для проведення тестів використовували чашки Петрі та пробірки у дворазовій повторності. Досліджували 4 ензими, що характеризують окисно-відновні процеси – оксидази (зокрема лаказа), метаболізм вуглеводів (амілаза, целюлаза) та ліпідів (ліпаза). Позитивна реакція виявлялася в появі синьо-фіолетового забарвлення у середовищі внаслідок окиснення безбарвного α -нафтолу лаказою. Позитивна реакція на амілазу визначалася за наявністю безбарвних зон середовища після внесення 3%-го розчину Люголя, негативній реакції відповідало фіолетове забарвлення середовища. Наявність КМЦ-активності визначали утворенням прозорих зон біля або під колоніями після обробки середовища розчином конго-червоного (0,001 %), який зафарбовував середовище у червоний колір. Позитивна реакція на ліпазу виявлялася в результаті утворення осаду омиленних сполук у середовищі з Tween 80 із хлоридом кальцію (CaCl_2) навколо або під колонією досліджуваних штамів гриба.

За ознаками максимальної швидкості росту на агаризованих середовищах різного складу були відібрані штами *G. lucidum* 2030 та 2067 для їх подальшого дослідження на щільних рослинних субстратах з залишків сільського господарства України в лабораторних умовах. В якості субстратів були використані зерно пшениці, пшенична солома, лушпиння соняшника та тирса листяних порід дерев (липи, дуба та верби) з додаванням хмелевих шишок та кукурудзяного борошна у кількості 20%. Компоненти субстратів готували та змішували у відповідному співвідношенні згідно прийнятих методик в 4 повторностях. Сляні банки зі стерильним рослинним субстратом інокулювали досліджуваними штамами та закривали металеву фольгою для створення необхідної концентрації CO_2 , що є сприятливим фактором для розвитку плодових тіл. Посіви інкубували в термостаті при температурі $+26^{\circ}\text{C}$. Ступінь обростання субстратів міцелієм враховували кожні 2 – 3 доби до повного обростання субстратів. Для стадії ініціації утворення зачатків плодових тіл знижували температуру до $+18 - 22^{\circ}\text{C}$ та робили затемнення банок з субстратами, обгортаючи їх папером, для того щоб утворення примордіїв відбувалося на поверхні субстратів. Після зав'язування примордіїв, яке тривало протягом 7 – 10 діб, металеву фольгу знімали і субстрати переміщали на етап плодоношення, де для ініціації утворення плодових тіл

підтримувалися необхідне освітлення та понижена температура в межах +15 – 18°C.

Результати та обговорення. За одержаними результатами швидкості росту штами трутовика лакованого можна умовно поділити на дві групи – швидкоростучі та повільноростучі. До останньої групи належить штам *G. lucidum* 1911, оскільки його середня радіальна швидкість росту була меншою за 4 мм/добу. Інші досліджувані штами, а саме *G. lucidum* 1914, 2030, 2066, 2067, 2068 росли зі швидкістю в межах від 4 до 8 мм/добу. Найкращим середовищем для культивування вегетативного міцелію у більшості досліджених штамів трутовика лакованого виявилось агаризоване пивне сусло. На даному середовищі радіуси міцеліальних колоній штамів *G. lucidum* 1911, 2030, 2066, 2067 та 2068 становили від 20 до 30 мм вже на 4 добу інкубування. Швидкість росту штамів досягала від 5 до 7,5 мм/добу. Найгіршим ріст досліджуваних штамів *G. lucidum* було відмічено на середовищі МЕА. Радіальна швидкість росту штамів коливалася в межах від 2 до 7 мм/добу.

Морфологію колоній досліджуваних штамів описували на агаризованому пивному суслі (8° по Балінгу), як одному з найбільш оптимальних середовищ для росту даного гриба. Описання зовнішнього вигляду колоній проводили на 10-у добу культивування при температурі + 27°C. Досліджені культури утворювали ватоподібні, борошністі або бархатисті колонії білого кольору, що з часом набували жовтого чи коричневого кольору. Колонії були переважно незональні. Зональність у вигляді концентричних кіл різної щільності спостерігалась лише у штамів 1911 та 1914. Край колоній у більшості випадків був піднятий, реверзум здебільшого коричневого кольору.

У всіх досліджених штамів спостерігався активний ріст при +34°C. Встановлено, що температура +37°C була критичною для штамів 1911 та 1914, оскільки їхній ріст не поновлювався при подальшому перенесенні у сприятливі температурні умови. Для трьох інших штамів, виділених з території нашої країни, а саме 2066, 2067 та 2068 температура +42°C не була критичною, так як у них спостерігалось ледь помітне опущення блоку з інокулюмом, а при перенесенні до оптимальних для росту умов (температура +26°C) їх ріст поновлювався. Це свідчить про те, що дана температура для них не є критичною і не впливає на їх життєздатність. Тому саме для цих штамів необхідно провести подальше дослідження при більш високих значеннях температур.

В результаті проведеного дослідження встановлено оптимальні значення рН для трьох штамів трутовика лакованого – 921, 1621 та 2030, які склали 6,3, 4,9 та 3,5 відповідно. Тобто, оптимальні значення рН середовища, сприятливі для міцеліального росту, виявилися шамоспецифічною ознакою.

У досліджуваних штамів виявлено позитивну реакцію на лаказу (поліфенолоксидаза). Про це свідчить поява синьо-фіолетового забарвлення у середовищі (в місцях нанесення крапель реактиву) внаслідок окиснення безбарвного нафтолу лаказою. Тобто, дані штами показали високу лаказну активність. Таким чином вони здатні окиснювати молекулярним киснем орто- та пара- дифеноли, моно-, три- та полі феноли з утворенням відповідних хінонів. При додаванні до міцеліальних колоній штамів 2030 та 2067 розчину Люголя спостерігалось утворення плям темного фіолетово-синього кольору в місцях нанесення крапель, що є негативною реакцією на наявність амілазної активності, тобто, досліджувані штами не здатні гідролітично розщеплювати крохмаль на більш прості сполуки. Про негативну реакцію на наявність КМЦ-целюлази свідчить відсутність безбарвних зон навколо та під колоніями культур. Відомо, що даний макроміцет є дереворуйнівним грибом. Оскільки в результаті нашого дослідження було встановлено, що штами *G. lucidum* 2030 та 2067 не показали КМЦ-активність, можна припустити, що даний макроміцет має інші ензими комплексу

целюлаз для розщеплення целюлози до більш простих речовин. В результаті проведення досліду було виявлено, що досліджувані штами також не показали ліпазну активність про що свідчило те, що в процесі росту даних штамів, не відбувалося утворення осаду омилених сполук навколо чи під колоніями культур. Тобто, досліджувані штами *G. lucidum* не здатні гідролізувати тригліцериди до вищих жирних кислот та гліцерину.

Субстрат на основі зерна пшениці виявився найкращим по швидкості обростання міцелієм. На 14 добу спостерігалось повне обростання всіх досліджуваних субстратів міцелієм гриба. Але оптимальним субстратом для плодоношення трутовика лакованого виявилася тирса липи, оскільки лише на ньому утворилися примордії у обох штамів на 14 добу культивування. Всі інші субстрати були менш ефективними. Залежно від типу та складу субстрату утворення зачатків плодових тіл відбувалося на 14 – 21 добу культивування. Виявилось, що штам *G. lucidum* 2067 значно легше та у більшій кількості утворює примордії порівняно зі штамом *G. lucidum* 2030. Штам 2067 утворював примордії вже на 14 добу на більшості субстратів, зокрема на лушпинні сояшника, тирсі липи та суміші верби з дубом. На зерні пшениці спостерігалось незначне утворення примордій, тоді як на пшеничній соломі зачатки взагалі не утворювалися. Найкращим субстратом для культивування штаму 2030 була тирса липи, оскільки на даному субстраті примордії утворилися вже на 14 добу. На інших субстратах даний штам розвивався значно гірше. Спостерігалось досить слабе утворення примордій на субстратах з лушпинням сояшника та зерном пшениці. На двох інших субстратах примордії взагалі не утворювалися. Приймаючи до уваги географічне походження даного штаму (штам виділений з плодових тіл, зібраних у Туреччині) можна припустити, що для утворення плодових тіл він потребує значно вищої температури, ніж була створена за умов експерименту. Але це припущення потребує подальшої перевірки. Виходячи з одержаних результатів щодо швидкості росту на різних щільних середовищах та рослинних субстратах, а також стадії утворення примордій можна зробити висновок, що найбільш перспективним в технологічному плані є штам *G. lucidum* 2067. Швидке обростання субстратів міцелієм, легке утворення численних примордій на різноманітних субстратах, невибагливість до компонентів субстрату та температурних режимів робить цей штам дуже перспективним для його подальшого впровадження у промислове виробництво.

Висновки.

1. Для досліджених штамів *G. lucidum* визначена радіальна швидкість росту міцелію на агаризованих середовищах різного складу. Середня швидкість росту більшості штамів становила 6 – 8 мм/добу. Відмічено морфологічні особливості штамів, такі як текстура, колір колоній, наявність концентричних кіл, утворення примордій, тощо на досліджених середовищах.
2. Встановлені значення критичних температур для росту міцелію штамів 1911 та 1914 (+37°C) та 2030 (+42°C).
3. Було визначено оптимальні значення pH для міцеліального росту трьох штамів *G. lucidum*. Оптимальні значення цього параметру становили: для штаму 921 – pH 4,9, 1621 – pH 6,3 та 2030 – pH 3,5.
4. Найкращими субстратами для культивування *G. lucidum* виявилися лушпиння сояшника та тирса верби, оскільки на даних субстратах спостерігалось утворення примордій. Показано, що комбінації інших субстратів з сумішшю були менш ефективними для вирощування даного макроміцету.

5. Досліджено ферментативну активність (ензими лаказа, ліпаза, КМЦ целюлаза та амілаза) у штамів 2030 та 2067. Показана наявність високої лаказної активності, в той час як КМЦ-целюлазної, ліпазної та амілазної активностей відмічено не було.

6. За результатами швидкості росту на агаризованих поживних середовищах та різноманітних рослинних субстратах, здатністю до швидкого плодоутворення на широкому спектрі субстратів відібрано штам 2067, як найбільш перспективний для подальшого впровадження у промислове грибівництво та інші біотехнології.

Література:

1. Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Биська Н.А. и др. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре. – К.: Альтерпрес, 2011. – 212 с.
2. Гончар С.Н. Деякі аспекти використання лікарських грибів в медичній практиці. – Київ, Новий Друк, 2009. – 20 с.
3. Круподьорова Т.А. Вплив температури інкубації на життєздатність вегетативного міцелію штамів *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat та *Ganoderma lucidum* (Curtis.) P. / Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2011. – № 3. – С. 50 – 55.
4. Лекарственные грибы. Индийский морской рис, тибетский молочный гриб, грибы рейши, мейтаке и шиитаке, чага.: Ольга Романова – Санкт-Петербург, Вектор, 2008 г. – 96 с.
5. Chang S.T., Miles Ph.G. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. – London, New York, Washington, D.C. CRC Press, 2004. – 451 p.

Авторська довідка.

Кирпушко Оксана Володимирівна, студентка 5 курсу; кафедра біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій, e-mail: kirpushko.oksana@yandex.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ З ПІДВИЩЕНОЮ СТІЙКІСТЮ ДО ОКИСНЕННЯ

Усатюк С.І., Пелехова Л.С., Сус Л.В.

***Анотація.** Проведено дослідження з встановлення відповідності показників якості та безпеки соняшникової олії з підвищеною стійкістю до окиснення вимогам ДСТУ 4492:2005. На основі результатів досліджень визначено, що олія з підвищеною стійкістю до окиснення відповідає вимогам нормативно-технічної документації на олію соняшкову нерафіновану.*

***Ключові слова:** соняшникова олія, якість, безпека.*

Вступ. Технологія рослинних олій з використанням способу прямого пресування дозволяє отримати готовий продукт з мінімальними втратами біологічно активних речовин, що містяться в сировині. Проте в процесі зберігання нерафінованої соняшникової олії за температури 20...30 °С відбуваються процеси окиснення або автоокиснення ліпідів, які супроводжуються значними змінами її хімічного складу, руйнуванням діючих речовин і зниженням біологічної цінності. У зв'язку з протіканням вищевказаних процесів обмежується термін придатності нерафінованої соняшникової олії, що є вирішальним фактором не тільки у ланцюгу забезпечення населення якісними продуктами харчування, а й критерієм якості, який визначає вибір виробників інших галузей харчової промисловості, що використовують олію в якості сировини [1, 2].

З метою гальмування процесів окиснення, збільшення термінів зберігання і забезпечення високої якості олій використовують природні та штучні антиоксиданти, які сповільнюють реакції окиснення ліпідів. Антиоксиданти штучного походження (бутилгідроксианізол, пропілгалат, додецилгалат та ін.) є менш коштовними, але у зв'язку з побічними ефектами використання багатьох з них заборонено в деяких країнах. На сьогодні популярності набувають антиоксиданти природного походження (аскорбінова кислота, токоферолі, каротиноїди, флавоноїди, фенольні кислоти та ін.), які, на відміну від штучних, є безпечними для організму людини та, окрім антиоксидантної, виявляють протипухлинні, антиканцерогенні та інші властивості [2, 3].

З метою отримання олії з підвищеною стійкістю до окиснення нами запропоновано технологію олії, яка включає стадію оброблення її рослинною сировиною, що містить речовини з високою антиоксидантною активністю. Як джерело природних антиоксидантів флавоноїдної природи запропоновано використовувати плоди софори японської. В результаті одержана нерафінована соняшникова олія, яка має на 20% вищу стійкість до окиснення в процесі зберігання [4]. Для підтвердження відповідності отриманої олії вимогам нормативно-технічної документації проведено дослідження з визначення показників її якості та безпеки.

Методи досліджень. Застосовано органолептичні та фізико-хімічні методи.

Результати та обговорення. Проведено дослідження показників якості та безпеки рослинної олії, обробленої софорою японською, з підвищеною стійкістю до окиснення. Визначення показників безпеки (вміст мікотоксинів, пестицидів, важких

металів) олії здійснено за стандартизованими методиками [5]. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники безпеки нерафінованої соняшникової олії з підвищеною стійкістю до окиснення

Найменування показника	Вимоги НД, мг/кг, не більше	Результати досліджень, мг/кг	Оцінка відповідності НД
Мікотоксини			
Афлотоксин В₁	0,005	<0,001	Відповідає
Зеараленон	1,0	<0,5	Відповідає
Пестициди			
ГХЦГ гама-ізомер	0,05	<0,001	Відповідає
Алдрин	не допускається	не виявлено (<0,001)	Відповідає
Гентахлор	не допускається	не виявлено (<0,001)	Відповідає
ДДТ	0,1	<0,001	Відповідає
Важкі метали			
Свинець	0,1	0,02	Відповідає
Кадмій	0,05	<0,005	Відповідає
Миш'як	0,1	<0,02	Відповідає
Ртуть	0,03	<0,001	Відповідає
Мідь	0,5	0,313	Відповідає
Цинк	5,0	0,67	Відповідає
Залізо	5,0	2,04	Відповідає

Таблиця 2.

Показники безпеки нерафінованої соняшникової олії з підвищеною стійкістю до окиснення

Назва показника	Вимоги НД	Результати досліджень	Оцінка відповідності НД
Органолептичні показники			
Зовнішній вигляд, прозорість	Допустимо наявність «сітки над осадом»	Прозора, без осаду	Відповідає
Смак та запах	Притаманні олії соняшниковій нерафінованій, без стороннього присмаку, гіркоти та запаху	Притаманні олії соняшниковій нерафінованій. Відсутні сторонній присмак, гіркота та запах	Відповідає
Фізико-хімічні показники			
Колірне число, мг І ₂ /100см ³ , не більше	15	3	Відповідає
Пероксидне число 1/2 О, ммоль/кг, не більше	7	4,8±0,192	Відповідає
Масова частка фосфоровмісних речовин у перерахунку на стеаролецитин, %, не більше	0,4	0,22±0,044	Відповідає
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше	0,2	0,1193 ±0,014	Відповідає
Йодне число, г І ₂ /100г, не більше	125...145	126,55	Відповідає
Масова частка неомильних речовин, %, не більше	1,2	1,13	Відповідає
Вітамін Е, мг/100г	42,9 (експериментальні дані для необробленої олії)	44,03	
Загальна антиоксидантна	48,3	83,1	

активність, мг% у перерахунку на вітамін Е	(експериментальні дані для необробленої олії)	
---	--	--

Результати досліджень показників якості нерафінованої соняшникової олії підвищеної стійкості, включаючи вміст вітаміну Е та загальну антиоксидантну активність, представлені в таблиці 2. Такі показники, як вміст вітаміну Е та загальна антиоксидантна активність, не нормуються для олії соняшникової нерафінованої, але являються важливими критеріями оцінки якості продукту.

У результаті проведених досліджень встановлено, що нерафінована соняшникова олія, оброблена плодами софори японської, має підвищену біологічну цінність (вміст вітаміну Е збільшується на 2,4 %) та у 1,7 разів більшу антиоксидантну активність, у порівнянні з необробленою олією. Олія з підвищеною стійкістю до окиснення відповідає вимогам до олії соняшникової нерафінованої згідно з ДСТУ 4492:2005 та може бути використана як для харчування населення, так і для перероблення у харчовій промисловості.

Висновки.

1. Досліджено показники якості та безпеки олії соняшникової нерафінованої, обробленої софорою японською, з підвищеною стійкістю до окиснення.
2. Встановлено відповідність олії соняшникової нерафінованої з підвищеною стійкістю до окиснення вимогам ДСТУ 4492:2005 до олії соняшникової нерафінованої та рекомендовано її використання для харчування населення та у харчовій промисловості.

Література.

1. Камышин Е.М. Стабильность масел и жиров / Е. М. Камышин, Б.Ю. Малышкин // Масла и жиры. – 2004. – № 4. – С. 4-5.
2. Некрасова Т.Э. Натуральные антиоксиданты для масложировой продукции / Т.Э. Некрасова // Масла и жиры. – 2005. – №4(50). – С. 1-2.
3. Шиков А.Н. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства / А.Н. Шиков, Макаров В.Г., Рыженков В.Е. – М.: Издательский дом «Русский врач», 2004. – 264 с.
4. Заявка а201112461, МПК⁷ C11B5/00. Спосіб стабілізації рослинної олії / Усатюк С. І., Пелехова Л. С. (UA); заявник Національний університет харчових технологій (UA); заявл. 24.10.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8
5. Олія соняшникова. Технічні умови: ДСТУ 4492:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 84 с. – (Національні стандарти України).
6. Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання α -, β -, γ - і δ -токоферолів (EN 12822:2000, IDT) : ДСТУ EN 12822:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 15 с. – (Національний стандарт України).

Авторська довідка

1. Усатюк Світлана Іванівна, к.т.н., доцент; кафедра експертизи харчових продуктів, Національний Університет харчових технологій, e-mail: esmeraldo@ukr.net
2. Пелехова Любов Сергіївна, аспірант; кафедра експертизи харчових продуктів, Національний Університет харчових технологій, e-mail: narmina@ukr.net
3. Сус Лілія Володимирівна, студентка, кафедра експертизи харчових продуктів, Національний Університет харчових технологій

МАФФІНИ НА БЕЗГЛЮТЕНОВОМУ БОРОШНІ ДЛЯ ХВОРИХ НА ЦЕЛІАКІЮ

Дорохович А.М., Лазоренко Н.П.

***Анотація.** Проведені теоретичні та експериментальні дослідження, на основі яких розроблено технологію маффінів для хворих на целіакію. На основі проведених досліджень визначили оптимальне співвідношення основних сировинних рецептурних інгредієнтів, що дало можливість отримати тісто і готові маффіни з якісними технологічними показниками.*

***Ключові слова:** маффіни, целіакія, фруктоза, безглютенове борошно.*

Вступ. З швидким розвитком технічного прогресу, прискоренням промислової революції, зростанням темпу життя на тлі погіршення екологічної ситуації різко змінилася структура харчування людини. Сучасне життя людини супроводжується неповноцінним раціоном харчування, зменшенням фізичного навантаження, що призводить до зниження резистентності організму, спостерігається погіршення стану здоров'я населення, збільшується кількість хворих на цукровий діабет, целіакію. Встановлена значна роль харчування в етіології цих захворювань. Тому сьогодні можна сміливо стверджувати, що харчова промисловість несе відповідальність за здоров'я нації. Це потребує розроблення харчових продуктів, в т.ч. борошняних кондитерських виробів, спеціального дієтичного споживання для хворих на цукровий діабет, целіакію та ін.

Розроблення виробів спеціального дієтичного споживання для кожної з цих груп населення потребує особливих підходів. Так, хворі на целіакію не можуть споживати продукти, до складу яких входить глютен (рослинний білок, що міститься у злакових – пшениця, ячмінь, жито, овес). Отже, у разі розроблення борошняних кондитерських виробів для хворих на целіакію потрібно повністю виключити з їх складу пшеничне борошно, замінюючи його на безглютенові види борошна: рисове, кукурудзяне, гречане, соєве, горохове. Єдиним методом лікування целіакії є суворе і довічне дотримання безглютенової дієти [2]. Нерідко ця хвороба супроводжується цукровим діабетом. Хворі на цукровий діабет не можуть споживати традиційні кондитерські вироби, до складу яких входить цукор білий.

Нещодавно на ринку України з'явився новий вид борошняних кондитерських виробів – маффіни, який швидко набув популярності та користується великим попитом у всіх верств населення, особливо їх полюбують діти. Аналітичний огляд літератури показав відсутність праць, присвячених розробленню маффінів дієтичного призначення. Тому, перед нами постало завдання розробити маффіни для всіх верств населення, в тому числі для хворих на целіакію та цукровий діабет. В якості безглютенового борошна було обрано рисове і гречане борошно вітчизняного виробництва, в якості цукрозамінника було обрано фруктозу, яка є доступна по ціні і має ГІ в тричі менший ніж у цукру.

Результати обговорення. Було проведено комплекс досліджень для створення математичної моделі та оптимізаційного рішення раціональних рецептурних композицій тістових мас на основі безглютенового борошна. Проведені нами дослідження показали, що проста заміна пшеничного борошна на рисове і гречане борошно неможлива, тому що маффіни на основі рисового і гречаного борошна не утворюють відповідної структури м'якушки, після випікання вироби мають упадину. Для покращення

структурно-механічних властивостей тіста маффінів та готового виробу нами запропоновано, разом з безглютеновим борошном використовувати структуроутворювачі. В якості структуроутворювачів було обрано картопляний крохмаль, камеді дерева тара і камеді рожкового дерева, які зазвичай у виробництві борошняних кондитерських виробів використовуються для надання відповідних структурно-механічних властивостей тісту і готовим виробам.

Методом багатофакторного експерименту було визначено оптимальне співвідношення рецептурних інгредієнтів для тістових моделей на рисовому і гречаному борошні з додаванням картопляного крохмалю, камеді тара і камеді рожкового дерева, на цукрі білому та фруктозі. На основі проведених досліджень встановлено оптимальне співвідношення основних рецептурних інгредієнтів, що дало можливість отримати тісто і готові маффіни з технологічними показниками, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Технологічні показники тіста і готових маффінів на безглютеновому борошні, цукрі білому та фруктозі

Показники	Маффіни на:			
	рисовому борошні та:		гречаному борошні та:	
	цукрі	фруктозі	цукрі	фруктозі
масова частка води тіста, %	25,5	25,5	25,5	25,5
густина тіста, г/см ³	0,92	0,90	0,98	0,97
вміст вільної води від загальної кількості, %	29,1	32,4	33,0	35,8
вміст зв'язаної води від загальної кількості, %	70,9	67,6	67,0	64,2
вологість маффінів, %	20,8	20,8	21,0	21,0
щільність маффіну, г/см ³	0,308	0,312	0,317	0,322
об'ємна маса, см ³ /г	3,3	3,1	3,15	3,0

Як видно з наведених результатів досліджень тістові моделі, виготовлені на фруктозі, порівняно з тістом на цукрі білому, мають меншу густину. Якщо густину тіста маффінів, виготовленого на цукрі білому і рисовому борошні, прийняти за 100%, то тісто, виготовлене на фруктозі, буде мати густину меншу на 4,8 %, така ж картина спостерігається і на гречаному борошні. Це ми пояснюємо різною розчинністю цукрів і різною кількістю вільної води у тістових заготовках, що було підтверджено нами при проведенні досліджень на дериватографі Q-1500. Аналіз дериватограм та їх розрахунок показав, що вміст вільної води в тісті на гречаному борошні та цукрі становить 33,0% від всієї води, на рисовому борошні та цукрі білому 29,1%, що на 10% менше порівняно з тістом на гречаному борошні. Це ми пояснюємо різною кількістю білків і різною водопоглинальною здатністю борошна, яка становить на рисовому борошні 73,7 мг/100г, гречаному – 137,2 мг/100г.

Аналіз досліджень показує, що об'ємна маса безглютенових маффінів на фруктозі менша, ніж на цукрі білому, що ми пояснюємо низькою температурою плавлення фруктози і прискорення часу формування скоринки при випіканні.

Проведені дослідження показали, що безглютенове борошно суттєво впливає на структурно – механічні показники тіста, безумовно безглютенове борошно буде впливати на процес випікання маффінів.

За допомогою багатфакторного експерименту було визначено, що оптимальними параметрами випікання маффінів на основі рисового, гречаного борошна та цукру доцільно проводити за $t_{п.к} - 180^{\circ}\text{C}$, на фруктозі – $t_{п.к} - 160^{\circ}\text{C}$. Дослідження показали, що використання гречаного борошна подовжує час випікання на 11 %, порівняно з рисовим борошном, що ми пояснюємо вищою температурою клейстеризації гречаного борошна (91°C).

Для визначення впливу безглютенового борошна на процеси зберігання маффінів були проведені дослідження по визначенню сорбційно-десорбційних властивостей маффінів на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена. За контроль було обрано маффіни на пшеничному борошні.

Аналіз ізотерм показав, що при мономолекулярній адсорбції ($A_w=0..0,25$) маффіни на рисовому борошні поглинають вологу в кількості $0,02 \text{ г/см}^3$, при цьому поглинання починається при $a_w=0,1$ ($\varphi=10\%$). Маффіни на гречаному борошні у зоні молекулярної адсорбції поглинають воду в кількості $0,03 \text{ г/см}^3$ і поглинання вологи починається при $a_w=0,1$ ($\varphi=10\%$). В зоні полімолекулярної адсорбції найбільша кількість поглинутої вологи спостерігається у маффінів виготовлених на гречаному борошні - $0,22 \text{ г/см}^3$, на рисовому – $0,20 \text{ г/см}^3$, що відповідно на 55% та 50% більше ніж у маффінах виготовлених на пшеничному борошні. Максимальну сорбційну здатність мають маффіни, виготовлені на гречаному борошні, в зоні капілярної адсорбції ($a_w=1,0$, $\varphi=100\%$), вона складає $0,65 \text{ г/см}^3$, на рисовому борошні $0,53 \text{ г/см}^3$, на пшеничному $0,38 \text{ г/см}^3$.

Однак, нас цікавить поведінка зразків маффінів при $\varphi=70-75\%$, тобто в умовах зберігання маффінів в складських приміщеннях ($\varphi=70-75\%$, $t=18-20^{\circ}\text{C}$). В таблиці 2 наведені дані рівноважної вологості маффінів, при $\varphi=70-75\%$.

Таблиця 2. Вміст рівноважної вологи маффінів при $\varphi=70-75\%$

Маффіни виготовлені на борошні:	Рівноважна вологість, % за	
	$\varphi=70\%$	$\varphi=75\%$
пшеничному	10,0	11,0
рисовому	17,0	20,0
гречаному	18,0	22,0

Вологість маффінів виготовлених на рисовому і гречаному борошні, згідно розроблених рецептур становить 20-21%. Якщо зберігати не паковані маффіни в складських приміщеннях при $\varphi=70-75\%$, то згідно отриманих даних таблиці 2 при зберіганні буде відбуватися десорбція вологи до рівноважного стану на пшеничному борошні до $W=10-11\%$, на рисовому до 17-20%, на гречаному 18-22%, тобто у маффінах на безглютеновому борошні не буде відбуватись процес черствіння, вірогідно за рахунок наявності в рецептурному складі камеді дерева тара і камеді рожкового дерева, які володіють волого утримуючою здатністю.

Для запобігання процесів черствіння маффіни після охолодження потрібно пакувати у водо- та світло не проникну тару.

Висновки: На основі проведених досліджень були розроблені нові види маффінів для хворих на целіакію і цукровий діабет «Фруктік», «Корисний», «Гречаночка», «Рисовичок», «Смачний дуєт». Розроблена та затверджена необхідна нормативна документація: технічні умови, рецептури, технічні інструкції. Технології захищені чотирма патентами України на корисну модель [1].

Соціальний ефект від впровадження розробок полягає в тому, що в Україні хворі на целиацію, цукровий діабет мають можливість споживати маффіни вітчизняного виробництва.

Література:

1. Пат. 64658 Україна, МПК A23G 3/00. Мафін безглютеновий / Дорохович А.М., Лазоренко Н.П.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u 2011 05528; заявл. 29.04.11; опуб. 10.11.11, Бюл.№21.
2. Губська О.Г. Целиакія. Про проблеми діагностики і лікування цієї хвороби в Україні// Харчова та переробна промисловість. 2008. – № 7. – С. 24-26.

Авторська довідка.

Дорохович Антонелла Миколаївна, д. т. н., професор; кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій

Лазоренко Наталія Петрівна, к.т.н., асистент; кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, i-mail: lazarenko03@rambler.ru

ПРЕПАРАТИВНЕ ВИДІЛЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ АРОМАТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ КМИНУ

Усатюк О.М., Науменко К.А., Чепель Н.В., Фролова Н.Е., Усенко В.О.

***Анотація.** Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень розроблення способу препаративного розділення вузьких фракцій ефірних олій з виділенням індивідуальних ароматичних компонентів. Отримано ароматичні компоненти ефірної олії кмину (*Carum carvi* L.) високого ступеню чистоти та у концентрованому вигляді.*

***Ключові слова:** ефірна олія, ароматичний компонент, препаративна хроматографія.*

Вступ. Сучасне виробництво харчових продуктів важко уявити без використання ароматизаторів, які надають або змінюють їх аромат і смак. На сьогодні виробники віддають перевагу ідентично натуральним та синтетичним джерелам ароматичних речовин як дешевим та стабільним у технологічних процесах та зберіганні. У споживача питання безпеки даних сполук викликає занепокоєння.

З 20 січня 2011 року в країнах ЄС до виконання став обов'язковим Регламент №1334/2008 [1], згідно якого на етикетці харчових продуктів повинно бути вказано "natural" (натуральний) відносно ароматизатору, який складається виключно з натуральних ароматичних речовин. Терміни «ідентичний натуральному» та «синтетичний» у маркуванні більше не зазначають. Технічний регламент України щодо правил маркування харчових продуктів від 11.02.2011 р. також визначає застосування терміну «натуральний» лише до натуральних ароматизаторів [2].

У зв'язку зі змінами в законодавстві спостерігається зростання інтересу виробників до джерел натуральних ароматичних речовин та поступова відмова від використання їхніх синтетичних аналогів.

Розроблена технологія переробки ефірних олій (ЕО) вакуумною ректифікацією дозволяє отримувати окремі ароматичні фракції, які можуть бути використані як самостійні ароматизатори або як складові для створення композиційних ароматизаторів [3].

Вдосконалення цієї технології полягає в отриманні з ЕО не тільки окремих фракцій, а й індивідуальних ароматичних компонентів (ІАК). Це дозволить розширити асортимент натуральних ароматизаторів.

Літературні джерела зазначають, що виділення ІАК ЕО здійснюють ректифікацією, суперкритичною екстракцією, вискоєфективною рідинною хроматографією, адсорбційною хроматографією [4-6].

Однак, переліченими способами вдається виділити лише вузькі фракції ЕО та основні (ключові) компоненти, а десятки інших ароматичних компонентів, які містяться у ЕО у кількостях менше 5 %, виділити складно.

Метою проведених досліджень було розроблення ефективного способу препаративного розділення ЕО з виділенням ІАК високого ступеня чистоти.

Досліджувалася препаративна хроматографія, яка класично використовується для розділення азеотропних сумішей та речовин з близькими температурами кипіння, а також дозволяє виділяти окремі компоненти високого ступеню чистоти [6, 7].

Для вирішення поставленої мети було запропоновано використовувати вузькі фракції ЕО, отримані вакуумною ректифікацією [8], а з них виділяти ІАК препаративною хроматографією.

Методи досліджень. Для встановлення аромату фракцій та ІАК ЕО кмину застосовано органолептичний метод, а для визначення компонентного складу – метод газорідинної хроматографії.

Результати та обговорення. Було визначено такі етапи досліджень:

- виготовити високоефективну препаративну колонку з науковим обґрунтуванням вибору твердого носія (ТН) та нерухомої фази (НФ), встановленням дисперсності та масових співвідношень секцій ТН, концентрації НФ щодо ТН за довжиною колонки;
- встановити умови та провести виділення ІАК з вузьких фракцій ЕО;
- дослідити аромат та компонентний склад отриманих фракцій та ІАК.

Проаналізувавши характеристики відомих ТН, обрано “Хромосорб А”, який має незначну адсорбційну і каталітичну активність поверхні, велику ємність щодо НФ, механічну міцність.

Враховуючи особливості препаративного розділення (порівняно велика проба, перепад тиску на кінцях колонки), експериментально встановлено підвищення ефективності колонки за лімоненом при послідовному її заповненні секціями ТН різної дисперсності у порядку зменшення розміру часток: перша секція – 15 мас. %, розмір часток 2...3 мм; друга – 25 мас. %, розмір часток 1...2 мм; третя – 60 мас. %, розмір зернин 0,56...1 мм.

На наступному етапі досліджень обрано НФ марки ПЕГ-6000, яка є хімічно інертною, селективною до ароматичних речовин ЕО, має температурну межу використання на рівні 200 °С, а також фізіологічно безпечна.

Експериментально визначено концентрацію нанесення НФ, яка становить: у першій секції – 25 %, у другій – 20 %, у третій та четвертій – відповідно 17 % та 15% відносно ТН. Використання градієнту нанесення НФ дозволило збільшити ефективність розділення, а також підвищити продуктивність колонки.

Визначені умови розділення вузьких фракцій ЕО кмину (*Carum carvi L.*) препаративною хроматографією (ПХ) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Умови препаративного розділення вузьких фракцій ЕО кмину

Параметри		Значення
Швидкість потоку газу-носія, см ³ /хв		85
Температура, °С	випарника	250
	термостата колонки	120...200
	збірника фракцій	250
	детектора	250
	сосуду Дьюара	-20...-15
Об'єм проби, см ³		0,6

Для запобігання втрат на стадії вловлювання та збору фракцій ПХ використано посуд Дьюара, наповнений сухим льодом для забезпечення температури -15...-20 °С, в який занурено чотири приймальники фракцій.

Повнота збору фракцій ПХ для всіх серій дослідів становила в межах 82,5...89,0 %, що засвідчило високу ефективність системи вловлювання.

Результати розділення вузьких фракцій ЕО кмину препаративною хроматографією та характеристики виділених фракцій ПХ представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика ПХ фракцій ЕО кмину

Вузька фракція	Фракції ПХ	Інтервал часу виходу, хв	Кількість фракції, см ³	Характеристика аромату
Перша	1	0...12,9	0,06	Поєднання аромату хвої з трав'яними тонами
	2	13,2...14,8	0,12	Різкий трав'яний аромат
	3	16,8...20	0,26	Насичений трав'яний аромат з цитрусовими тонами
	4	24,8...27	0,14	Насичений лимонний аромат з трав'янистими тонами
Друга	1	24,8...31	0,38	Насичений лимонний аромат з трав'янистими тонами
	2	32,5...58,7	0,11	Квітковий аромат з тоном польових квітів
	3	36...41,4	0,10	Насичений терпко-пряний аромат з тоном кмину
Третя	1	42,2...45,6	0,10	Насичений терпко-пряний аромат з тоном камфори
	2	49,7...52,2	0,35	Насичений трав'яний аромат з пряними й кминними тонами
	3	54,9...62,3	0,14	Кминний аромат з терпко-пряними тонами
Четверта	1	64,8...75,4	0,45	Насичений аромат зрілого насіння кмину
	2	76,1...78,9	0,13	Різкий камфорний аромат з кминними тонами

Компонентний склад фракцій ПХ ЕО кмину досліджувався методом газорідинної хроматографії на аналітичній колонці довжиною 2 м діаметром 1,5 мм з НФ динонілфталат за умов методики, розробленої науковцями ПНДЛ НУХТ. Умови методики хроматографічного аналізу ароматичних компонентів ЕО, наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Умови хроматографічного аналізу ароматичних компонентів ЕО

Параметри		Значення
Температура, °С	термостата колонки	
	початкова	100
	кінцева	140
	швидкість нагріву за 1 хв.	6
	детектора	150
Витрати см ³ /хв	інжектора	200
	азоту	33
	водню	33
	повітря	330
Об'єм проби, мкл		0,2

Ідентифікацію компонентів фракцій ПХ проведено за відносним часом утримування, а кількісний вміст компонентів у препаративних фракціях встановлено методом внутрішньої нормалізації (див. табл. 4).

Таблиця 4

Компонентний склад фракцій ПХ ЕО кмину

Вузька фракція	Фракції ПХ	Ідентифіковані Компоненти	Кількісний вміст, %
Перша	Перша	α -туйен	22,47
		сабінен	75,53
	Друга	β -мірцен	98,6
	Третя	p-цимен	95,4
	Четверта	лімонен	96,3
Друга	Перша	лімонен	98,8
	Друга	ліналоол	43,61
		цитраль	56,25
	Третя	цис-лімоненоксид	95,3
Третя	Перша	транс-лімоненоксид	95,7
	Друга	α -терпінеол	98,7
	Третя	дигідрокарвон	52,18
		цис-карвеол	47,68
Четверта	Перша	карвон	99,1
	Друга	каріофілен	95,2

Отже, розробленим способом з вузьких фракцій ЕО кмину було виділено фракції ПХ, до складу яких входять ІАК, ступінь чистоти яких більше 95 %: β -мірцен, p-цимен, лімонен, цис-лімоненоксид, транс-лімоненоксид, α -терпінеол, карвон, каріофілен.

Ряд компонентів, що містяться в ЕО кмину в кількостях менше 5 %, виділено в концентрованому вигляді: α -туйен (22,47 %), сабінен (75,53 %), ліналоол (43,61 %), цитраль (56,25 %), дигідрокарвон (52,18 %), цис-карвеол (47,68 %). Для отримання цих компонентів у чистому вигляді передбачається повторне проведення препаративного розділення фракцій ПХ та виділення ІАК.

Отримані ІАК можуть використовуватися як складові натуральних харчових ароматизаторів, а також як стандарти у газохроматографічних дослідженнях джерел аромату.

Висновки.

1. Розроблено спосіб розділення вузьких фракцій ЕО та виділення індивідуальних ароматичних компонентів з них препаративною хроматографією.

2. Виділено індивідуальні ароматичні компоненти зі ступенем чистоти більше 95 %: β -мірцен, p-цимен, лімонен, цис-лімоненоксид, транс-лімоненоксид, α -терпінеол, карвон, каріофілен.

Список використаної літератури:

1. Regulation (EC) No [1334/2008](#) of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Regulation (EC) No [1601/91](#) of the Council, Regulations (EC) No [2232/96](#) and (EC) No [110/2008](#) and Directive [2000/13/EC](#).

2. Технічний регламент України щодо правил маркування харчових продуктів від 11.02.2011 р.
3. *Українець А.І.* Переробка ефірних олій для отримання натуральних харчових ароматизаторів / *А.І. Українець, Н.Е. Фролова* // Наука та інновації. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 36–40.
4. *Andrzej L. Dawidowicz.* SPE isolation of low-molecular oxygen compounds from essential oils / *Andrzej L. Dawidowicz, Michal P. Dybowski* // Journal of Separation Science. – 2010. – Volume 33. Issue 20. – P. 3213–3220.
5. *Yan J.* Preparative isolation and purification of germacrone and curdione from the essential oil of the rhizomes of Curcuma wenyujin by high-speed counter-current chromatography / *Yan J, Chen G, Tong S, Feng Y, Sheng L, Lou J* // Journal of Chromatography A. – 2005. – 1070(1-2):207-10.
6. *Ткачев А.В.* Исследование летучих веществ растений / *А.В. Ткачев.* Новосибирск: Издательский дом «Офсет», 2008. – 969 с.
7. *Zuo H. L.* Separation of cis- and trans-Asarone from Acorus tatarinowii by Preparative Gas Chromatography // *Zuo H. L., Yang F. Q., Zhang X. M., Xia Z. N.* // Journal of Analytical Methods in Chemistry. – 2011. – Volume 2012.
8. *Чепель Н.В.* Обґрунтування принципів основ способу розділення і виділення домішкових оптично активних ізомерів ефірних олій як ароматоформуючих складових натуральних ароматизаторів / *Н.В. Чепель, Н.Е. Фролова, В.О. Усенко, К.А. Науменко, І.М. Силка* // Харчова наука і технологія. 2011. – № 1(14). – С. 63-65.

Авторська довідка.

1. *Усатюк Олена Михайлівна*, аспірант, Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, e-mail: lленаusatiuk@gmail.com
2. *Науменко Ксенія Андріївна*, м.н.с., Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, e-mail: ksenianaumenko@ukr.net
3. *Чепель Наталія Василівна*, к.т.н., с.н.с., Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, e-mail: natachepel@yandex.ru
4. *Фролова Наталія Єпінетівна*, к.т.н., с.н.с., Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, e-mail: nef59@mail.ru
5. *Усенко Віталій Олександрович*, с.н.с., Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій, e-mail: chromatografist@i.ua

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРУДЕРА

Арсеньєва Л.Ю., Калініченко А.О., Ященко В.С.

Анотація. Теоретично обґрунтовано перспективи використання гливи звичайної для збагачення хлібних виробів. Розроблено технологію хлібних паличок оздоровчого призначення із застосуванням холодної екструзії в умовах закладів ресторанного господарства. Досліджено перебіг мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті під впливом підвищеного тиску, що створюється в камері бродильно-формуального агрегату (екструдера).

Ключові слова: хлібні палички оздоровчого призначення, глива звичайна, бродильно-формувальний агрегат, екструдер, екструзійна технологія, холодна екструзія, підвищений тиск.

Вступ. Відомо, що хлібобулочні вироби є продуктами масового споживання, що виробляються за традиційними технологіями та рецептурами. Такі вироби не мають збалансованого хімічного складу з точки зору основ здорового харчування. Під час розроблення нової хлібобулочної продукції особливу увагу слід звернути на вибір функціонального інгредієнта з максимальним вмістом білкової складової, враховуючи збалансованість білків за амінокислотним складом. Таким функціональним інгредієнтом можна запропонувати базидіальні гриби, які є джерелом харчового протеїну, незамінних амінокислот, ненасичених жирних кислот, полісахаридів.

Методи досліджень. Проаналізовано наукові праці різних авторів щодо хімічного складу та переваг використання гливи звичайної в харчовій промисловості. Застосовано органолептичні та хімічні методи досліджень.

Результати та обговорення. У світовому грибовництві активно вирощують близько 40 видів їстівних та лікарських грибів. В Україні культивують лише *Agaricus bisporus* (печериця двуспорова) та *Pleurotus ostreatus* (глива звичайна). Для невеликих грибних господарств та підприємств з обмеженими фінансовими можливостями гриби *Pleurotus ostreatus* завдяки високій активності, значній продуктивності та адаптивним здатностям є оптимальними для культивування [1].

Згідно з літературними даними, вміст загального азоту в *P. ostreatus* коливається в межах 1,1...4,9 % СР для грибів, вирощених екстенсивним способом, та 3,6...6,1 % СР для грибів, вирощених інтенсивним способом. Білковий азот становить 64...76 % від масової частки загального азоту. Вміст азотистих речовин залежить від штаму та умов вирощування. Під час дослідження амінокислотного складу виявлено 18 амінокислот, у т.ч. всі незамінні. У складі амінокислот, в основному, переважають глютамінова та аспарагінова кислоти, що є характерною особливістю їстівних грибів. Вміст незамінних амінокислот становить 35,9...40,3 % від загальної суми. Лімітуючими амінокислотами гливи звичайної є метіонін та цистин. У той же час вона багата на триптофан та лізин, дефіцит яких різко відчувається в багатьох рослинних білках. Поряд із зв'язаними амінокислотами в плодових тілах їстівних грибів знаходяться вільні амінокислоти, що беруть участь в обміні речовин, у т.ч. синтезі білка живої клітини, забезпечують синтез нуклеїнових кислот, нуклеотидів, ферментів, вітамінів, сума яких складає 25...35 % від

загальної кількості амінокислот. Вміст вільних амінокислот в грибах досить високий у порівнянні з іншими продуктами рослинного походження.

Перетравлюваність білкових речовин грибів знаходиться в межах 69...83 %. Тобто грибні білки засвоюються гірше тваринних (засвоюваність в середньому 96,5 %), але на рівні рослинних (засвоюваність в середньому 68,0 %). Перетравлюваність грибів залежить від ступеня їх подрібнення. Встановлено, що азотисті речовини грибів, подрібнених в порошок, засвоюються на 80...89 %. Отже, нами було вирішено подрібнити масу плодових тіл гливи до пюреподібної консистенції для кращого засвоєння та рівномірного розподілу у продукті.

Вміст вуглеводів у плодових тілах гливи звичайної коливається в межах 16,7...81,3 % СР. Вуглеводний комплекс грибів представлений такими складовими: глюкоза, фруктоза, галактоза, глікоген, клітковина, хітин, маніт та ін. Дані про вміст клітковини в гливі суперечливі. Згідно з даними різних авторів, її кількість знаходиться в межах 5,03...14,9 % СР. Вміст хітину в грибах складає 3...5 %. Хітин практично ніколи не зустрічається у вільному стані, а зазвичай зв'язаний з білками, неорганічними солями, ліпідами, пігментами та погано перетравлюється в харчовому тракті людини. Тому технологічна обробка грибів має бути спрямована на те, щоб максимально зруйнувати клітинні оболонки та вивільнити вміст клітин. У той же час, хітин та хітиноподібні речовини мають високу адсорбційну здатність утворювати міцні зв'язки з іонами важких металів, виводячи їх з організму. Грибна клітковина відноситься до харчових волокон і виконує важливі функції в організмі людини: нормалізує діяльність кишкової мікрофлори та сприяє виведенню з організму токсичних речовин.

Вміст жирів у гливі складає 3...6 % від сухої маси. І, хоча вміст ліпідів у ній невеликий, частка найбільш цінних для людини поліненасичених жирних кислот складає до 67 % від загальної маси ліпідів.

Глива має значний вміст стеролів, що підвищує її цінність. Стероли використовуються організмом людини для утворення гормонів, жовчних кислот, вітаміну D та інших високоактивних речовин. Крім того, до складу сирого жиру входять стерини, фосфатиди, ефірні масла. Стерини представлені ергостерином, фунгистерином, перекисом ергостерину, церевистерином та ін. Деякі з стеринів мають біологічну активність. Жири грибів добре засвоюються. Даний показник відповідає засвоюваності тваринних жирів і складає 95 %.

Глива звичайна має в своєму складі значну кількість мінеральних речовин. Їх вміст може досягати 10 % СР. Особливістю золи грибів є її велика розчинність у воді. Глива є джерелом водорозчинних та жиророзчинних вітамінів. У вітамінному складі переважає ніацин (339...557 мг/г СР), що відрізняє цей гриб від інших. Присутній також цілий комплекс вітамінів групи В: тіамін (48...84 мг/г СР), рибофлавін (24...47 мг/г СР), піридоксин (4,0 мг/г СР), фолієва (3,53 мг/г СР) та пантотенова кислоти (0,10 мг/г СР).

Даний гриб містить також значну кількість органічних кислот та ферментів, які сприяють розщепленню жирів та глікогену. Виявлені у гливі ферменти амілази, лактаза, оксидаза, протеаза та інші покращують перетравлюваність та засвоюваність їжі.

Вміст води в гливі складає 86...93 %.

Своєрідний специфічний запах та смак грибів обумовлений наявністю ароматичних та екстрактивних речовин, що сприяють підвищенню апетиту та кращій засвоюваності їжі (бензальдегід, ацетальдегід, щавелевалеріановий альдегід та ін.).

Як і всі гриби, глива низькокалорійна та не містить холестерину. Вона є джерелом рослинної клітковини, що надає їй властивостей адсорбувати небажані для організму продукти обміну речовин, у т.ч. аміак та жовчі пігменти, шлаки, отрути, солі важких

металів, пестициди, нітрати та інші токсичні речовини. Вживання гливи сприяє зниженню холестерину та рівню ліпідів у крові та, як наслідок, зменшується можливість виникнення таких захворювань, як ішемічна хвороба серця, атеросклероз, які майже завжди супроводжуються підвищенням кров'яного тиску. В 90-х роках в гливі був виявлений ловастатин, що є інгібітором синтезу холестерину. Плодові тіла гливи мають антибактеріальну активність відносно грам-негативних аеробних бактерій, що викликають такі захворювання, як пневмонія, бактеріальні виразки роговиці ока тощо. Глива сприяє антиалергічній дії при бронхіальній астмі та алергійних ринітах [2].

Враховуючи унікальний комплекс біологічно-активних сполук, що входять до складу плодових тіл гливи, було вирішено обрати її як основу для створення хлібобулочних виробів оздоровчого призначення, а саме хлібних паличок. Проектування нової рецептури зі збалансованим хімічним складом здійснювали за допомогою програмного комплексу «Optima» [3].

У закладах ресторанного господарства актуальним питанням є виробництво різноманітної хлібобулочної продукції в умовах скорочення одиниць обладнання з метою зменшення виробничих площ, матеріальних витрат, трудомісткості праці. Розв'язанню цього завдання сприяє застосування екструзійного оброблення тіста, що має значні переваги порівняно з традиційними способами виробництва: суміщення декількох операцій технологічного процесу в одному агрегаті, можливість створювати нові види продукції, прискорювати технологічні процеси, зменшувати чисельність персоналу.

Екструзійна технологія – один з перспективних та високоефективних процесів, який поєднує термо-, гідро- та механічне оброблення сировини та дає змогу отримати продукт із заданими властивостями, керуючи механізмом фізико-хімічних, механічних, біохімічних та мікробіологічних процесів, що відбуваються під час екструзії. Залежно від температури перед матрицею розрізняють три основні види екструзії: холодна, тепла та гаряча (варильна). Однак, враховуючи цінність хімічного складу та безпечність гливи, яка містить достатню кількість повноцінного білка, водорозчинних вітамінів, мінеральних речовин, клітковини, на наш погляд, бажано використовувати холодну екструзію, яка забезпечує збереження складу та властивостей цих складових [4], що важливо для використання даного виду сировини у виробництві хлібних паличок.

Використання бродильно-формуального агрегату (екструдера) дає змогу поєднати в одному агрегаті операції дозрівання, формування та вистоювання, уникаючи стадії вистоювання виробів після формування, оскільки ефект розпушення виробів досягається на виході з формуючого каналу.

У результаті дослідження впливу підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі бродіння на перебіг мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті, було виявлено, що в умовах підвищеного тиску на 28...30 % пригнічується життєдіяльність молочнокислих бактерій, на 31...32 % знижується інтенсивність спиртового та молочнокислого бродіння. Однак дещо підвищується кислотність тіста, що пов'язано з частковим розчиненням вуглекислого газу у вільній воді тіста. Підвищений тиск та підвищений вміст вуглекислого газу у середовищі бродіння знижують активність амілолітичних ферментів, що призводить до уповільнення процесу накопичення цукрів у тісті на 14...15 %. Відповідно уповільнюється зброджування цукрів дріжджовими клітинами. Проте в зазначених умовах на 12...13 % підвищується активність протеолітичних ферментів, спостерігається збільшення вмісту водорозчинного білка та вільних амінокислот. Оптимальний час перебування тіста у камері бродильно-формуальному агрегату становить 10 хв.

Висновки.

1. У разі використання бродильно-формульованого агрегату вдається досягти скорочення тривалості технологічного процесу, зменшити виробничі площі та вартість устаткування, при цьому забезпечується висока продуктивність та зберігається якість готових виробів.

2. Хлібні палички, в рецептуру яких введено 25 % (до маси борошна) гливи звичайної, мають високі органолептичні та фізико-хімічні показники. Збільшується значення скору практично всіх незамінних амінокислот, у 6,5 разів збільшується вміст клітковини, порівняно з контролем, що свідчить про доцільність вдосконалення традиційної рецептури.

Література.

1. *Круподьорова Т.А, Барштейн В.Ю.* Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm (глива звичайна) – потенційна основа для створення функціональних продуктів // Хлебопекарское и кондитерское дело. – 2011. – № 5. – С. 16 - 19.

2. *Зінченко І.М.* Розроблення технології харчоконцентратів на основі їстівних грибів: дисертація на здобуття наукового ступеня канд. тех. наук. – К.: НУХТ, 2010. – 150 с.

3. Розроблення програмного комплексу для проектування рецептур хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом / Л.Ю. Арсеньєва, О.О. Момот, І.В. Ельперін, В.Ф. Доценко // Наукові праці НУХТ. – 2006. – № 18. – С. 65 - 69.

4. *Шмалько Н.* Использование экструдированных продуктов в хлебопечении / Н. Шмалько, А.Беликова, Ю. Росляков // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2011. - № 6. – С. 28 - 29.

Авторська довідка.

Арсеньєва Лариса Юрївна, д.т.н., професор, кафедра експертизи харчових продуктів, Національний університет харчових технологій, e-mail: ars-l@yandex.ru

Калініченко Ася Олександрівна, магістр, кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій, e-mail: asya.kalini4enko@gmail.com

Яценко Вікторія Сергіївна, аспірант, кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій, e-mail: vito4ka_zarubina@mail.ru

ВИЗНАЧЕННЯ СПЕЦИФІЧНОЇ АКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ЗАСОБІВ

Івашута В.А.

Анотація. Встановлена ефективність препаратів на основі наносрібла «Деарген-200» та «Аргенвіт». Засіб «Деарген-200» у концентрації 0,01 % виявляє 100% бактерицидну, фунгіцидну та віруліцидну активність при експозиції 2 год. Максимальної спороцидної активності складала 97,5%. Препарат «Аргенвіт» у концентрації 1% має 100% ефективність стосовно бактерій та грибів при експозиції 3 год. Спороцидна активність засобу проявилася після 24 год експозиції при застосуванні 10% розчину. Порівняльний аналіз нанопрепаратів дав змогу припустити, що до складу засобу «Деарген-200» окрім наносрібла входять додаткові дезінфікуючі речовини.

Ключові слова: дезінфекційний засіб, специфічна активність, ефективність препарату, наносрібло.

Вступ. Дезінфекційні засоби відіграють важливу роль у різних галузях людської діяльності, зокрема в медичній, ветеринарній, харчовій, фармацевтичній, транспортній, комунальній тощо. Дезінфекційний засіб (ДЗ) – це речовина або сполука, що здатна знищувати віруси, бактерії та гриби на (або) в об'єктах зовнішнього середовища до безпечного рівня, який визначається конкретними умовами їх використання [1]. При тривалому застосуванні дезінфектантів мікроорганізми здатні набувати резистентності, тому створення нових препаратів нині є досить актуальним [6].

На сьогодні поширеним є використання нанотехнологій, що надає дезінфікуючим засобам більшу ефективність. Склад таких препаратів можна варіювати не тільки шляхом зміни хімічного складу компонентів, а й в результаті регулювання розмірів та форм їх складових на молекулярному рівні. Створення дезінфектантів на основі наночастинок сприяє підвищенню активності препаратів [5].

На сучасному етапі розробок нових деззасобів широко застосовують часточки різних металів. Зокрема, найбільш дослідженими є антимікробні властивості наночастинок срібла. Як відомо, сполуки срібла володіють хорошими антимікробними властивостями – за даними різних авторів іони срібла знищують від 650 до 700 різновидів патогенних мікроорганізмів, вірусів та грибів, що перевершує можливості навіть найактивніших антибіотиків. Дезінфікуючі препарати мають ряд значних переваг, головними з яких є їх використання у малих концентраціях, безпечність для людини та висока антимікробна активність, що відрізняє їх від інших хімічних дезінфектантів. Нині запропоновано три основних механізми взаємодії срібла та бактеріальної клітини: взаємодія з оболонкою і мембраною, втручання в перенесення електронів, зв'язування з ДНК. Іони срібла, зв'язані з компонентами поверхні клітини, перешкоджають нормальному диханню бактерій та синтезу АТФ. Формування комплексу з сульфгідрильними групами інактивує ферменти і змінює процеси дихання у мембрані. Зв'язування з ДНК блокує транскрипцію [7].

При розробці нових дезінфекційних засобів першим критерієм спеціалізованої оцінки (експертизи) препаратів є визначення специфічної активності, тобто здатності засобу спричиняти специфічний незаражувальний ефект проти мікроорганізмів різних

таксономічних груп [2]. Визначення специфічної активності сучасних дезінфекційних засобів є досить актуальним так як дає можливість встановити їх ефективність та необхідну тривалість знезараження.

Матеріали та методи. На базі Державної установи «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва» було проведено дослідження специфічної активності препаратів «Деарген-200» (концентрація наносрібла 200 мг/л), виробник ООО ПКФ «ВЕЛЕС» (Росія) та «Аргенвіт» (1000 мг/л), ТОВ «ГАЛВОКС» (Львів).

В якості офіційних документів для оцінки специфічної активності в Україні чинні «Инструкция по определению бактерицидных свойств новых дезинфицирующих средств» № 739-68 та МВ «Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности, 1998» [2, 3]. Методи, що застосовуються для визначення активності дезінфектантів можна поділити на три групи: тести *in vitro*; практичні тести визначення ефективності при дезінфекції спеціально контамінованих поверхонь, інструментів; тести при клінічному застосуванні дезінфектантів [4].

Для нейтралізації залишкової дії ДЗ використовували: 0,1% р-н натрію сульфід. Робочі розчини дезінфектантів готували з використанням стерильної дистильованої води.

Тест-штамами слугували такі культури: *Staphylococcus aureus* ATCC 6583, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Candida albicans* ATCC 885653, *Bacillus subtilis* (спори) ATCC 6633, *Bacillus cereus* (спори) ATCC 8035, Фаг MS2 (*E. Coli* Hfr) з колекції музейних культур Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва.

Мікроорганізми вирощували на таких поживних середовищах: середовище Сабуро агар для грибів, м'ясо-пептонний агар (МПА) та триптон – соєвий бульйон (ТСБ або бульйон А) для культивування бактерій.

Для визначення специфічної активності використовували наступні методи досліджень:

- суспензійний метод
- кількісний тест на поверхнях [2,3].

За «Инструкцией по определению бактерицидных свойств новых дезинфицирующих средств № 739-68» та МВ «Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности», ефективним вважають засіб, який забезпечує 100% загибель мікроорганізмів у суспензійному методі та 99,99% загибель у тестах на поверхнях. Розрахунок проводять за відсотковим співвідношенням кількості живих та мертвих клітин [2,3].

Результати та обговорення. При дослідженні специфічної активності дезінфекційного засобу «Деарген-200» визначали бактерицидну, фунгіцидну (дріжджецидну), спороцидну та віруліцидну активність препарату. Використовували робочі розчини з концентрацією 0,01, 0,1, 1,0 %.

Проведені експериментальні дослідження показали, що ДЗ «Деарген-200» володіє 100% бактерицидною та фунгіцидною активністю при концентрації 0,01 та 0,1 % за експозиції 2 та 4 години із використанням суспензійного методу. При цьому, робочі розчини ДЗ не виявилися ефективними щодо спор *Bacillus cereus* за експозиції 2 та 4 год. Тобто, 100% спороцидної дії ДЗ «Деарген-200» не виявлено. Експериментальні дані свідчать, що робочі розчини 0,01, 0,1, 1,0 % ДЗ «Деарген-200» володіють 100% віруліцидною дією. При визначенні специфічної активності методом змивів з поверхонь показано, що засіб володіє 100% дезінфікуючою активністю щодо бактерій та дріжджів

при застосуванні його у концентрації 0,1 % робочого розчину протягом 2 та 4 год експозиції.

В процесі дослідження дезінфекційного засобу «Аргенвіт» було встановлено, що препарат володіє бактерицидною та фунгіцидною активністю при використанні розчинів у концентрації 1% та експозиції 3, 6 год у суспензійному методі. Визначено найбільшу активність засобу чинити знезаражуючий ефект (ефективність 99,99%) проти спор у концентрації 10% при експозиції 24 год. Встановлена 100% бактерицидна та фунгіцидна активність засобу при застосуванні кількісного тесту на поверхнях.

В ході дослідження також проводили порівняльний аналіз препаратів на основі наночастинок срібла. Було виявлено, що засоби «Аргенвіт» та «Деарген-200» характеризуються майже однаковими показниками антимікробної активності, тоді як концентрація діючої речовини в цих препаратах значно відрізняється. Концентрація наносрібла у препараті «Деарген-200» є значно меншою ніж у ДЗ «Аргенвіт» (найменша концентрація робочих розчинів ДЗ «Деарген-200» складає 0,02 мг/л; «Аргенвіт» - 10 мг/л). З літературних даних відомо, що така невелика концентрація препарату «Деарген-200» не може забезпечувати високу ефективність стосовно спор мікроорганізмів за такий короткий час експозиції (ефективність засобу на 2 год контакту складає 93%), тому можна припустити, що даний засіб містить у своєму складі додаткові речовини, які проявляють дезінфікуючі властивості.

Висновки. Отже, препарати «Аргенвіт» та «Деарген-200» володіють високою бактерицидною та фунгіцидною активністю. Спороцидна активність засобу «Деарген-200» проявляється після 2 год контакту, тоді як ефективність препарату «Аргенвіт» досягає показника 99,99% після 24 год контакту. Засіб «Деарген-200» володіє 100% віруліцидною активністю. Такі результати дають змогу в подальшому оптимізувати режими дезінфекції для даних нанопрепаратів.

Список літератури:

1. *Зарицький А.М.* Дезінфектологія: в 3-х частинах. – Житомир: ПП «Рута», 2001. – 384 с.
2. *Инструкция по определению бактерицидных свойств новых дезинфецирующих средств № 737 68.* – Москва: МЗ СССР, 1968. – 15 с.
3. *Методы испытаний дезинфекционных средств для оценки их безопасности и эффективности* // Сб. М. – 1998. – С. 1–13.
4. *Пхакадзе Т.Я.* Антисептические и дезинфекционные средства в профилактике инфекций // Клиническая микробиология и химиотерапия. – 2002. – С. 35–42.
5. *Федоров И.К.* Наночастишки серебра: пакет минимум из 30 бизнес-планов // Весник інновацій. – №1. – 2005. – С. 1–5.
6. *Шандаль М.Г.* Методологические проблемы современной дезинфектологии. – М.: Поліклініка 2002. – 3 с.
7. *Щербаков О.Б., Сурмашева О.В.* Препарати срібла: вчора, сьогодні, завтра // ТОВ «Сан Клін ІНТ», 2007. – С. 45–55.

Авторська довідка.

Івашута Вікторія Анатоліївна, студент факультету біотехнології та екологічного контролю, Національний університет харчових технологій, e-mail: ivashutaviktoria@ukr.net

**PROCESSES
AND EQUIPMENT
OF FOOD PRODUCTIONS**

**ПРОЦЕСИ
ТА ОБЛАДНАННЯ
ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ**

COORDINATION OF TECHNOLOGICAL COMPLEX (TC) SUBSYSTEMS OF SUGAR MILL CONSIDERING THE DOUBTFUL INFORMATION

Dmytro Shumygai, Regina Boiko

Abstract. *The paper considers an approach to setting the extended task of the coordination in technological complex of continuous type. In particular technological complex of the sugar mill is considered. The main features of the solution of the coordination problem are described.*

Keywords: *principles of coordination, subsystem of technological complex, fuzzy knowledge, time series, the function purpose.*

Introduction. Technological complex of sugar mill in terms of control problems is notable for its multidimensional, the presence of certain stages of processing raw materials and intermediates, and complex ties between the stages, which are realized in technological equipment of large unit capacity. The automation of individual parts of TC (districts, subsystems) makes it impossible to achieve high technical and economic performance of the TC as a whole, because they depend largely on the mutual ties between the subsystems of TC that objectively leads to the need for developing the coordination problem of controlled subsystems.

Research methods. The decomposition method is used to construct the management structure that allows us to consider TC as a set of subsystems. In terms of management problems there is the optimal number of subsystems within the TC [1]. To solve the coordination problem the interaction between subsystems, in which management optimized for each of the subsystems is also optimal for a general criterion for the TC as a whole, must be determined.

Coordination is a specific problem of hierarchical control system and currently uses a number of principles [2], on which iterative and non-iterative procedures of the problem solution are based: prediction of interactions where coordination is done by setting variables of interactive coordinated subsystems (this corresponds to an intermediate objective); coordination interactions, which provides local functions modification using objective parameters that are set by coordinator (this corresponds to an intermediate price); evaluation of interactions, which can be viewed as a generalization of the principle of interactions prediction in the case when the region of admissible values of variables of interaction subsystems are set by coordinator in subtasks of the lower level.

Complicated management system consists of various elements - control centers resulted from horizontal and vertical distribution functions. In multilevel hierarchical management

systems the decisions of harmonization and coordination tasks are taken at all levels of management. The most famous two-level management structure of TC [3].

Considering the complexity of TC sugar mill, it is advisable to consider the extended two-task coordination, where overall or global problem is solved at subsystems level and local or internal problem - coordination at the level of individual subsystems.

In Fig.1 Using a Data Flow Diagram (DFD) shows a complex hierarchical structure of TC sugar mill, for which the problem of global coordination should be considered as approval of the major branches (diffusion, juice refining, evaporation), and the problem of local coordination - coordination of relevant departments. For example, the juice refining department subsystems coordination to address the problem of local coordination is the first defecation, defecation, I, II saturation, sulfation; each of these processes has its own optimization problem.

For setting the problem of coordination is necessary to analyze the investigated TC (for example, using DFD), select the subsystem to form a complex on the basis of selected subsystems.

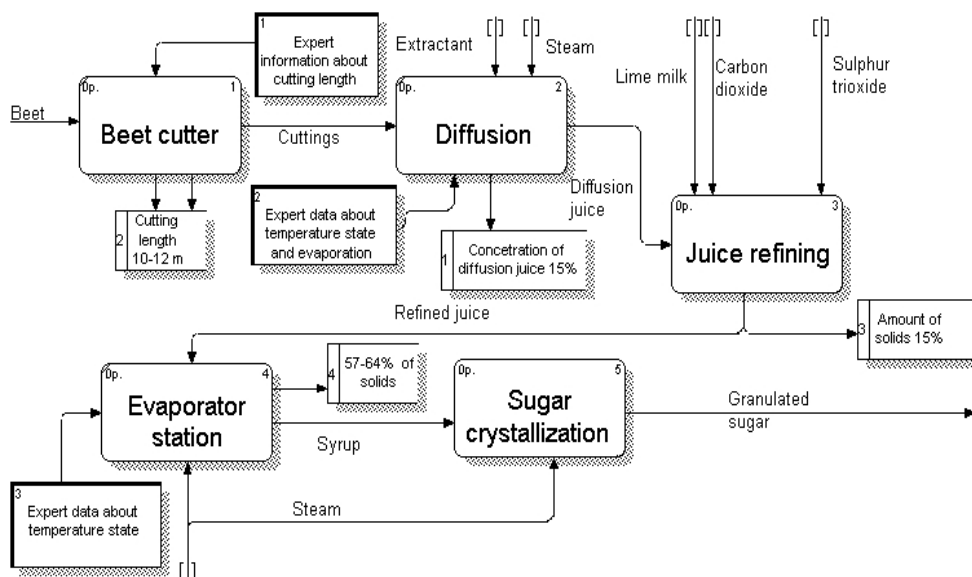


Fig.1. The structure of the technological complex (TC) of the sugar mill

To resolve the problem of coordination of the complex objects, especially technological complexes (TC), there is always the problem of evaluation of their condition, which caused a continuous change as the environment and parameters of the object.

Thus, the control objects are dynamic, to describe their status using dynamic models - both deterministic and stochastic. Methods of analysis of dynamics of complex dynamic objects include: deterministic, statistical, probabilistic, logic, neural networks and fuzzy models [4].

Results and discussion. Particular attention is paid to the reception and processing of knowledge related to the so-called non-factors, i.e. uncertainty, inaccurate, unclear [5]. Such knowledge is given a tuple [6]:

$$Z_{ne} = (Z_1, Z_2, Z_3), \quad (1)$$

which used the combined methods of getting from experts in problem-oriented texts in natural language and databases. Fuzzy knowledge of uncertainty are based on procedures that provide for the definition of reliability coefficients in the interval [0,1] and may be outside [a; b] to [0,1]. In terms of the refinery to such knowledge are: sugar beets, sugar output at a certain time interval, the prices of raw materials, energy and finished products, etc.. Knowledge Z_2 related to inaccuracies, which are characterized by numerical values obtained primarily from instrumentation certain accuracy. This is the first technological variables: temperature, level, pressure, etc. costs. Knowledge Z_3 of linguistic variables characterized by certain membership functions and fuzzy linguistic terms ("high", "low", "medium").

A well-known method of describing the knowledge of uncertainty is the model of knowledge representation with uncertainty factors that meet the statement appearing in the reference and the consequences of the rules to reflect the patterns in problem areas. For example, Bayes and Dempster-Schafer methods are used when the parameters attributed to a factor of uncertainty.

The Dempster-Schafer method is used, when a procedure Z_1 variable values or facts attributed to the interval, i.e. two factor uncertainties (confidence n and opportunity p). When the combined interval uncertainty of claims H based on two rules $E_1 \rightarrow H$ and $E_2 \rightarrow H$, which gives ratings $[n_1, p_1]$ and $[n_2, p_2]$ has boundaries [6]:

$$n = \frac{n_1 p_2 + n_2 p_1 - n_1 n_2}{1 - n_1(1 - p_2) - n_2(1 - p_1)}; p = \frac{p_1 p_2}{1 - (1 - p_2) - n_2(1 - p_1)} \quad (2)$$

At the Dempster-Sheffer method coefficients confidence and capabilities are treated solely as a subjective evaluation of both the expert and can take values "unit" for accurate statements is not required in the knowledge base, but rules bring information on the a priori probability events.

Upon receipt of inaccurate data from sensors and instrumentation, inaccuracy of numerical values estimated coefficient in the interval [0, 1], and the results of calculation by the formulas for determining the absolute errors on the basis of the differential complex functions $z = f(x, y)$:

$$\Delta f(x, y) = \left| \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right| \Delta x + \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \Delta y, \quad (3)$$

$$\varepsilon(x, y) = \frac{\Delta f(x, y)}{f(x, y)}$$

Finally, knowledge $\mathcal{Z}_3$ of the main task is to determine the functions of fuzzy linguistic terms and their description. For a particular subject area appropriate to create a dictionary of natural language terms that are often used in this system, such assessment amounts. Membership functions are given as piecewise-linear dependencies in a set of pairs of points $(x_i, \mu(x_i)), i = \{1, \dots, n\}$, x_i – the element of fuzzy sets; μ – membership function. In a knowledge of the function of belonging: $\mu = 0$ interpreted as false; $\mu = 1$ – truth; $\mu = 0,5$ – full of uncertainty.

In the technical literature to determine the set of states of operation of dynamic object different approaches is used: a subset of phase space with certain properties (constraints) segment of time series, generalized description of the features of the phase trajectories [7]. Thus, recognition of states of complex dynamic objects requires the use of modern methods, especially the development of intelligent information models based on information in the form of time series which can be stationary with non-linear trend.

Each subsystem is formed by objective function $\varphi_i(U_i, X_i)$, wherein U_i – management actions, X_i – coordinates of (output variables) of the subsystems. To find the functions, you need to know the purpose of appropriate management and coordinates of an object. The evaluation of complex dynamic objects can be made based on time series analysis - statistical estimators and random signals. Random process is set in a manner which characterizes the state of the object:

$$\{X, Y\} = \{X(t), Y(t), t_1 \leq t \leq t_2\}, Y(t) = f(x(t), \zeta(t)) \quad (4)$$

where: X – vector of state variables of the object, which is not observed; $Y(t)$ – random vector function that is observed (may be $Y(t) = X(t)$); $\zeta(t)$ – noise (interference) rather general nature of the limited dispersion. Accepted that the time sample of a random process can be defined in one of the expert or the training sample areas (classes) $\Omega_i, i = \overline{1, I}$. It highlighted $I > 1$ alternative hypotheses $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_i\}$, characterizing the full group of events and are interpreted as classes of object. In the real object or model observed random process in discrete time points, $t \in \{t_0, t_1, \dots, t_N\}, t_j = t_0 + j\Delta; j = \overline{0, N}$. Δ – sampling interval, $\Delta > 0$. Then the value of $Y(t)$ on the interval $[t_1, t_2]$, belongs to a class $\Omega_i, i = \overline{1, I}$.

To determine the appropriate use of an object control cards, because their analysis is interpreted as:

- signal that the process took some change;
- as an estimation of changes to address any necessary corrective action;
- to determine the number of evaluations of similar cases in the past and determination on the basis of reasons that caused these changes;
- as a measure of quality for the classification of the periods [8].

For each of the subsystems TC formed the goal function, which takes into account the input and output variables, and also the state of the object [9]:

Then the general problem of optimal control of TC as a set of subsystems of additive convolution would be written as:

$$\max(\sum \varphi_i(U_i, X_i)) = \max \varphi(U, X) \quad (5)$$
$$\{U_i, X_i\}, i = \overline{1, N}$$

where N - number of subsystems.

The general problem of optimal control TC may take another look, depending on the choice of a global criterion. Often, as a global criterion used - additive, multiplicative and minima criteria.

The basic principles of coordination with regard coordination and compatibility of subtasks.

When the solution of general problems of the TC is existed, there are also solutions of subproblems optimal control subsystems and coordination of its work.

Another condition is the correctness of the general tasks and subtasks in hierarchical control system. The problem of solving undertake repeatedly in real time, so crucial are the following requirements: a high probability (frequency) of finding the global optimum for optimization of subsystems, high speed of convergence to the optimal solution, the ability to start work on points that lie outside the acceptable area.

To find the optimal solution in determining the modes of the subsystems recommended a modified method of boxing and simplex Nelder-Mead method, for finding a global criterion - reduced gradient method [6].

Conclusions. Based on system analysis using the methods of decomposition of selected subsystem TC sugar mill with its subtasks optimization subproblems formulated and coordination of these subsystems including false information, which previously handled Bayes and Dempster-Shafer methods. Some process variables processed by membership functions for fuzzy linguistic terms ("high", "low", and "medium").

Literature.

1. *Shumygai D.*, Algorithms coordination subsystems technology systems using standard models / D. Shumyhay, A. Ladanyuk / / East-EUROPEAN Journal of advanced technologies - 2010 - № 6/3 (48). - P. 24.
2. *Mesarovych M.*, General Theory of systems and its Mathematical Fundamentals / M. Mesarovych - Moscow: Progress, 1969 - P. 165-180.
3. *Ladanyuk A.*, Systems analysis: a tutorial / A. Ladanyuk - Vinnytsya: A new book, 2004. - 176 p.
4. *Afanas'ev V.*, Analysis and forecasting ordinary Bygone / V. Afanas'ev, M. Yuzbashev - Moscow: Finance and Statistics, 2001. - 228 p.
5. *Rybina, G.* Automated construction of knowledge bases for integrated expert systems / G. Rybin / / In.: Proceedings of the Academy of Sciences. Theory and management system. 1998, № 5, p. 152-166.

6. *Dushkin R.* An approach to automated retrieval, knowledge representation and processing with non-factors / R. Dushkin, G. Rybina // In.: Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and management system. 1998, № 5, p. 34-44.
7. *Kolesnikova S.*, Identify patterns in time series with the recognition of states of complex objects management. / S. Kolesnikova // devices and systems. Management, control, diagnosis, 2010, № 5, p.66 - 71
8. *Statistical control Test Shuharts' cards* (ISO 8258:1991, IDT): EN ISO 8258-2001. / M. Sharapov (translated and scientific-tehn.red). - Kyiv: State Committee of Ukraine, 2003 – V. 32. - (National Standard of Ukraine).
9. *Ladanyuk O.*, Automatic control of interconnected subsystems of technological systems of food production: thesis for the degree candidate. of Engineering. Science / O. Ladanyuk - K., 1996. - 176 p.

Author's Review

1. *Shumygai Dmytro*, PhD, Department of Automation, National University of Food Technologies, e-mail: shumygai@gmail.com

2. *Boiko Regina*, PhD, Department of Information Systems, National University of Food Technologies, e-mail: rela@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПОЧАТКОВОГО СИРОПУ ВАКУУМ-АПАРАТІВ ДЛЯ УВАРЮВАННЯ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ

Коцюбанський А.М., Мирончук В.Г.

***Анотація.** У статті проаналізовано вплив початкового сиропу на якісні характеристики утфелю на прикладі двох конструкцій вакуум-апаратів ВМА-600 та ВАМЦ-600. Проведено дослідження впливу та знаходження раціональної величини початкового сиропу з застосуванням розробленої імітаційної моделі роботи вакуум-апарату. Проведені обчислювальні експерименти показали, що величина початкового сиропу повинна становити 30-33%. Збільшення величини початкового сиропу не дозволяє отримати якісний утфель внаслідок обмеженого об'єму вакуум-апарату і змушує здійснювати доварювання утфелю, а зменшення нижче 30% не задовольняє з умов текучості утфелю.*

***Ключові слова:** вакуум-апарат, утфель, кристалізація, початковий сироп.*

Вступ. В конструкціях вакуум-апаратів цукротехніки прагнуть створити сприятливі гідродинамічні умови, що забезпечують високу швидкість циркуляції та максимально можливе отримання кристалічного цукру з крупними і рівномірними кристалами [1]. Одним із головних факторів, що визначає вплив конструктивних особливостей вакуум-апаратів на кінцеві характеристики утфелю і кристалічного цукру є об'єм початкового сиропу. Під початковим сиропом розуміють кількість (об'єм) сиропу на момент введення у вакуум-апарат затравки для примусової генерації кристалів цукру. В сучасних конструкціях вакуум-апаратів величина початкового сиропу відрізняється і складає від 53% (вакуум апарат ВМА-600) до 25,6% (вакуум апарат ВАМЦ-600) [1].

Проаналізуємо вплив початкового сиропу цих двох конструкцій вакуум-апаратів на розмір кристалів кінцевого цукру (рис. 1).

Проаналізувавши співвідношення об'єму (маси) початкового сиропу до об'єму (маси) кінцевого утфелю у цих вакуум-апаратах маємо констатувати, що у вакуум-апараті ВАМЦ-600 співвідношення складає 2,9 одиниці а для вакуум-апарату ВМА-600 – 0,9 одиниці. Отже, кількість живильного розчину відносно величини початкового сиропу, однієї і тієї ж якості, що надходить для уварювання на стадії росту кристалів для вакуум-апарату ВАМЦ-600 в 3,2 рази більше ніж для ВМА-600. Таким чином, при одних і тих же умовах вару у вакуум-апараті ВАМЦ-600 отримуємо в 3,2 рази більше кристалічного цукру ніж в ВМА-600. Ця кількість кристалічного цукру зросла переважно за рахунок його розміру, що значно покращує умови центрифугування утфелю і зменшує вміст дрібних кристалів, які проходять через отвори сита центрифуги у відтоки. Крім того, враховуючи, що після відходу першого відтоку при центрифугуванні утфелю залишається на поверхні кристалів 10-15% міжкристального розчину, кількість промивної води для кристалів більшого розміру зменшується, в наслідок того, що кількість залишкового міжкристального розчину пропорційна сумарній поверхні кристалів.

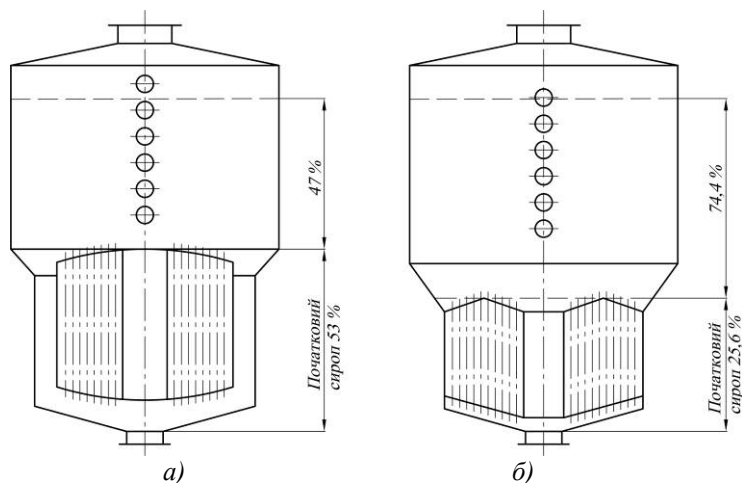


Рис. 1. Схеми конструкцій вакуум-апаратів: а) ВМА-600;
б) ВАМЦ-600.

Отже, проведений аналіз свідчить про те, що початковий сироп істотно впливає на кінцеві характеристики утфелю.

Звідси постає завдання проведення відповідних досліджень по визначенню величини раціонального початкового сиропу для забезпечення необхідної якості кінцевого утфелю.

Методи досліджень. Для дослідження впливу та знаходження раціональної величини початкового сиропу застосована розроблена нами «Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії». Загальний алгоритм імітаційної моделі роботи вакуум-апарату [2] умовно поділено на чотири основні частини, що відповідають чотирьом основним періодам процесу варки у вакуум-апараті: I - згущення вихідного сиропу; II – генерація кристалів; III - ріст кристалів при живленні цукровим розчином; IV – остаточне згущення. Відповідно до загального алгоритму на основі мови програмування Visual Basic 6.0 була складена комп'ютерна програма [3, 4] «Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії» (Свідоцтво права автора на твір, зареєстроване в Державному департаменті інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України № 30055 від 28.08.2009).

За допомогою імітаційної моделі роботи вакуум-апарату були проведені обчислювальні експерименти впливу початкового сиропу на процес варки утфелю. В якості вихідного цукрового розчину взято розчин стандартної якості для варки утфелю першого продукту, з вмістом сухих речовин 65% та чистотою 91,8%.

Результати та обговорення. Основним призначенням процесу кристалізації є отримання кристалічного цукру стандартної якості. Залежність виходу кристалічного цукру від початкового сиропу в графічному вигляді зображено на (рис. 2). З цього графіку випливає, що чим менший початковий набір тим більший вихід цукру. Але з умов текучості утфелю вміст кристалічного цукру в звареному утфелі першої кристалізації становить 57-60%. Із графіка (рис. 2) видно, що вмісту 57-60% кристалічного цукру відповідає величина початкового сиропу в межах 30-33%.

Крива залежності чистоти міжкристалального розчину утфелю першого продукту (рис. 3) показує, що в межах величини початкового сиропу $G_{поч}=30-33\%$ чистота

міжкристалевого розчину становить 77-78%, що повністю корегується з виробничими показниками.

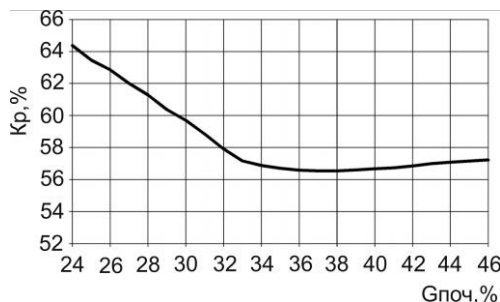


Рис. 2. Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на кінцевий вміст кристалічного цукру.



Рис. 3. Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на чистоту міжкристального розчину.

Як відомо, чим нижча кінцева чистота міжкристального цукрового розчину тим більш повне його виснаження. Проаналізувавши данні на (рис.3) можна рекомендувати по можливості мінімізувати величину початкового сиропу.

Дослідження показали, що тривалість процесу кристалізації утфелю першого продукту при початковому сиропі 30-33% становить 2,8-3,6 години в залежності від чистоти цукрового розчину, що надходить на уварювання.

Данні досліджень наведенні на (рис. 4) та (рис. 5) свідчать про те, що нормативне значення вмісту сухих речовин в утфелі $CP_{утф}=92\%$ досягається при величині початкового сиропу $G_{поч}=33\%$.

Залежність впливу початкового набору цукрового розчину на кінцевий вміст СР в міжкристальному розчині графічно зображено на (рис. 4), де ми спостерігаємо чіткий перелом кривої в районі $G_{поч}=33\%$. Це пояснюється тим, що при даному вмісті сухих речовин та чистоти вихідного цукрового розчину ($CP=68$, $Ч=91,8$), при початковому сиропі $G_{поч}=33\%$ наприкінці третього періоду (нарощування кристалів) вміст сухих речовин в утфелі становить $CP_y=92\%$ (рис. 6), що є умовою завершення процесу варки. В такому випадку відсутній четвертий період остаточного згущення утфелю, що є позитивним моментом, оскільки в період остаточного згущення утфелю зростає значення коефіцієнту пересичення і відповідно зростає ризик вторинного кристалоутворення. Отже чим більша тривалість періоду остаточного згущення утфелю, тим гірша якість отриманого утфелю. Як видно з графіку (рис. 6) при даних значеннях $CP=68$ та $Ч=91,8$ вихідного розчину при перевищенні початкового набору понад $G_{поч}=33\%$ стрімко зростає величина частки часу періоду остаточного згущення утфелю (рис. 6, рис. 7 переломи кривих на прикінці варки, в межах значень відносного часу 0,7-1). А при $G_{поч}=50\%$ частка періоду остаточного згущення утфелю становить 30% від загального часу варки.

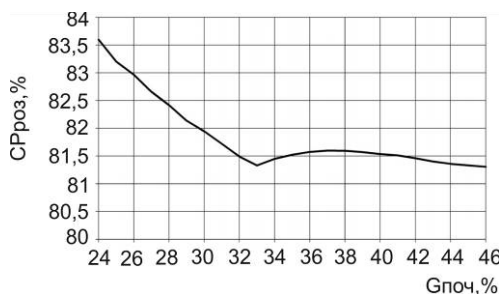


Рис. 4. Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на кінцевий вміст СР в міжкристальному розчині.

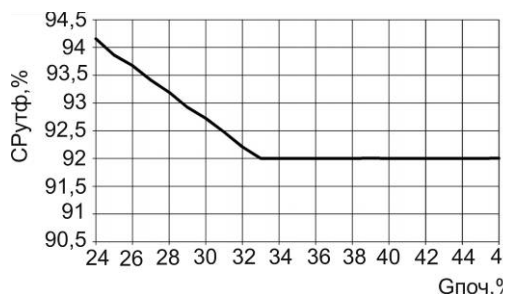


Рис. 5. Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на кінцевий вміст СР в утфелі.

Експериментальні данні зміни вмісту сухих речовин в утфелі (рис. 6) та зміни вмісту сухих речовин в міжкристальному розчині (рис. 7) під час кристалізації свідчать про те, що з збільшенням вмісту сухих речовин в міжкристальному розчині погіршуються умови протікання процесу кристалізації, за рахунок збільшення в'язкості цукрового розчину, погіршення умов теплопередачі та підвищення середньої температури розчину (рис. 8), що в свою чергу призводить до збільшення розчинності цукрози та збільшенню її термічного розкладу.

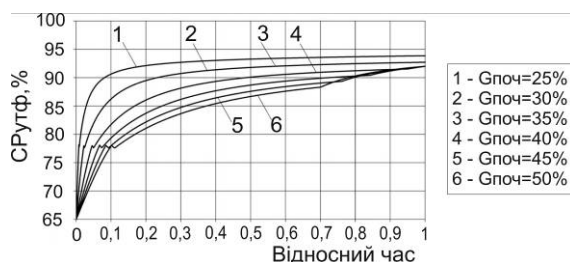


Рис. 6. Зміна значення вмісту СР в утфелі під час процесу кристалізації в залежності від величини початкового сиропу.

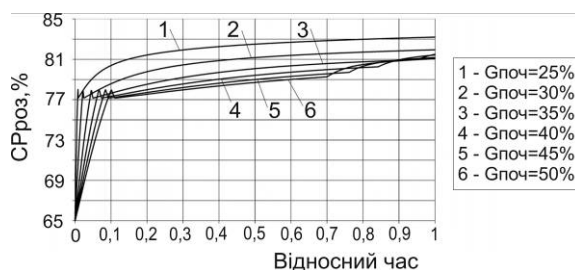


Рис. 7. Зміна значення вмісту СР в розчині під час процесу кристалізації в залежності від величини початкового сиропу.

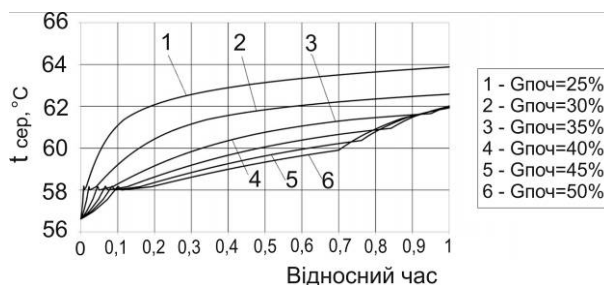


Рис. 8. Зміна значення середньої температури утфеля в залежності від величини початкового сиропу.

Висновки.

На основі проведених досліджень за допомогою розробленої нами імітаційної моделі роботи вакуум-апарату встановлено, що величина початкового сиропу не повинна перевищувати 33%. Збільшення величини початкового сиропу не дозволяє отримати якісний уфель в наслідок обмеженого об'єму вакуум-апарату і змушує здійснювати доварювання. Зменшення величини початкового сиропу нижче 30% не ефективно з умов забезпечення текучості утфелю та інтенсивного тепломасообміну в кінці вару.

Література.

1. *Современные технологии и оборудование сахарного производства* // Под ред. В.О. Штангеева. – К.: Цукор України, 2004. – 320 с.
2. Коцюбанський А.М., Мирончук В.Г. Алгоритм імітаційної моделі роботи вакуум-апарату для уварювання цукрових утфелів // *Обладнання та технології харчових виробництв: Тематичний зб. наук. пр.* – Донецьк: ДДУЕТ ім. Туган-Барановського, 2006, вип. 14. – С. – 132-137.
3. Коцюбанський А. М., Мирончук В. Г. Імітаційна модель роботи вакуум-апарату, алгоритм та його реалізація // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. №1 (107).* - Луганськ 2007. – с.223-229.
4. Мирончук В. Г., Коцюбанський А. М. Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії. Дослідження процесу кристалізації цукрози // *Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка [Текст]: Міжнар. наук.-техн. конф.: [тези доп.].* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – с.40-42.

Авторська довідка.

1. Коцюбанський Андрій Миколайович; асистент кафедри інженерної і комп'ютерної графіки, Національний університет харчових технологій, e-mail: prometey1@ukr.net
2. Мирончук Валерій Григорович, д.т.н., професор, зівідувач кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій, e-mail: mironcuk@nuft.edu.ua

ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ І ПРАКТИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛООБМІНУ В КОНВЕКТИВНИХ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПЕЧАХ

Логвінський Р.В., Доломакін Ю.Ю., Ковальов О.В., Федорів В.М.

***Анотація.** Подано теоретичні розрахунки і практичні вимірювання параметрів теплообміну в робочій камері конвективних хлібопекарських печей. Визначено характер розподілу швидкостей повітря по висоті пекарної камери. Отримано дані про кінетику перебігу процесів під час випікання.*

***Ключові слова:** теплообмін, конвективні хлібопекарські печі.*

Вступ. Нині при розширенні приватних, колективних підприємств широко використовують хлібопекарні малої потужності. Якість виробів на цих підприємствах значною мірою залежить від обладнання, а саме від конструкції, способу підведення теплоти до хлібопекарської печі. За кордоном використовують переважно ротаційні печі з конвективним підведенням теплоти. Процес випікання хліба в них здійснюється на багатоярусних вагонетках, які обертаються в потоці гарячого повітря.

Подібні печі зараз випускаються багатьма заводами і в Україні, але конструкція їх зроблена без урахування характеру тепловологообміну у робочій камері і не досліджено кінетику процесів, які відбуваються під час випікання.

Основна кількість теплоти в процесі випікання в ротаційних печах передається конвективно, в ході примусового обдування тістових заготовок гарячим повітрям. Тому інтенсифікація та пошук оптимальних режимів конвективного теплообміну в процесі випікання має велике значення.

Методи досліджень. Пошук оптимальних режимів конвективного теплообміну в процесі випікання.

Традиційна методика теплового розрахунку цього процесу в робочих камерах хлібопекарських печей має ряд суттєвих недоліків. Серед них – невизначеність вологообмінних складових тепловіддачі від гріючого середовища до тістової заготовки та теплопровідності в середині тіста-хліба, а також нерівномірності тепловіддачі по об'єму робочої камери.

Уточнений тепловий розрахунок процесу випікання ґрунтується на розв'язанні системи рівнянь взаємозв'язаної тепломасопровідності в граничних умовах третього роду відносно полів температури t та експериментального потенціалу вологості θ , а також потоків теплоти q та вологи j :

$$\begin{aligned} c_p \frac{\delta t}{\delta r} &= - \frac{\delta t}{\delta r} (q_r + q_m), \\ c_m \rho_o \frac{d\theta}{dt} &= - \frac{d\theta}{dr} (j_r + j_m) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dt}{dr} \right)_{R,T} &= \alpha(t_n - t_n), \\ \left(\frac{d\theta}{dr} \right)_{R,T} &= \beta(\theta_n - \theta_n), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{де: } q_r = -\lambda \frac{dt}{dr}; \quad q_m = h_b(j_m + j_T); \quad j_{\square} = -\lambda_m \delta \frac{dt}{dr}; \quad j_T = -\lambda_T \frac{d\theta}{dr};$$

c – теплоємність; ρ – густина; τ – час; q_r, q_m – складові теплового потоку за рахунок теплопровідності та масопереносу; c_m – масоємність; ρ_0 – густина сухого скелету вологого матеріалу; r – змінний радіус; j_m, j_T – складові потоку вологи за рахунок масопровідності та термодифузії; α – еквівалентний коефіцієнт тепловіддачі; t_n, t_n – температури теплоносія і поверхні тістової заготовки; β – коефіцієнт масовіддачі; λ – теплопровідність; h_b – ентальпія вологи; λ_m – масопровідність; δ – відносний коефіцієнт термодифузії;

Система рівнянь (1) може бути розв'язана при відомому характері змінення температури та потенціалу вологості в часі для локальної частини тіста-хліба. Цей характер задається технологічним регламентом, але температура і вологість теплоносія змінюються в процесі руху вздовж тіста-хліба через тепломасообмін. У разі подавання теплоносія з однієї сторони ці параметри змінюються по ширині робочої камери.

Розв'язання рівнянь (1) для локальних по висоті ділянок наведено в роботі [1].

Коефіцієнти тепло- і масовіддачі визначаються за формулами:

$$\alpha = \frac{q_r + q_m}{t_n - t_n} = \alpha_k + h_b \beta \frac{(\theta_n - \theta_n)}{(t_n - t_n)}; \quad \beta = \frac{j_m + j_T}{(\theta_n - \theta_n)},$$

де α_k – конвективна складова коефіцієнта тепловіддачі, що визначається за допомогою критеріальних рівнянь для вимушеного руху повітря крізь пучок виробів. Усі величини з індексом m – стосуються до масообміну. Рівняння (1) для локальних по висоті ділянок тістових заготовок можна розв'язувати аналітично за методикою і графіками роботи [2]. У цьому варіанті теплообмінні характеристики тістових заготовок вважаються постійними.

Точнішим є розв'язання рівнянь (1) методом скінченних різниць (2), який дає можливість врахувати залежність тепловологообмінних характеристик тіста-хліба від параметрів процесу і часу. Тіло тістової заготовки розбивається на коаксіальні шари завтовшки $(\Delta r)_n = r_n - r_{n+1}$ таким чином, щоб виконувалась умова $\ln = r_{n+1} / r_n = \text{const}$. Потім розраховуються потоки теплоти і вологи, а за ними – температур і потенціалів вологості для кожного шару від поверхні до центра послідовно для кожного моменту часу і від початку до досягнення центром хліба температури готовності. Параметри моменту часу залежать від зміни параметрів часу τ ;

$$\tau_1 = \tau + \Delta \tau.$$

У кожному новому розрахунку для наступного моменту часу маємо можливість змінити локальні по висоті камери та в часі граничні умови і тепловологообмінні характеристики з урахуванням визначених у попередньому розрахунку температур та

потенціалів вологості. В кожному розрахунку визначаються кількість теплоти, що підводиться до тістової заготовки за період часу, та кількість вологи, відведеної від нього, що в підсумку дає їх інтегральні значення.

Аналіз результатів розрахунку по висоті робочої камери показує, що зменшення температури теплоносія t_n залежить насамперед від геометричних характеристик тістових заготовок і швидкості теплоносія при додержанні постійного температурного режиму.

Основна кількість теплоти в процесі випікання в ротаційних печах передається конвективно внаслідок примусового обдування тістових заготовок гарячим повітрям. Тому встановлення режимів конвективного теплообміну в процесі випікання має вирішальне значення. Щільність теплового потоку в пекарській камері можна підвищити завдяки різниці температур Δt між теплоносієм і тістовою заготовкою або змінюючи коефіцієнт конвективної тепловіддачі α_k . Можливість інтенсифікації процесу випікання завдяки збільшенню різниці температур обмежена температурою, вище від якої починається підгоряння скоринки.

Коефіцієнт α_k функціонально залежить від швидкості руху повітря і характерного геометричного розміру – відстані між полицями, на яких розміщені тістові заготовки. Тобто реально можна підвищити коефіцієнт конвективної тепловіддачі, змінюючи швидкість повітря або щільність розміщення полиць на вагонетці.

У випадку примусової конвекції, коли повітря рухається над поверхнею хліба з великою швидкістю в турбулентному режимі, високого значення коефіцієнта α_k можна досягти при порівняно невисокій різниці температур.

Встановлено, що теплопередача до тістової заготовки під час випікання відбувається внаслідок:

- а) конвекції;
- б) теплопередачі від листа, на якому лежить заготовка, а він, в свою чергу, прогрівається також гарячим повітрям;
- в) випромінювання від вище розташованого листа – частина його поверхні, на якій немає заготовок, нагрівається за 0,1...0,3 тривалості процесу випікання; гаряча частина листа дорівнює приблизно 0,5 загальної площі.

Після прогрівання вагонетки, листів, стінок пекарської камери до температури гарячого повітря на тістову заготовку до кінця випікання впливає сумарний незмінний тепловий потік.

Були проведені дослідження швидкості руху повітря в різних місцях пекарської камери в ротаційній печі Г4-ХПЕ Шебекінського машинобудівного заводу. Розміри пекарської камери цієї печі, подача дуттьового вентилятора та електрична потужність нагрівачів однакові з іншими вітчизняними печами. Подібні дослідження були проведені також для печі марки ROTOTHERM RE Німецької фірми WERNER&PFLEIDERER. Вимірювання швидкості середовища у пекарській камері відбувалися за допомогою термоанемометру ЕА-1М.

Характер розподілу швидкостей повітря по висоті пекарської камери обох печей показано на рис. 1.

Потік повітря, що виходить з вертикальних щілин, розміщених по всій висоті пекарської камери, і заміряний посередині печі, має різну швидкість – він зменшується біля дна та стелі камери. Цей ефект значно помітніший для вітчизняної печі. Зарубіжна піч дає потік повітря відносно рівномірний. Це має велике значення для рівномірного пропікання тістових заготовок по всій висоті вагонетки.

У конструкціях обох печей є спеціальні жалюзі для незначного регулювання швидкості та напрямку руху повітря по висоті камери. Проте основний потік формується в коробах, які підводять повітря до пекарської камери від нагрівачів і відводять до вентилятора. На рис. 2 показана залежність швидкості руху повітря від відстані до щілини.

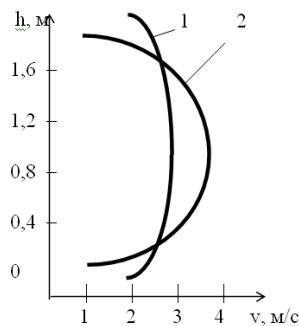


Рис. 1. Розподіл швидкості руху повітря по висоті пекарської камери печей: 1 – ROTOTHERM RE; 2 – Г4-ПКЕ

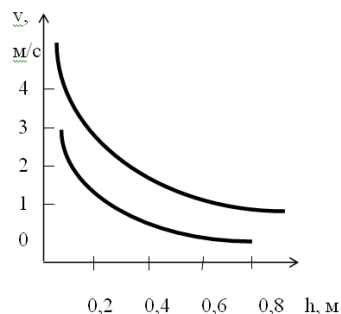


Рис. 2. Розподіл швидкості повітря по довжині пекарської камери япечей: 1 – ROTOTHERM RE; 2 – Г4-ПКЕ

Результати та обговорення.

Дослідження процесу випікання хліба з конвективним теплопідведенням показали, що якісна продукція виходить, коли швидкість повітря дорівнює приблизно біля 5 м/с. Максимальна швидкість для вітчизняної печі зафіксована безпосередньо напроти щілини і становить 2...3 м/с. Між щілинами та в кінці камери вона значно менша. Для печі ROTOTHERM RE початкова швидкість повітря становить навіть трохи більше ніж 5 м/с. В процесі обдування тістових заготовок по довжині вона так і залишається більшою.

Як показують аналізи дослідів, випікання хліба у перевірненій печі ROTOTHERM RE відбувається ефективніше: при високій швидкості повітря тепловіддача інтенсивніше, тому процес випікання проходить при нижчій температурі, дає додаткову економію енергії.

Розрахунки теплообміну, який відбувається за допомогою примусової конвекції, дали можливість установити зв'язок між коефіцієнтом тепловіддачі α і швидкістю грійних газів W :

$$\alpha = C Re^{0,8} \approx c' W^{0,8}$$

Використовуючи це рівняння, розраховували потужність, яка потрібна на привід вентилятора рециркуляції. Розрахунки показали, що існує оптимальна область роботи конвективної печі, тобто при деякій температурі залишкових газів $t_{\text{зал.і}}$ криві відносної потужності $(N/N_{\text{max}}) = f(t_{\text{зал}})$, які розраховані при різних температурах газів на вході у робочу камеру печі, мають мінімум $d(N/N_{\text{max}}) / dt_{\text{зал}}$, при $t_{\text{зал}} = t_{\text{зал.і}}$.

Зниження температури газів на вході у робочу камеру до певної межі, яка встановлена згідно з технологічним процесом, можна досягти, продукти згорання розбавити холодним повітрям.

Удосконалення конструкцій та роботи вітчизняних ротаційних печей стає можливим завдяки оптимізації форми повітропроводів та збільшенню потужності вентиляторів.

Висновки.

Вдосконалення робочих камер потребує вирівнювання умов теплового обміну. Одним із шляхів цього є реконструкція діючих печей з метою організації допоміжного піддуву теплоносія в міжряддя виробів, що випікаються. Отвори робляться за системою, яка забезпечує, наприклад, задані гідравлічні опори та потрібний розподіл потоку теплоносія між нижнім і боковим піддувом. Таким чином вирівнюються умови теплового обміну по висоті робочої камери. Одержані дані дають можливість проводити модернізацію конструкцій печей цієї групи.

Література.

1. *Сороколіт М.І., Пахомов В.М.* Математична модель процесу та вдосконалення термокамер для термічної обробки м'ясопродуктів // Наук. пр. УДУХТ. – 1993. – С. 136–143.
2. *Ковальов О.В., Миколів І.М., Махинько В.М., Ткачук А.М.* Рациональні режими роботи хлібопекарських печей з рециркуляцією продуктів згорання. // Наукові праці Національного університету харчових технологій, № 25, Ч.2, 2008, с. 104-106.
3. *Ковалёв А.В., Бурлака Е.Н., Мисечко Н.О., Федоров В.М.* Теплопоглощение тестовой заготовкой в процессе выпечки // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. № 5, - 2008, с. 36-37.
4. *Ковалев А.В., Таран В.М.* Интенсификация теплообмена в конвективных хлебопекарных печах. // Оборудование для пищевой промышленности, № 3, - 2008. с. 38-40.
5. *Ковалёв А.В., Бурлака Е.Н., Леметар С.Ю., Федоров В.М.* Теплопоглощение тестовой заготовкой в конвективных хлебопекарных печах // Хлебопекарское и кондитерское Дело, № 3, - 2008. с. 48 – 49.
6. *Ковальов О.В., Бурлака О.М., Бабко Є.М., Леметар С.Ю.* Ефективність роботи хлібопекарських печей та шляхи їх удосконалення // Хлебопекарское и кондитерское дело, № 2, - 2007. с. 30 – 31.

Авторська довідка

1. *Ковальов Олександр Володимирович*, к.т.н., доцент, кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, e-mail: rait2006@ukr.net
2. *Доломакін Юрій Юрійович*, асистент, кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій.
3. *Федорів Віктор Михайлович*, к.т.н., доцент, Каменець-Подільський коледж харчової промисловості.
4. *Логвінський Руслан Валерійович*, студент, кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій.

ДИСКРЕТНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛАПЛАСА І РІЗНИЦЕВЕ РІВНЯННЯ

А.О. Повзик, І.І.Юрик

Анотація. Розглядається різницеве рівняння другого порядку. Використовуючи операційне числення, зокрема Z – перетворення, побудовані розв'язки, які задовольняють ненульовим початковим і крайовим умовам.

Ключові слова: різницеві рівняння, дискретне перетворення Лапласа, розв'язки.

Вступ. Крім звичного подання сигналів і функцій у вигляді залежності їх значень від певних аргументів (часу, лінійної або просторової координати тощо) при аналізі й обробці даних широко використовується математичний опис сигналів по аргументах. Можливість такого опису визначається тим, що будь-який як завгодно складний за своєю формою сигнал, що не має нескінченних значень на своєму інтервалі, можна представити у вигляді суми більше простих сигналів. В багатьох областях техніки велике значення мають преривні процеси. При таких процесах проявляють себе тільки деякі дискретні значення функції часу, а не вся її поведінка в цілому. Тому замість функцій потрібно розглядати послідовності, тобто решітчасті функції [1].

Методи досліджень. Для дослідження цих процесів використовують Z -перетворення [1]. Це перетворення відіграє для дискретних сигналів і систем таку ж роль, як перетворення Лапласа – для аналогових. В даній роботі ми розглянули різницеві рівняння другого порядку, для якого знайшли загальний розв'язок і побудували розв'язки, які задовольняють ненульовим початковим і крайовим умовам.

Різницеве рівняння другого порядку має такий вигляд:

$$y(n+2) + C_1 y(n+1) + C_0 y(n) = f(n) \quad (1)$$

Початкові умови:

$$y(0) = y_0, \quad y(1) = y_1,$$

Використовуючи теорему випередження, рівняння (1) запишемо так:

$$z^2(Y^*(z) - y_0 - y_1 z^{-1}) + C_1 z(Y^*(z) - y_0) + C_0 Y^*(z) = F^*(z)$$

Розв'язком такого рівняння буде:

$$Y^*(z) = \frac{1}{p(z)} F^*(z) + y_0 \frac{z(z+C_1)}{p(z)} + y_1 \frac{z}{p(z)},$$

де

$$p(z) = z^2 + C_1 z + C_0 = (z - \alpha_1)(z - \alpha_2).$$

Звідси

$$\frac{z}{p(z)} = \begin{cases} \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \left(\frac{z}{z - \alpha_1} - \frac{z}{z - \alpha_2} \right), \alpha_1 \neq \alpha_2 \\ \frac{z}{(z - \alpha_1)^2}, \alpha_1 = \alpha_2 \end{cases}$$

Отже,

$$\frac{z}{p(z)} \div \left\{ \begin{array}{l} \frac{\alpha_1^n - \alpha_2^n}{\alpha_1 - \alpha_2}, \alpha_1 \neq \alpha_2 \\ n\alpha_1^{n-1}, \alpha_1 = \alpha_2 \end{array} \right\} = q_n$$

Оскільки $q_0 = 0$, то за теоремами випередження та запізнення

$$\frac{z^2}{p(z)} = z \frac{z}{p(z)} \div q_{n+1}; \quad \frac{1}{p(z)} = z^{-1} \frac{z}{p(z)} \div q_{n-1}$$

На основі теореми про згортку оригіналів:

$$y_n = \sum_{k=0}^n q_{k-1} f(n-k) + y_0(q_{n+1} + C_1 q_n) + y_1 q_n \quad (2)$$

При $n=0, n=1$ ця сума дорівнює нулю, тому

$$y_n = \sum_{k=2}^n f(n-k) \frac{\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1}}{\alpha_1 - \alpha_2} + y_0 \left(\frac{\alpha_1^{n+1} - \alpha_2^{n+1}}{\alpha_1 - \alpha_2} + C_1 \frac{\alpha_1^n - \alpha_2^n}{\alpha_1 - \alpha_2} \right) + y_1 \frac{\alpha_1^n - \alpha_2^n}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

Якщо врахувати, що

$$C_1 = -(\alpha_1 + \alpha_2), \quad C_0 = \alpha_1 \alpha_2,$$

то при $\alpha_1 \neq \alpha_2$

$$y_n = \sum_{k=2}^n f(n-k) \frac{\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1}}{\alpha_1 - \alpha_2} - y_0 C_0 \frac{\alpha_1^{n-1} - \alpha_2^{n-1}}{\alpha_1 - \alpha_2} + y_1 \frac{\alpha_1^n - \alpha_2^n}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

при $\alpha_1 = \alpha_2$

$$y_n = \sum_{k=2}^n f(n-k)(k-1)\alpha_1^{k-2} - y_0 C_0(n-1)\alpha_1^{n-2} + y_1 n\alpha_1^{n-1}$$

Нехай

$$-2ach\tau = C_1, \quad a^2 = C_0,$$

Тоді

$$C_0 - \frac{C_1^2}{4} = a^2(1 - ch^2\tau) = -a^2 sh^2\tau$$

Оскільки

$$C_0 - \frac{C_1^2}{4} \neq 0, \text{ то } sh\tau \neq 0$$

і у випадку $\alpha_1 \neq \alpha_2$ використовуючи розв'язок (2) отримаємо

$$y_n = \frac{1}{sh\tau} \left(\sum_{k=2}^n a^{k-2} sh\tau(k-1) f(n-k) + y_0 a^n sh\tau(n-1) + y_1 a^{n-1} sh\tau n \right) \quad (3)$$

Ця формула більш зручна для числових розрахунків, ніж формула (2), особливо в тих випадках, коли коефіцієнти C_0, C_1 - є комплексними числами.

При застосуваннях, часто буває, що значення невідомої функції $y(n)$, яка визначається різницеvim рівнянням, потрібні не для всіх n , а тільки для скінченного числа індексів $0 \leq n \leq N$. В таких випадках задають значення y_0 і y_N , тобто граничні умови. Внаслідок чого потрібно розв'язати крайову задачу. Отримані розв'язки (2), (3) дають можливість успішно розв'язувати такі задачі.

Нехай задані граничні значення y_0 і y_N , тоді виразивши y_1 через y_0 і y_N :

$$y_1 = \frac{1}{\alpha_1^N - \alpha_2^N} \left(y_0 C_0 (\alpha_1^{N-1} - \alpha_2^{N-1}) + y_N (\alpha_1 - \alpha_2) - \sum_{k=2}^N (\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1}) f_{N-k} \right)$$

одержимо точний розв'язок:

$$\begin{aligned} y_n = & \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \sum_{k=2}^n (\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1}) f_{n-k} - \\ & - \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \cdot \frac{\alpha_1^n - \alpha_2^n}{\alpha_1^N - \alpha_2^N} \sum_{k=2}^n (\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1}) f_{N-k} + \\ & + \frac{1}{\alpha_1^N - \alpha_2^N} (y_0 (\alpha_1^N \alpha_2^n - \alpha_1^n \alpha_2^N) + y_N (\alpha_1^n - \alpha_2^N)). \end{aligned}$$

Результати та обговорення. Одержаний розв'язок має зміст тільки в тому випадку, коли $\alpha_1^N - \alpha_2^N \neq 0$, і для всіх n , для яких $2 \leq n \leq N$. Правильний результат отримаємо також для $n=0$ і $n=1$, якщо тільки першу суму для $n=0$ і $n=1$ замінити нулем. Якщо дана довжина проміжку N так зв'язана з сталими, які входять в різницеве рівняння, що $\alpha_1^N - \alpha_2^N = 0$, то крайова задача взагалі не має розв'язку. В цьому випадку виникають власні числа і власні розв'язки, які також важливі для практики, але ми не маємо можливості на них зупинятися.

Слід відмітити, що на практиці дискретні значення функцій отримуються за допомогою так званого імпульсного елемента, який являє собою пристосування, яке перетворює неперервну вхідну функцію $f(t)$ в ступінчасту функцію, таким чином: значення функції $f(t)$ відраховується в дискретні моменти часу, множиться на постійну величину k (підсилюється) і потім кожне таке значення утримується на постійному рівні протягом деякого проміжку часу.

Висновки.

- Отриманий загальний розв'язок різницевого рівняння другого порядку дає можливість розв'язувати крайові задачі для цього рівняння.
- Z-перетворення успішно можна застосувати для написання дискретних сигналів.

Література:

1. М.А.Мартиненко, І.І. Юрик. Теорія функцій комплексної змінної. Операційне числення. – К.: Видавничий Дім "Слово", 2009. – 296 с.

Авторська довідка.

1. Повзик А.О., студентка факультету АКС-II-2.
2. Юрик І.І., к. ф.-м. наук, професор, кафедра вищої математики, Національний університет харчових технологій, e-mail: i.yu@ukr.net.

ГІДРОМЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ

Парахоня А.М., Пушанко М.М.

Анотація. Розглянуто особливості проведення гідромеханічного очищення дифузійного соку. Опрацьовані результати дослідів проведених на Гайсинському цукровому заводі у виробничий період 2011 року. Вони показали незадовільний характер очищення дифузійного соку що йде на подальше виробництво. Знайдено причини незадовільної роботи пульпоуловлювачів. Розроблена нова удосконалена конструкція пульпоуловлювача ротаційного типу.

Ключові слова: пульпа, пульпоуловлювач, дифузійний сік

Вступ. Дифузійний апарат є найважливішою технологічною одиницею на сучасному цукровому заводі. На підприємствах працюють дифузійні апарати неперервної дії трьох типів: колонні, ротаційні, та нахиленого типу[1]. Кінцевими продуктами дифузійних апаратів є дифузійний сік (основний продукт), що прямує на подальше виробництво та жом, який відноситься до класу відходів цукрової промисловості.

Конструкції всіх типів апаратів забезпечують відкачку дифузійного соку на рівні 115-125 % до маси буряків. Це велика кількість рідини, яку потрібно очистити, випарувати та провести кристалізацію для отримання кінцевого продукту виробництва – цукру. Сік, що відбирається з об'ємів дифузійних апаратів є багатоскладовою структурою, яка в своєму складі містить велику кількість домішок. З метою відділення нецукрів з його складу та отримання термостійкого сиропу, проводиться очистка. Вона включає в себе ряд послідовних технологічних процесів: попередня defeкація, основна defeкація, перша сатурація, defeкація перед другою сатурацією, друга сатурація, сульфитація, фільтрування та ін. [2].

Методи досліджень. Нами проведені досліді на Гайсинському цукровому заводі у виробничий сезон 2011 року на дифузійних апаратах DC-8 та DC-12 та ротаційних пульпоуловлювачах ПР 58.

Результати та обговорення. В період проведення дослідів сировина мала такі характеристики: довжина стружки 9-10 м., відсоток браку 3,0-3,4 %, шведський фактор 10-10,8, дигестія 16,2-17,6 %. Визначено, що вміст пульпи в дифузійному соку до пульпоуловлювача був на рівні 4-6 г/л, а після 1,3-2 г/л (рис.1). Що не відповідає вимогам стандарту 1,0 г/л[3].

На стадії попереднього очищення дифузійний сік проганяють через пульпоуловлювачі. В них проходить процес механічного відділення крупних домішок (пульпи), що пройшли через грубі сита дифузійних апаратів. На цукрових заводах використовують пульпоуловлювачі різних конструкцій: прес пульпоуловлювачі ПП, пульпоуловлювачі ротаційного типу ПР.

Пульпа – це маленькі шматочки стружки. Якщо її не видалити зі складу дифузійного соку, протопектин, що в ній міститься, на станції очищення переходить в розчин, де з вапном утворює желатиновий осад, що значно утруднює процес фільтрації. Вміст пульпи в очищеному соку не повинен становити більше 1 г/л.

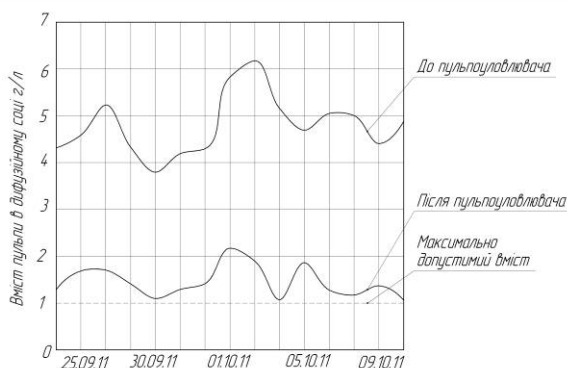


Рис.1 Вміст пульпи в дифузійному соку до та після пульпоуловлювача

Пульпоуловлювач ротатійного типу являє собою корпус коритоподібного типу, в якому обертається перфорований барабан, покритий латунним ситом. Одна сторона барабана закрита інша відкрита. Відкритою стороною барабан обертається в гумовому ущільненні. Неочищений дифузійний сік подається в корито, проходить через ситову поверхню барабана, на поверхні якого лишається пульпа, і через відкриту сторону очищений сік проходить в кінцевий приймач на виробництво. Гумове ущільнення, в якому обертається відкрита сторона, розділяє робочі об'єми пульпоуловлювача з неочищеним та очищеним соком.

В реальних заводських умовах гумове ущільнення не забезпечує достатнього рівня герметизації, що призводить до змішування не фільтрованого та відфільтрованого соку.

Результати дослідів та візуальні спостереження підтвердили, що гумове ущільнення, в якому обертається відкрита сторона пульпоуловлювача, не забезпечує необхідний рівень ущільнення і пропускає потік неочищеного соку у кінцевий приймач.

З метою покращення процесу попередньої очистки дифузійного соку від пульпи нами запропонована нова конструкція ущільнюючого органу (рис.2), що дозволить покращити рівень герметизації між камерами з неочищеним та очищеним соками.

Суть удосконалення полягає в тому, що гумове ущільнення, що знаходиться під постійним навантаженням тертя між рухомим перфорованим барабаном та нерухомим корпусом, і через певний проміжок часу зношується, замінюється ущільненням нової конструкції з пневматичною камерою.

Пульпоуловлювач ротатійний з новим ущільнюючим пристроєм працює наступним чином. Не фільтрований сік надходить у коритоподібний корпус 1, фільтрується через ситову поверхню барабана 3, який обертається від привода 2, поверхня барабана 3 регенерується потоком повітря, що подається через трубу 4. Відкрита сторона пульпоуловлювача герметизується пневмоущільненням. На барабан 3 встановлюється нерухомо обід 5, в корпус обід 10, в сферичну поверхню якого вкладається пневмокамера 8, що прижимається ободом 7. Між ободом 7 та 5 встановлюється гумове ущільнення 6. Ободи 7 та 10 з'єднуються скобами 9 по периметру. В процесі роботи в пневмокамеру 8 під тиском подається повітря, пневмокамера 8 прижимає ущільнення 6 ободом 7 до обода 5, що призводить до герметизації відкритої сторони пневмоуловлювача ротатійного. Обід 5 рухається з барабаном 3 і третя робочою поверхнею по ущільненню 6.

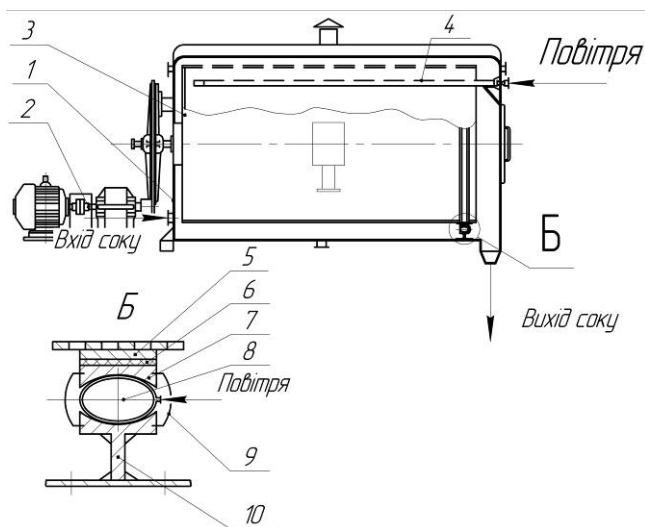


Рис.2 Пульпоуловлювач з удосконаленим ущільнюючим пристроєм:

1 – коритоподібний корпус; 2 – привод; 3 – барабан; 4 – труба подачі повітря; 5 – обід; 6 – гумове ущільнення; 7 – обід; 8 – пневмокамера; 9 – скоба; 10 – обід.

Висновки.

Запропонована конструкція дозволить покращити якість попереднього очищення дифузійного соку та досягти необхідної величини вмісту пульпи в соку, що йде на подальше очищення. Збільшити продуктивність пульпоуловлювача завдяки збільшенню коефіцієнта використання ситової поверхні барабана та зменшити втрати цукру у відходах виробництва.

Література.

1. Гребенюк С.М., Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Виноградов К.И. Технологическое оборудование сахарных заводов. – М.: КолосС, 2007. 520 с.
2. Кухар В.Н., Кравчук А.Ф., Чернявская Л.И. и др. Мезга: удаление из дифузионного сока и использование. – Сахар №2, 2002 р., 52-44 с.
3. Хоменко М.Д. та інші. Вплив пульпи на якість дифузійного соку// Цукор України. 2001. №5. С. 9-10.

Авторська довідка.

1.Пушанко Микола Миколайович, д.т.н., професор; кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій.
2.Парахоня Андрій Миколайович, аспірант; кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій, e-mail: Anderson-86@mail.ru

УЗАГАЛЬНЕНІ КРИТЕРІЇ ЯКОСТІ В ЗАДАЧАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Л.В. Артюхова, Н.М. Рущенко, Т.В. Зінченко

***Анотація.** Проведено аналіз різних способів формування узагальнених критеріїв якості для формування цільових функцій в задачах багатокритеріальної оптимізації. В залежності від типу цільової функції та характеру обмежень застосовані аналітичні методи, методи математичного програмування або ітераційні методи дослідження операцій. Запропоновано цільові функції для розв'язування практичних задач оптимізації в економіці та харчовій промисловості (оптимізація рецептурного складу продукту).*

***Ключові слова:** математична модель, багатокритеріальна оптимізація, цільова функція, узагальнений критерій якості.*

Вступ. При дослідженні технологічних та економічних процесів, що залежать одночасно від кількох факторів різного характеру, результати досліджень часто отримують у вигляді значень різних характеристик – частинних критеріїв. Важливою проблемою є проблема об'єднання кількох окремих критеріїв $f_1, f_2 \dots f_N$ в один узагальнений критерій ефективності F , що є обов'язковою складовою задач багатокритеріальної оптимізації.

Методи досліджень. Результативним методом дослідження таких задач є математичне моделювання. Математична модель досліджуваного процесу повинна відображати мету процесу, враховувати характер залежностей та кількісні співвідношення між керованими змінними та іншими параметрами, що впливають на ефективність досягнення мети. Як правило, математична модель включає функцію мети – цільову функцію, систему обмежень на керовані змінні та детерміновані параметри, критерій ефективності розв'язку.

Важливою ланкою процесу створення математичної моделі є перевірка її адекватності. Модель вважається адекватною, якщо вона забезпечує достатньо надійне передбачення поведінки досліджуваної системи.

Метою наукового дослідження є аналіз методів створення цільових функцій та способів перевірки адекватності математичної моделі в задачах оцінки якості за показниками кількох критеріїв одночасно.

Якщо сукупність керованих змінних об'єднати у вектор $\vec{x}$, а сукупність детермінованих параметрів – вектор $\vec{a}$, то задачу багато-критеріальної оптимізації можна описати у вигляді:

$$f_1(\vec{x}, \vec{a}) \rightarrow \max; f_2(\vec{x}, \vec{a}) \rightarrow \max, \dots f_N(\vec{x}, \vec{a}) \rightarrow \max.$$

Об'єднання кількох окремих критеріїв – згортання критеріїв – можна представити у вигляді:

$$F = F(f_1(\vec{x}, \vec{a}); f_2(\vec{x}, \vec{a}), \dots f_N(\vec{x}, \vec{a})) \Rightarrow \max; \vec{x} \in X,$$

де X – множина N -мірних точок $\vec{x}$. Розв'язком задачі багатокритеріальної оптимізації можна вважати таке значення вектора керованих змінних $\vec{x}^*$, що забезпечує досягнення

найбільшого значення критерію ефективності серед всіх можливих значень вектора керованих змінних:

$$\bar{x}^* = \arg \max_{x \in X} F(\bar{a}, \bar{x}).$$

Пошук максимального значення критерію не звужує умову задачі, оскільки задача на знаходження мінімального значення для F' легко зводиться до задачі знаходження максимального значення перетворенням $F = -F'$.

Серед відомих методів об'єднання кількох окремих критеріїв найважливішими є:

а) *метод лінійного згортання*;

цільова функція має лінійний характер: $F = \sum_{i=1}^N (c_i \cdot f_i(\bar{x}, \bar{a})) \Rightarrow \max; \sum_{i=1}^N c_i = 1, c_i \geq 0;$

для нормованих критеріїв $F = \sum_{i=1}^N \left(c_i \cdot \frac{f_i(\bar{x}, \bar{a}) - f_i^{\min}}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right) \Rightarrow \max;$

де C_i — вагові коефіцієнти критеріїв, які відповідають їх важливості, $f_i^{\max}, f_i^{\min}$ — максимальне та мінімальне значення i -го критерію;

б) *метод ідеальної точки*; ідеальною точкою є N -мірна точка, в якій досягається екстремум по кожному окремому критерію (принцип Джофріона); розв'язок задачі визначається за умови мінімізації «відстані» до ідеальної точки:

$$F(\bar{x}) = \rho(F(\bar{a}, \bar{x}) - F^*) \Rightarrow \min, \bar{x} \in X,$$

де $F^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_N^*)$, $f_i^* = \max f_i(\bar{a}, \bar{x}), i = \overline{1, N}$;

у випадку евклідової метрики $F(\bar{x}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (f_i(\bar{a}, \bar{x}) - f_i^*)^2} \Rightarrow \min, \bar{x} \in X$;

в) *метод переведення критеріїв в обмеження* [4], що полягає у виділенні головного критерію, за яким проводиться оптимізація, на решту критеріїв накладаються обмеження знизу у вигляді експертних нормативів:

$$f_1(\bar{x}, \bar{a}) \rightarrow \max; f_2(\bar{x}, \bar{a}) \geq f_2^0, \dots, f_N(\bar{x}, \bar{a}) \geq f_N^0;$$

г) *метод контрольних показників*: $F(\bar{x}, \bar{a}) = \min_i \frac{f_i}{f_i^0} \Rightarrow \max; \bar{x} \in X$;

д) *метод послідовних поступок*; критерії впорядковуються за важливістю в порядку її спадання; послідовно на кожному кроці розв'язується задача оптимізації за одним критерієм, та призначається деяка поступка зменшення оптимального значення по цьому критерію, щоб покращити значення інших критеріїв; призначення поступки означає введення на кожному кроці ще одного додаткового обмеження $f_i \geq f_i^* - \Delta f_i$; на $(i+1)$ -му кроці задача має вигляд:

$$f_{i+1}(\bar{a}, \bar{x}) \Rightarrow \max, \bar{x} \in X, f_1(\bar{a}, \bar{x}) \geq f_1^* - \Delta f_1, \dots, f_i(\bar{a}, \bar{x}) \geq f_i^* - \Delta f_i;$$

процес закінчується, якщо досягнуто останнього критерію, або ж призначення поступки недоцільне.

Узагальнений критерій може мати лінійний характер або нелінійний. Найбільш відомі і прості узагальнені критерії — лінійні критерії виду:

$$F = \sum_{i=1}^N c_i \cdot f_i^*, i=1,2 \dots N, \quad (1)$$

де f_i^* - значення частинних критеріїв, c_i - вагові коефіцієнти.

При об'єднанні частинних критеріїв в один необхідно абсолютні значення частинних критеріїв f_i з їх розмірностями переводити певним чином у відносні безрозмірні величини f_i^* .

За характером варто розглядати два способи одержання безрозмірних величин – ранжування та нормування. При ранжуванні значення f_i^* приймаються рівними або 1 – якщо значення критерію f_i прийнятне, або 0 – якщо значення критерію f_i незадовільне.

При нормуванні значення $f_i^* = \frac{f_i}{f_{i0}}$, де f_{i0} – деяке, наприклад, максимально можливе

значення критерію.

Узагальненням методу ранжування можна вважати застосування функції переваги Харрінгтона. Її призначення – об'єднання не тільки фізичних, а й психологічних (наприклад, естетичних) показників. Для кожного показника f_i будується шкала переваг – кількох порогових значень $d_{ki}, k=1,2 \dots K$, від 0 до 1, кожне з яких відповідає певній якісній оцінці отриманого значення f_i . Узагальнений критерій в цьому випадку

пропонується у вигляді $D_k = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^N d_{ik}}$. Цей критерій називають узагальненою функцією переваг Харрінгтона.

Серед нелінійних критеріїв найчастіше зустрічаються:

1) мультиплікативний $F = \prod_{i=1}^N f_i^*$ або $F = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^N f_i^*}$

2) квадратичний

$$F = \sum_{i=1}^N \left(\frac{f_i - f_{i0}}{f_{i0}} \right)^2 \text{ або } F = \sum_{i=1}^N c_i \cdot \left(\frac{f_i - f_{i0}}{f_{i0}} \right)^2, \sum_{i=1}^N c_i = 1; \quad (3)$$

3) критерій багатокутника якості [1]:

$$F = c_1 f_1 f_2 + c_2 f_2 f_3 + \dots + c_{N-1} f_{N-1} f_N + c_N f_N f_1 = \sum_{i=1}^N c_i f_i f_{i+1}, \quad f_{N+1} = f_1. \quad (4)$$

Результати та обговорення. Кожен з цих критеріїв має свої недоліки та переваги. Тому в кожній проблемній ситуації для створення математичної моделі доцільно виконати попередній порівняльний аналіз чутливості різних критеріїв до умов задачі, щоб правильно обрати метод багатокритеріальної оптимізації, який би врахував всі особливості задачі.

Якщо математична модель задачі лінійна з цільовою функцією (1), то задачу можна розв'язати симплекс-методом або в деяких ситуаціях – графічно.

Якщо математична модель задачі нелінійна з цільовою функцією (2), (3) або (4), то задача розв'язується з використанням методів математичного аналізу – методу Лагранжа, методу Куна-Такера чи інше.

Якщо створення математичної моделі в цілісному аналітичному вигляді викликає труднощі, варто застосовувати методи а), б), в), г).

Загальний метод перевірки адекватності математичної моделі полягає у співставленні результатів моделювання з характеристиками, які система мала в минулому. Для підтвердження адекватності можна застосувати відомі критерії математичної статистики, наприклад, критерій Стюдента, для оцінки квадратів відхилень розрахункових значень математичної моделі від експериментальних.

Для прикладу розглядається задача знаходження оптимальної рецептури печива, якість якого характеризується трьома основними критеріями. Цільова функція будується за критерієм багатокутника якості. Задача знаходження оптимального розв'язку – кількісного співвідношення інгредієнтів – знаходиться за методом Лагранжа [2,3] .

Висновки.

1. Ґрунтовна побудова математичної моделі є важливим елементом наукового дослідження оптимізаційного характеру.

2. При побудові чи виборі цільової функції (аналітичного чи ітераційно-аналітичного характеру) перевагу варто надавати тому узагальненому критерію якості, який забезпечує достатню чутливість результату від значень та співвідношень між досліджуваними факторами.

Література.

1. *Зінченко Т.В., Корецька І.Л.*, Критерій “багатокутника якості” для багатокритеріального оцінювання ефективності. – К., Наукові праці УДУХТ, №10 (спецвипуск), ч.ІІ, 2001р.

2. *Корецька І.Л., Зінченко Т.В.* Новый метод оценки пищевых продуктов. –К., Продукты &, февраль, 2006г.

3. *Корецька І.Л., Зінченко Т.В.* Спосіб визначення критерію якості виробів. Деклараційний патент на винахід; номер заявки 2002042742.

4. *А.В. Катренко*, Дослідження операцій. Підручник. – Львів, «Магнолія Плюс», 2005р.

Авторська довідка.

1. *Л.В. Артюхова*, випускник магістратури ІМВ КДУ ім.Т.Г. Шевченка, e-mail: artukhova@gmail.com.

2. *Н.М. Рущенко*, студентка факультету ОФПД, НУХТ.

3. *Зінченко Тетяна Володимирівна*, к. т. н., доцент, кафедра вищої математики, Національний університет харчових технологій, e-mail: zin.val@gmail.com.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ КАВИ ПРИ ДОДАВАННІ ВЕРШКІВ

І.М. Кожухівська, О.П. Зінкевич, К.М. Сологуб

***Анотація.** В результаті дослідження реального процесу (додавання вершків до кави) отримали диференціальну модель зміни температури кави при додаванні до неї вершків в певні моменти часу. На основі цього, враховуючи природні припущення, проведено числові розрахунки і визначено як вплинули домішки на температуру кави.*

***Ключові слова:** диференціальне рівняння, температура кави, вплив домішок, закон зміни температури кави.*

Вступ. Навколишня температура впливає на наше життя набагато сильніше, ніж нам здається на перший погляд. Більшість із нас отримує велике задоволення випивши чашку гарячої кави або чаю. Як стало відомо, ці напої не тільки зігрівають, але і забезпечують появу у людини більш позитивних емоцій.

Американські психологи Джон Барг (John Bargh) із Йельського університету (Yale University) Коннектикут і Лоуренс Уільямс (Dr. Lawrence Williams) із Університету штату Колорадо (University of Colorado) установили взаємозв'язок між температурою тіла і емоційною теплотою людини. Вони провели прості і наглядні експерименти, результати яких опублікували в науковому журналі «Science». В одному із експериментів групі бажаючих пропонували гарячу і охолоджену каву. Всім учасникам надали документи з інформацією про незнайомих для них людей, про яких треба було висловити свою думку. Цікаво, що людина, яка взяла гарячу каву, характеризувала незнайомому їй людину більш позитивно, чим людина, яка взяла охолоджену каву.

В другому експерименті (наприклад) учасники тримали або гарячу грілку, або грілку з льодом. Кожному з них пропонували подарунковий сертифікат чи для товариша, чи для себе. Ті хто тримав гарячу грілку просив подарунковий сертифікат для товариша, а ті, хто тримав грілку з льодом — для себе особисто.

Ряд дослідів дозволили зробити висновок, що інформація про температуру тіла людини і емоційну теплоту обробляється однією і тією ж частиною головного мозку. Тому кожен із нас любить прийняти гарячу ванну, випити гарячу каву, з'їсти гарячий курячий бульйон, щоб знову відчувти пов'язані з цим позитивні відчуття. Цією обставиною вчені пояснюють давні традиції різних народів знайомитися і продовжувати знайомство за чашкою кави, чаю чи іншого гарячого напою.

Взявши до уваги подану інформацію, визначимо як впливають домішки на температуру кави, зокрема вершки.

Методи досліджень. Двоє молодих людей замовили у кав'ярні каву і вершки. Коли їм одночасно принесли по чашці однаково гарячої кави і вершків, вони зробили наступне:

Дівчина додала до кави вершки, накрила чашку паперовою серветкою і вийшла зателефонувати подрузі. Хлопець відразу наклав чашку паперовою серветкою, а до кави додав ту саму кількість вершків тільки через 5 хвилин, коли повернулась дівчина, і вони почали пити каву разом. Хто із них пив більш гарячу каву?

Задачу будемо розв'язувати враховуючи природні припущення, які відображають фізичний зміст процесів, що відбуваються, і полягають в наступному. Вважаємо, що теплообмін через поверхню стола і серветки набагато менший теплообміну через бокові стінки чашки; температура пари в чашці над поверхнею рідини дорівнює температурі рідини.

Виведемо спочатку співвідношення, яке показує як зі зміною часу змінилася температура кави в чашці хлопця до змішування кави з вершками.

У відповідності з прийнятими припущеннями згідно відомого закону фізики кількість теплоти, яку отримує повітря від чашки хлопця, визначається співвідношенням

$$dQ = \eta \frac{T - \theta}{l} S dt, \quad (1)$$

де T — температура кави в момент часу t , θ — температура повітря в кав'ярні, η — теплопровідність матеріалу чашки, l — товщина стінок чашки, S — площа бічної поверхні стінок чашки.

Також кількість теплоти, яке буде віддавати кава, можна визначити із рівності

$$dQ = -cm dT, \quad (2)$$

де c — питома теплоємність кави, m — вага кави в чашці. Розглядаючи разом рівняння (1) і (2), приходимо до рівняння

$$\eta \frac{T - \theta}{l} S dt = -cm dT.$$

Відокремимо змінні і прийдемо до рівняння

$$\frac{dT}{T - \theta} = -\frac{\eta S}{lcm} dt. \quad (3)$$

Проінтегруємо диференціальне рівняння (3) і знайдемо, що:

$$\ln|T - \theta| = -\frac{\eta S}{lcm} t + \ln|C|$$

$$\frac{T - \theta}{C} = e^{-\frac{\eta S}{lcm} t}$$

Позначимо початкову температуру кави через T_0 , тобто нехай $T(0) = T_0$, тоді

$$T_0 - \theta = C$$

Отже,

$$\frac{T - \theta}{T_0 - \theta} = e^{-\frac{\eta S}{lcm} t}$$

$$T = \theta + (T_0 - \theta) \cdot e^{-\frac{\eta S}{lcm} t} \quad (4)$$

Формула (4) аналітично описує закон, за яким змінилася температура кави в чашці хлопця до моменту додавання вершків у каву. Тепер розглянемо яким буде закон зміни температури кави після того, коли хлопець додав в чашку вершки. Для цього використаємо рівняння теплового балансу, яке в нашому випадку запишемо у вигляді:

$$cm(T - \theta_{xl}) = c_1 m_1 (\theta_{xl} - T_1) \quad (5)$$

де θ_{xl} — температура суміші в момент часу t , T_1 — температура вершків, c_1 — питома вага вершків, m_1 — вага вершків, які додали до кави.

Із рівняння (5) знайдемо, що

$$\begin{aligned}
 cmT - cm\theta_{xl} &= c_1m_1\theta_{xl} - c_1m_1T_1 \\
 (cm + c_1m_1)\theta_{xl} &= cmT + c_1m_1T_1 \\
 \theta_{xl} &= \frac{c_1m_1}{cm + c_1m_1}T_1 + \frac{cm}{cm + c_1m_1}T
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Враховуючи рівняння (4), формулу (6) зможемо записати у вигляді

$$\theta_{xl} = \frac{c_1m_1}{cm + c_1m_1}T_1 + \frac{cm}{cm + c_1m_1} \left[\theta + (T_0 - \theta)e^{\frac{\eta S}{lcm}t} \right]
 \tag{7}$$

Рівняння (7) описує закон зміни температури кави після додавання вершків в чашку хлопця.

Щоб вивести закон зміни температури кави в чашці дівчини, знову скористаємось рівнянням теплового балансу, яке в даному випадку набуває вигляду

$$cm(T_0 - \theta_0) = c_1m_1(\theta_0 - T_1)
 \tag{8}$$

де θ_0 — температура суміші.

Із рівняння (8) визначимо, що

$$\begin{aligned}
 cmT_0 - cm\theta_0 &= c_1m_1\theta_0 - c_1m_1T_1 \\
 (cm + c_1m_1)\theta_0 &= c_1m_1T_1 + cmT_0 \\
 \theta_0 &= \frac{c_1m_1}{cm + c_1m_1}T_1 + \frac{cm}{cm + c_1m_1}T_0
 \end{aligned}$$

Потім, використовуючи рівняння (4), де роль початкової температури грає уже θ_0 , тобто $T_0 = \theta_0$, а добуток $C \cdot m$ заміняємо на суму $cm + c_1m_1$, остаточно отримуємо, що закон зміни температури $\theta_{дівч}$ кави в чашці дівчини аналітично задається формулою

$$\theta_{дівч} = \theta + \left[\frac{c_1m_1}{cm + c_1m_1}T_1 + \frac{cm}{cm + c_1m_1}T_0 - \theta \right] e^{\frac{\eta S}{l(cm+c_1m_1)}t}
 \tag{9}$$

Результати та обговорення. Таким чином, для того, щоб дати відповідь на поставлене в задачі питання, залишається тільки звернутися до формул (7) і (9) і провести числові розрахунки, приймаючи до уваги, що

$$c_1 \approx 3,9 \cdot 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K}), c \approx 4,1 \cdot 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K}), \eta \approx 0,6 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$$

і припустивши для визначеності, що

$$\begin{aligned}
 m_1 &= 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}, m = 8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}, T_1 = 20^\circ \text{C}, \theta = 20^\circ \text{C}, T_0 = 90^\circ \text{C}, S = 11 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \\
 l &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}, t = 0,3 \cdot 10^3 \text{ с}.
 \end{aligned}$$

Тоді

$$cm = 4,1 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-2} = 328 (\text{Дж} / \text{K})$$

$$\begin{aligned}
 c_1 m_1 &= 3,9 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 78 \text{ (Дж / К)} \\
 cm + c_1 m_1 &= 328 + 78 = 406 \text{ (Дж / К)} \\
 \frac{cm}{cm + c_1 m_1} &= \frac{328}{406} \approx 0,8; \quad \frac{c_1 m_1}{cm + c_1 m_1} = \frac{78}{406} \approx 0,2 \\
 \frac{\eta S}{lcm} t &= \frac{0,6 \cdot 11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 4,1 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-2}} = \frac{1,98}{0,656} \approx 3 \\
 \frac{\eta S}{l(cm + c_1 m_1)} t &= \frac{0,6 \cdot 11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,406 \cdot 10^3} \approx \frac{1,98}{0,812} \approx 2,4 \\
 \theta_{\text{хл.}} &= 0,2 \cdot 20 + 0,8 \cdot [20 + (90 - 20) \cdot 0,05] = 4 + 18,8 = 22,8 \\
 \theta_{\text{дівч.}} &= 20 + [0,2 \cdot 20 + 0,8 \cdot 90 - 20] \cdot 0,091 = 20 + 5,1 = 25,1
 \end{aligned}$$

Обчислення показують, що більш гарячу каву пила дівчина.

Висновки.

1. Температура кави залежить від моменту додавання вершків до кави.
2. Більш гарячою буде кави, в яку вершки додали спочатку.
3. Вплив тепла на емоційний стан людини може знайти несподіване застосування в маркетингу. Якщо ви проводите рекламну кампанію на свіжому повітрі в холодний день, то чашка кави чи тепла випічка допоможе вам встановити контакт з покупцями.

Література:

1. В.В. Амелькин. Дифференциальные уравнения в приложениях.- М.: Едиториал УРСС, 2009.—208 с.
2. А.И. Егоров. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями.— 2-е изд., испр.—М.: Физматлит, 2005.—384 с.
3. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння.— 2-ге вид., перероб. і доп. —К.: Либідь, 2003.—600 с.

Авторська довідка:

1. *Зінкевич Олексій Петрович*, доцент; кандидат фіз.-мат. наук, кафедра вищої математики, Національний університет харчових технологій, e-mail: petrozinkevich@mail.ru
2. *Сологуб Катерина Миколаївна*, асистент; кафедра вищої математики, Національний університет харчових технологій, e-mail: skm2011@ukr.net
3. *Кожухівська Ірина Миколаївна*, студентка 1 курсу факультету ХЕТОП.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КАЗЕЇНА В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

Барабаш А.М., Прохоров О.М.

***Анотація.** Проведені теоретичні та експериментальні дослідження, на основі яких розроблена надійна та проста в застосуванні методика для дослідження процесу сушіння казеїна в киплячому шарі. Визначено раціональні параметри та режими сушіння казеїна.*

***Ключові слова:** сушка, казеїн.*

Вступ. До недавнього часу метод сушіння в киплячому шарі застосовувався тільки для висушування сипких матеріалів: в основному мінеральних і органічних солей і т.і. Сушка в киплячому шарі знаходить застосування при висушуванні матеріалу грудками, наприклад, гранули лікарських засобів, деяких полімерів, морської трави, харчових продуктів.

Вчення процесу сушіння казеїну в киплячому шарі, проводили на лабораторній установці при температурі повітря 50...120°C, швидкості повітря від 0,5 до 5 м / с, питомого навантаження 5,8...35,2 кг/м². Початковий вологовміст казеїну змінювалося від 160% до 180%.

Було доведено, що сушка в киплячому шарі може протікати при температурі повітря 100...120 °С. При цьому ні плавлення, ні зміни кольору зерен не спостерігається. Експерименти довели, що при вологовмісті 180% процес сушіння має період постійної і спадаючої швидкості, причому перша критична вологість дорівнює приблизно 100%.

Методи досліджень

На дослідній установці, в лабораторії кафедри "Машини і апарати харчових і фармацевтичних виробництв", були проведені дослідження процесу сушіння казеїну, отриманого на Київському вітамінному заводі. В процесі дослідження вимірювалися витрата теплоносія, температура теплоносія на вході в шар, температура теплоносія на виході з шару, витрата вологого матеріалу, початкова вологість матеріалу, активність висушеного матеріалу, число обертів ротора-живильника, температура шару.

Результати та обговорення.

В процесі експериментів було встановлено, що живильник-гранулятор забезпечує необхідну продуктивність і якість гранулювання вологого казеїну, а процес сушіння, завдяки особливостям гідродинаміки апарату, протікає стійко і з досить великою швидкістю. Результати експериментів наведені в таблиці 1 і таблиці 2.

З даних таблиці видно, що швидкість теплоносія в перерізі апарата - 1,1 м/с, шар з еквівалентним діаметром частинок $d_c = 1,49$ - кипить стійко без застійних зон. При цьому опорі розподільного пристрою складає $\Delta p = 240 \dots 400$ Па, а шару $\Delta p_{\text{ж}} = 500 \dots 600$ Па.

Отримані експериментальні дані дозволяють розрахувати промисловий агрегат продуктивністю 100 кг / год сухого продукту.

Дані, отримані при дослідженні сушки казеїну на експериментальній установці, дозволяють виконати розрахунок промислової установки.

Таблиця 1

Результати експериментів по сушінню казеїна у зв'язаному шарі

№ досліду	Витрати повітря, м ³ / год	Швидкість в перерізі апарату при t= 60°C	Гідравлічний опір, мм.рт.ст.	
			шару	решітки
1	104	1,04	62	36
2	107	1,06	60	38
3	107	1,07	52	38
4	125	1,13	49	42
5	130	1,1	40	45

Продовження таблиці 1

№ досліду	Висота шару, мм		Температура, °C		
	Нерухомого	Киплячого	повітря на вході в шар	шару	повітря на виході із шару
1	170	360	60	87	49
2	170	360	60	90	51
3	170	350	64	85	54
4	170	340	62	126	61
5	170	300	64	147	63

Таблиця 2

Результати експериментів по сушінню казеїна у зв'язаному шарі

№ досліду	Продуктивність за вологим матеріалом, кг/год	Продуктивність по вологовому матеріалу, %		Активність матер. од. після сушки
		початкова	кінцева	
1	1,87	54	4,86	198000
2	1,75	54	6,85	216000
3	1,1	54	4,4	218000
4	3,3	53,5	4,7	198000
5	6,0	53,5	7,2	198000

Продовження таблиці 2

№ досліду	Напруження дзеркала шару, кг/м ² год			Питомі витрати тепла на 1 кг випареної вологи, ккал / кг	Питомі витрати повітря на 1 кг випарювальної вологи, кг/кг
	за випар. вологою	за волог. матеріалом	за сухим матер.		
1	36,5	71,5	35	1670	104
2	32,0	64	32	1930	195
3	21,0	42	21	1580	66
4	64,0	127	68	2800	128
5	118	230	112	1030	36

Вихідні дані:

1. Продуктивність установки по висушеному продукту - 100 кг / год
2. Вологість матеріалу, %
початкова - 50...55
кінцева - 8
3. Температура матеріалу на вході в сушарку - 40 °C
4. Температура матеріалу на виході з сушарки -60°C (за даними дослідів таблиці)

Конструктивний розрахунок сушарки

Виходячи зі значень напруження шару по випаровуваній волозі, знайдених експериментально, а також з витрати повітря і швидкості в перерізі апарату, визначаємо переріз сушарки:

$$f = \frac{L}{3600 \cdot \gamma \cdot w_1} \geq \frac{W}{A \cdot f}$$

Приймаємо значення швидкості в перерізі апарату 1,1 м/с (див. таблиці.)

$$\text{Тоді: } f = \frac{L}{3600 \cdot \gamma \cdot w_1} = \frac{7450}{3600 \cdot 1.02 \cdot 1.1} = 1.84 \text{ м}^2$$

Перевіряємо значення $A \cdot f$ при отриманому перерізі апарату

$$A \cdot f = \frac{104}{1.84} = 56.5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$$

при $f = 1.8 \text{ м}^2$, напруга шару; $A \cdot f = 57.8 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$

Отримане напруження підтверджується експериментально.

Приймаємо переріз сушарки - $f_c = 1.8 \text{ м}$

Габарити сушарної камери в плані - 1000x1800 мм.

Висота киплячого шару підтримується згідно з експериментальним даним (див. табл.1) в межах 300...360 мм

Висоту сушильної камери визначаємо із залежності:

$$H = (4+4.5) \cdot h_{\text{мм}} = (4+4.5) \cdot 360 = 1.5 \text{ м.}$$

Приймаємо кут нахилу стінок камери 10° , тоді ширина даху камери буде:

$$B_1 = B + 2 \cdot H \cdot \text{tg} \alpha = 1 + 2 \cdot 1.5 \cdot \text{tg} 11^\circ = 1.545 \text{ мм.}$$

Приймаємо $B_1 = 1550 \text{ мм.}$

Діаметр вихідного штуцера приймаємо $\varnothing 500 \text{ мм.}$ Розріз сушильної камери показаний на рис.1.

Розподільні решітки сушарки приймаються кутові, аналогічно решіткам дослідної установки. Живий переріз решітки $\phi = 4\%$.

Висновки

1. В результаті проведених експериментальних досліджень процесу сушки казеїна в апараті з псевдозрідженим шаром виконаний розрахунок і проект промислового агрегату. Агрегат виготовлений і впроваджений на Київському вітамінному заводі.

2. Сушилка з киплячим шаром, продуктивністю 100 кг/час, в порівнянні з паровою конвеєрною сушаркою, продуктивністю $15 \div 20 \text{ кг/час}$, відрізняється високою інтенсивністю процесу, простою конструкцією, малою металоємністю, простотою механізації і автоматизації процесу.

Авторська довідка.

1. Барабаш Артем Миколайович, магістрант; кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, e-mail: artembarabash@ukr.net

2. Прохоров Олександр Миколайович, к.т.н., доцент, кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій

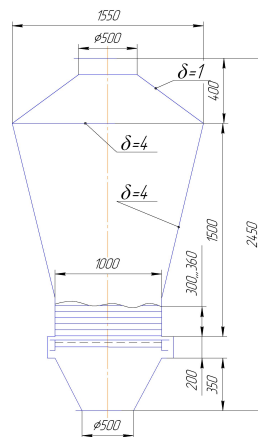


Рис.1. Розріз сушильної камери

**ECONOMICS
AND
MANAGEMENT**

**ЕКОНОМІКА
ТА
УПРАВЛІННЯ**

ОПТИМІЗАЦІЯ ОПОДАТКУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

О.А. Галушак, О.В. Зінченко, Т.В. Зінченко

Анотація. *Методом математичного моделювання досліджено характер залежності між максимальним доходом підприємства обсягом випущеної продукції та податковою ставкою. Отримано розв'язки диференціальних рівнянь, які характеризують умови формування максимального податкового доходу держави. Розглянуто приклад обробки статистичної інформації діяльності фірми.*

Ключові слова: *податкова ставка, дохід, обсяг продукції, математична модель, умови екстремуму.*

Вступ. Метою дослідження є знаходження оптимального обсягу випуску продукції, який за фіксованої податкової ставки забезпечує максимальний дохід підприємства, та знаходження податкової ставки, яка, впливаючи на обсяг випуску продукції, забезпечує для держави максимальну суму податкових відрахувань.

Податок на прибуток на сьогодні є одним з найважливіших із групи прямих податків у податковій системі України. Він має дуже важливе фіскальне значення, чим відрізняється від аналогічних податків в економічно розвинених країнах. Це обумовлено, перш за все, пропорціями в розподілі ВВП, що склалися історично в централізовано-плановій економіці. Основну масу доходів бюджету становили надходження від державних підприємств і досить незначну – податки з населення, оскільки штучно стримувався фонд споживання і збільшувався фонд нагромадження. В нинішніх умовах ймовірним є поступове вирівнювання між фондом споживання і фондом нагромадження, наслідком чого стане збільшення бюджетного значення прибуткового податку з громадян і зменшення податку на прибуток підприємств.

Податок на прибуток підприємств, крім великого фіскального значення, має й широкі можливості для регулювання і стимулювання підприємницької діяльності. Цей вплив може здійснюватись як завдяки диференціації ставок оподаткування по різних видах діяльності, так і завдяки поданню пільг у виробництві пріоритетних товарів.

Розглянемо економічну ситуацію щодо дій уряду держави з оподаткування підприємств і фірм і визначимо, як пов'язані прибуток фірми та обсяг податків, що надходять державі за даної податкової ставки.

Методи досліджень. Задача досліджувалась методом математичного моделювання. Для побудови математичної моделі розрахунку прибутку фірми в залежності від податкової ставки та змінного обсягу готової продукції введемо наступні позначення. Нехай ціна на продукцію $p(q) = a - bq$, $a > 0, b > 0$, тобто лінійно зменшується зі збільшенням обсягу готової продукції на ринку, а витрати $C = C(q)$ залежать від обсягу продукції q таким чином: $C(q) = cq^2 + dq + e$, де a, b, c, d, e – деякі додатні числа. Нехай податок є акцизом зі ставкою t , тобто з кожної проданої одиниці товару держава одержує податок t , і податкова сума становить $T = tq$. Тоді фірма має прибуток

$$P(q) = pq - C(q) - T = q(a - bq) - cq^2 - dq - e - tq. \quad (1)$$

Для того, щоб максимізувати прибуток, фірма шукає оптимальний обсяг виробництва. Обчислимо похідну функції прибутку (1):

$$P'(q) = a - 2bq - 2cq - d - t = a - d - t - 2q(b + c). \quad (2)$$

Перевіримо необхідні умови екстремуму. Для цього прирівняємо до нуля похідну функції прибутку (2): $P'(q) = 0$; $2q(b + c) = a - d - t$. Дістанемо критичну точку:

$$q^* = \frac{a - d - t}{2(b + c)}. \text{ Оскільки } P'(q) = -2(b + c) < 0, \text{ то згідно з достатніми умовами}$$

локального екстремуму q^* - справді точка максимуму. Оскільки $t > 0$, то така податкова ставка призводить до зниження оптимального випуску продукції.

Для прогнозування дій уряду зі встановлення податкової ставки обчислимо податковий доход держави:

$$T = tq = \frac{t(a - d - t)}{2(b + c)} = \frac{-t^2}{2(b + c)} + \frac{(a - d)t}{2(b + c)} = \frac{1}{2(b + c)}[-t^2 + (a - d)t], \quad (3)$$

тобто в крива доходів держави є параболою, вітки якої напружені вниз.

Похідна функції податкового доходу держави (3):

$$T' = \frac{1}{2(b + c)}[-2t + (a - d)]. \quad (4)$$

Визначимо критичні точки з умови $T' = 0$:

$$2t = a - d, \quad t = \frac{a - d}{2}. \quad (5)$$

Оскільки друга похідна (похідна від (4)) дорівнює $T'' = -\frac{1}{b + c} < 0$, то максимум

досягається при $t^* = \frac{a - d}{2}$ і становить

$$T^* = t^* \cdot q^* = \frac{1}{2(b + c)} \left[-\frac{(a - d)^2}{4} + \frac{(a - d)^2}{2} \right] = \frac{(a - d)^2}{8(b + c)}. \quad (6)$$

Оптимальний випуск продукції при значенні податкової ставки t^* становить q_1 і відповідний прибуток фірми $P(q_1)$:

$$q_1 = \frac{a - d}{4(b + c)}; \quad P(q_1) = \frac{(a - d)^2}{16(b + c)} - e. \quad (7)$$

Прибуток фірми за податкової ставки t дорівнює

$$P(q^*) = \frac{(a - d - t)^2}{4(b + c)} - e, \quad (8)$$

звідки випливає, що зі збільшенням податкової ставки t прибуток фірми зменшується, якщо $0 \leq t \leq a - d$, і існує область значень податкової ставки при $t \geq \tilde{t} = a - d - \sqrt{4e(b + c)}$, в якій прибуток фірми від'ємний, хоча доходи держави додатні. Це відбувається тому, що за критерій вибору обсягу випуску було взято максимум прибутку фірми, але не було обумовлено, що цей максимум має бути додатним.

Якщо вважати, що при $t \geq \tilde{t}$, випуск продукції стане нульовим, то дохід держави при $t \geq \tilde{t}$, також дорівнюватиме нулю. Тому зрозуміло, що вже біля точки $\tilde{t}$ відбувається різке скорочення ділової активності.

Приклад розрахунку ставки податку, який стимулює виробництво для отримання максимального обсягу податку.

Для прикладу розглянемо застосування методу мінімальних квадратів для інтерполяції статистичних даних про стан фірми неперервною функцією квадратичного характеру. Нехай відомі статистичні дані про стан фірми для характеристики $X - \{x_i, i = 1, \dots, N\}$ та для характеристики $Y - \{y_i, i = 1, \dots, N\}$. Якщо характеристики X та Y пов'язані квадратичною залежністю, то функціональний зв'язок між ними шукаємо у вигляді функції $y = ax + bx + c$. Можна показати, що в цьому випадку коефіцієнти a, b, c обчислюються як розв'язки системи рівнянь

$$\begin{cases} a \cdot m_{x4} + b \cdot m_{x3} + c \cdot m_{x2} = m_{x2y}, \\ a \cdot m_{x3} + b \cdot m_{x2} + c \cdot m_x = m_{xy}, \\ a \cdot m_{x2} + b \cdot m_x + c = m_y, \end{cases}$$

де

$$m_{x4} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^4; \quad m_{x3} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^3; \quad m_{x2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^2; \quad m_x = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n;$$

$$m_{x2y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n^2 \cdot y_n); \quad m_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n y_n); \quad m_y = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_n.$$

Нехай t – податкова ставка. Відомі: функція витрат фірми $C(q) = q^2 + 2$, а також дані про випуск продукції та дохід фірми протягом року помісячно. Визначимо, яким має бути податок t , щоб сумарний податок T з усієї продукції був найбільшим.

Коефіцієнти a, b, c шукаємо як розв'язок системи 3-х рівнянь:

$$\begin{cases} 408023,35a + 13654,49b + 486,96c = 83538,36; \\ 13654,49a + 486,96b + 19,49c = 3876,22; \\ 486,96a + 19,49b + c = 214,74. \end{cases} \Rightarrow a = -1, \quad b = 36, \quad c = 0.$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q_i	2,9	6,1	9,0	11,8	15,1	18,2	21,0	23,9	27,1	30,0	32,8	36,0
R_i	95,99	182,39	243	285,56	315,59	323,96	315	289,19	241,19	180	104,96	0

Отже, функція доходу фірми дорівнює $R(q) = 36q - q^2$. Запишемо функцію прибутку фірми $P(q) = R(q) - C(q) - T$. У нашому випадку $P(q) = 36q - q^2 - q^2 - 2 - tq = 36q - 2q^2 - tq - 2$. З'ясуємо, при якому значенні q функція прибутку набуває максимального значення. Оскільки необхідна умова максимуму прибутку $P'(q) = 0$, то $P'(q) = 36 - 4q - t$. Розв'яжемо рівняння $P'(q) = 36 - 4q - t = 0$, або $4q = 36 - t$. Отже, $q^* = 9 - \frac{t}{4}$. Оскільки $P''(q) = -4 < 0$, то $q = q^*$ – точка максимуму. Отже, оптимальний обсяг продукції $q^* = q_{opt}$.

q_i	q_i^2	q_i^3	q_i^4	R_i	$q_i R_i$	$q_i^2 R_i$
2,9	8,41	24,39	70,73	95,99	278,37	807,28
6,1	37,21	226,98	1384,58	182,39	1112,58	6786,73
9,0	81,00	729,00	6561,00	243,00	2187,00	19683,00
11,8	139,24	1643,03	19387,78	285,56	3369,61	39761,37
15,1	228,01	3442,95	51988,56	315,59	4765,41	71957,68
18,2	331,24	6028,57	109719,94	323,96	5896,07	107308,51
21,0	441,00	9261,00	194481,00	315,00	6615,00	138915,00
23,9	571,21	13651,92	326280,86	289,19	6911,64	165188,22
27,1	734,41	19902,51	539358,05	241,19	6536,25	177132,35
30,0	900,00	27000,00	810000,00	180,00	5400,00	162000,00
32,8	1075,84	35287,55	1157431,71	104,96	3442,69	112920,17
36,0	1296,00	46656,00	1679616,00	0,00	0,00	0,00
233,9	5843,57	163853,90	4896280,21	2576,83	46514,62	1002460,30

m_x	m_{x^2}	m_{x^3}	m_{x^4}	m_y	m_{xy}	m_{x^2y}
19,49	486,96	13654,49	408023,35	214,74	3876,22	83538,36

Підставимо добуте значення обсягу продукції у вираз сумарного одаткового доходу держави : $T = q^* \cdot t = t \left(9 - \frac{t}{4} \right) = 9t - \frac{1}{4}t^2$. Знайдемо умови, за яких T буде

максимальним. Обчислимо похідну: $T' = 9 - \frac{1}{2}t$. Знаходимо стаціонарні точки: $T' = 0$.

Дістанемо $9 - \frac{1}{2}t = 0$, $t = 18$. Тоді $q^* = 9 - \frac{18}{4} = 4,5$. Обчислимо максимальний прибуток фірми:

$$P_{\max} = P(q_{\text{opt}}) = 36 \cdot 4,5 - 2 \cdot 4,5^2 - 18 \cdot 4,5 - 2 = 38,5.$$

Оптимальний з погляду податкового законодавства акцизний податок $T_{\text{opt}} = 18 \cdot 4,5 = 81$.

Цікаво порівняти ці цифри з цифрами в разі відсутності оподаткування. При $t = 0$ розв'язок задачі на знаходження максимуму функції прибутку дав би такі результати: $q_{\text{opt}} = 9$, $P_{\max} = 160$.

Результати та обговорення. Якщо $P(q)$ - функція доходу підприємства для обсягу виробництва продукції q , обсяг виробництва q^* , що забезпечує максимальний дохід підприємства $\max_q P(q) = P(q^*)$, можна знайти з умови $P'(q) = 0$.

Наприклад, для функції ціни на продукцію $p(q) = a - bq$, $a > 0, b > 0$, та функції витрат $C(q) = cq^2 + dq + e$, де a, b, c, d, e - деякі додатні числа, оптимальний обсяг випуску продукції становить $q^* = \frac{a - d - t}{2(b + c)}$. Податковий дохід держави є максимальним

при податковій ставці $t^* = \frac{a - d}{2}$ і становить $T^* = \frac{(a - d)^2}{8(b + c)}$.

Висновки.

1. Метод математичного моделювання та знаходження розв'язків екстремальних задач дозволяє результативно проаналізувати співвідношення між оптимальним обсягом випуску продукції, максимальним доходом підприємства, фіксованою податковою ставкою, а також дозволяє аналітично визначити податкову ставку, за якої забезпечується для держави максимальна сума податкових відрахувань для держави.

2. Якщо відомі функція (правило) формування ціни на продукцію та функція витрат в залежності від обсягу виробленої продукції, а також ставка податку, математична модель дозволяє знайти обсяг випуску продукції, за якого прибуток підприємства буде максимальним.

3. Аналітичні функції зміни характеристик, наприклад, функції ціни та витрат, можна отримати з відповідних статистичних даних за методом мінімальних квадратів. Це можуть бути залежності лінійного, квадратичного, показникового, експоненціального характеру та ін.

Література.

1. *Кміль В.М.* Вплив податку на прибуток підприємств на розвиток ринкових відносин в Україні // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. – 2002. – №60-61. – С. 109-110.

2. *Ткаченко Н.М., Горова Т.М., Ільєнко Н.О.* Податкові системи країн світу та України. Облік і звітність: Навч. посібник / Під. заг. ред. Н.М. Ткаченко. – К.: Алеута, 2004. – 554 с.

3. *Кривоватий А.І., Десятнюк О.М.* Податкова система: Навч. посібник. Тернопіль: Карт-бланш, 2004. – 331 с.

4. *Грисенко М.В.* Математика для економістів: Методи й моделі, приклади й задачі: Навч. посібник/ М.В.Грисенко,.- К.:Либідь, 2007 – 720с.

Авторська довідка.

1. *О.А.Галушак*, студентка факультету ОФПД, НУХТ.

2. *О.В. Зінченко*, випускник магістратури ІМВ КДУ ім. Т.Г. Шевченка, e-mail: o.zinchenko@gmail.com.

3. *Зінченко Тетяна Володимирівна*, к. т. н., доцент, кафедра вищої математики, Національний університет харчових технологій, e-mail: zin.val@gmail.com.

ЕТИМОЛОГІЯ НАЙМЕНУВАНЬ ГРОШЕЙ В УКРАЇНСЬКІЙ МОВІ

Науменко Н.В., Булаш А.В.

Анотація. У даній роботі здійснено комплексне дослідження етимології найменувань грошей, зокрема в контексті історичного розвитку монетарної системи України. Показано, що все мовностилістичне розмаїття грошової номенклатури зумовлено не лише суспільно-економічними, а й культурними реаліями, передусім світоглядом давніх і сучасних українців, їхніми поглядами на природу та соціум, усвідомленням символічного характеру слова та дієвості словотвірних процесів.

Ключові слова: етимологія, номенклатура, гроші, грошова система, національна валюта, словотвір, символіка.

Вступ. Сьогодні, в добу глобалізації, мовні контакти виходять на якісно новий рівень. Взаємопроникнення термінів у різних науках, взаємодія іншомовних та власне українських лексем у межах сучасної економічної науки – ось далеко не повний перелік промовистих свідчень того, що мова, особливо мова професійна, – складна динамічна система. Згідно з ученням українського мовознавця О.О. Потебні, «мова в усьому без винятку символічна» [Потебня 1996, 31], і тому можна твердити, що мовні контакти в усі часи виявляли специфіку спілкування наук та культур.

Із грошима ми маємо справу щодня: здійснюючи грошові розрахунки, вживаємо лексеми «гривня», «копійка», «валюта», «готівка», «монета», «купюра», «банкнота», «долар», «євро» тощо. Як і будь-які інші слова, ці найменування мають свою історію та етимологію.

Мета роботи – на основі вивчення українських та іншомовних найменувань грошей утвердити роль мовних контактів у становленні сучасних терміносистем фінансового профілю, з'ясувати можливості образного слова та словотвору у процесах термінотворення. Для досягнення цієї мети передбачається виконати наступні **завдання**: *простежити* етимологію основних термінів, пов'язаних із фінансовими операціями; *проаналізувати* найменування головних видів валюти на території України в різні періоди становлення державності; *установити* закономірність еволюції терміна «гривня» як найменування сучасної української грошової одиниці.

Методи дослідження – аналітичний, зіставний і порівняльний, семантико-типологічний, за допомогою яких встановлено первісне значення низки слів, що їх у сучасних реаліях сприймають передусім у «грошовому» контексті (гроші, гривня, карбованець, копійка тощо), та деяких фразеологічних зворотів. **Теоретико-методологічну базу** дослідження становлять словники та довідники, пов'язані з економічною термінологією, словники іншомовних слів; наукові праці історичного профілю, присвячені розвитку грошей в Україні (В. Панченко, В. Ющенко); наукові та науково-публіцистичні статті, у яких розкриваються етимологічні підвалини української монетарної системи (Алла Коваль, П. Селігей).

Результати та обговорення. *Етимологія* – це наука, що вивчає первісне (істинне) значення слова. Слово це запозичено з грецької мови: «етимон» – «істина». Завдання її – прояснити походження і значення якогось слова через зіставлення його зі

спорідненими словами тієї самої чи іншої мови [Коваль 2000, 3]. Та чи істинним було лише первісне значення слова? Можна сказати, що слово, поки воно живе серед людей і служить їм, завжди істинне. Але розкриваючи секрети слова-назви, ми тим самим розкриваємо й секрети історії, заховані в ньому, і секрети людської думки, винахідливості, таланту.

Першоджерелом для найголовнішого в цій роботі слова – **«гроші»** послужило латинське словосполучення «grossus denarius», або «важка монета». У зв'язку з виходом динаріїв із обігу друга компонента цієї ідіоми відпала, а слово «grossus» через посередництво німецької мови потрапило до польської («grosz»), а потім – і до української. Семантика слів «важкий, вага, зважування» збереглася в численних найменуваннях грошових одиниць інших країн: англійський «фунт стерлінгів»; італійська (до запровадження євро у 2002 р.) та турецька «ліра», похідні від *libra* – «фунт»; іспанське «песо» (дослівно – «вага») у латиноамериканських державах [див. Большой 2003], або «песета» – валюта Королівства Іспанії, яка також перебувала в обігу до запровадження євро.

Згідно з «Сучасним тлумачним словником української мови», гроші – це «металеві і паперові знаки міри вартості при купівлі-продажу». Укладачі словника подають також найпоширеніші стійкі словосполучення, похідні від цієї лексеми: *«готові гроші – готівка; гребти гроші лопатою – швидко багатіти; гроші на вітер пускати – марно тратити; сипати грошима – щедро роздаровувати гроші, робити велику кількість покупок»* [Сучасний 2010, 153].

Російський відповідник слова «гроші» – **«деньги»** походить зі східних мов. Слово «тамга», у перекладі з татарської – «тавро, печатка», вказувало на спосіб виготовлення грошей – карбування. Відтак уживане у формі однини слово «деньга», що первісно означало дрібну срібну монету («таньга»), розвинулося у лексему «деньги» як міру вартості. Зокрема, Деньги – назва селища у Черкаській області, яка дає змогу твердити, що тут у давнину велася жвава торгівля. Етимологічно споріднене з нею слово «тенге» – найменування грошової одиниці Казахстану.

Велику суму грошей називають **«капіталом»**. Первісно це слово було прикметником, який вживався у сполученні з іменником «фонд», а разом це означало «основний, статутний фонд». «Грошового» змісту та «іменникової» форми слово «капітал» набуло у слов'янських мовах, де вживається також у множині. Наявне в нашій мові переносне значення цього слова: «багатство, цінність, надбання» [Сучасний 2010, 303] не лише матеріальне, а й духовне.

З латинської мови походить також лексема **«монета»** – одне з імен богині Юнони, яке в перекладі означає «порадниця»; «монетою» називалася грошова винагорода за сміливість у бою. Тому заведено вважати, що «монета» – це дар богині Юнони. Поряд із храмом богині розташовувалися карбувальні майстерні для металевих грошей, які відтак і стали називатися монетами [Селігей 2006, 34]. Як родове визначення грошей слово це відоме в англійській мові – «money».

Слово **«купюра»** веде свій родовід із французької мови. Воно означало «відрізний талон, частина цінних паперів». Українська мова засвоїла це слово у XIX столітті, надавши йому трьох значень: «паперові гроші»; «цінний папір певної номінальної вартості»; «скорочення, вирізка, зроблена в тексті». Помилково було б думати, що «купюра» – це іменник, утворений від дієслова «купити»; тут спрацьовує принцип «несправжньої», або «народної» етимології. «Одомашнення» іншомовного терміна, більш чи менш тривале, свідчить про широкі асоціативні зв'язки, ґрунтовані на осмисленні нового слова через його подібність до уже відомої власномовної лексеми.

Із французької мови запозичено й слово «**фінанси**». Первісне його значення пов'язано з латинським словом «*finis*» – кінець, закінчення, платня за закінчену роботу. Подальший рух слова через латинське *finantia* веде до французького *finance* – виплата, і саме такого значення надають йому українці. З часом для працівника фінансової сфери було утворено відповідну лексему «фінансист», поширене вживання якої свідчить про неперервність і дієвість процесу згортання терміносполучень до слів [див. Мойсієнко 2004, 17].

Слово «**валюта**» за походженням також латинське, хоча й запозичене з італійської мови. Латинське *valere* – «мати силу, ціну; коштувати» продовжується італійською дієслівною формою *valuta* – «оцінена». Отже, валюта – це стійкий грошовий знак, який має силу. Слово це включається у термінологічні словосполучення як головне (вільно конвертована валюта; валюта з обмеженою конверсією; неконвертована валюта) та похідне (валютні розрахунки, валютні банківські рахунки, валютні операції, кредитування у валюті, 10 відсотків річних у валюті тощо).

Карбованець – аналог російського слова «рубль» – є також питомо українською лексемою. Утворено його від дієслова «карбувати» – робити насічки. Тобто, буквально карбованець означає «монета з насічками на обводі». Від іншого дієслова – «рубати» – похідним є найменування російської та білоруської грошової одиниці – «**рубль**». Попервах рублем називали «обрубок» золотого або срібного зливка як засіб сплати за товари чи послуги. Хоча невдовзі їх було замінено на спеціальні грошові одиниці (як металеві, так і паперові), сама назва залишилася незмінною.

Слова «**копійка**» та «**крейцер**» містять у собі вказівку на зображення, яке карбувалося на аверсі монети. Заведено було зображати на монетах великого князя (згідно з іншою версією – Святого Георгія Звитязця) зі списом у руці, верхи на коні. Саме «спис» (російською «копье») і дав назву слов'янській розмінній монеті. Своєю чергою, поняття «крейцер» утворилося від німецького слова *Kreuz* – «хрест».

Номенклатура грошей безпосередньо пов'язана з історією грошової системи в Україні. Так, із часів Давньої Русі як гроші використовувалися звірячі шкурки («векша», або білка, еквівалентом якої було 0,33 г срібла; «куна», або куниця, яка оцінювалася в 4...6 векш).

З 50-х років XIV ст. до другого десятиріччя XV ст. у Львові випускалися місцеві монети – великі срібні руські **півгроші** з гербом Галицької Русі – левом і мідні **денарії**. В 1360-1390-х рр. карбує монети у Києві князь Володимир Ольгердович. Але в XIV-XV ст. вітчизняні монети посідали скромне місце на тогочасному грошовому ринку [Попова 2011, 6-7; Ющенко 1999, 9]. Тут курсували чеські, татарські литовські, польські, угорські, італійські, молдавські, генуезькі монети. Така строкатість грошей пояснювалась феодальною роздрібненістю, слабкістю центральної влади, відсутністю єдиного ринку, утрудненістю зв'язків між окремими українськими землями.

У XVI ст. в обігу залишалися празькі **гроші**, литовські і польські **денарії**, півгрошові монети. Набули поширення срібні **таляри**, угорські золоті **дукати**. У результаті грошової реформи 1526-1528 рр. у Польщі почали карбувати срібний грош, що дорівнював 18 денаріям. Введено лічильний **злотий**, на який ішло 30 грошів. Реальною срібною монетою злотий став у 1564 р. («**півкопка**»).

Після Люблінської унії в результаті грошової реформи Стефана Баторія в 1578-1580 рр. була створена єдина монетна система Речі Посполитої. Припинилося карбування півгроша і денаріїв, основними монетами стали **шеляги** (соліди), грош, три-й шестигрошовики, півторагрошовики, а 1580 р. польський злотий, або талар (30 грошів, або 60 півгрошів). На українських землях його називали золотий. Випускалися легкі

таляри (12,5 г чистого срібла) і важкі, або імперські (25,2 г чистого срібла). Поширилися також західноєвропейські таляри і дукати. В 1627 р. польський уряд заборонив карбувати дрібні монети, а лише таляри (90 грошів), півталяри, дукати (180 грошів). Всі вони були в обігу на українських землях у складі Речі Посполитої до кінця XVIII ст.

Із середини XVII ст. на території Української Козацької держави поширилися російські срібні і в незначній кількості мідні монети. В Московській державі уніфікація грошової системи відбулася після реформи 1534 р. Карбувалася срібна **копійка**, лічильну функцію виконував **рубль** (100 копійок). У середині XVII ст. почали карбувати мідні копійки, які витіснили срібні, але швидко знецінилися, що призвело до їх вилучення з обігу.

За Петра I була введена десяткова монетна система: *рубль, гривеник, копійка*. Протягом XVIII ст. проводилися реформи, спрямовані на стандартизацію грошового обігу в Російській державі, в тому числі Лівобережній Україні. Випускалися мідні (копійка, п'ятаки), срібні (рублі, полтинники, гривеники), золоті (до 1753 р. червінці, з 1755 р. 10-рублеві імперіали, 5-рублеві півімперіали) монети. В грошовому балансі країни значення золотих монет було незначним (2,7 %), зростало карбування мідних, і на кінець XVIII ст., питома вага срібних і мідних монет зрівнялася. З 1769 р. російський уряд почав випускати паперові гроші (асигнації). В Москві та Петербурзі були створені банки, що розмінювали асигнації на мідну монету. Російські гроші протягом XVIII ст. поширилися на українських землях, разом із піднесенням грошового господарства [Субтельний 2001, 164].

У радянські часи спільною для всіх союзних республік грошовою одиницею був рубль, хоча й називався він по-різному: в Україні – карбованець, у Білорусі – рубель, у Молдові – рубле, в Узбекистані, Казахстані, Киргизстані й Таджикистані – сом, в Азербайджані та Туркменістані – манат. Із 1992 до 1996 р. перехідною грошовою одиницею України був купоно-карбованець («купон»). Різноманіттям декору дана валюта не надто вирізнялася: на аверсі було зображено монумент засновникам Києва, на реверсі – визначні архітектурні й культурні пам'ятки (Софійський собор, Національна опера).

Сучасну грошову одиницю України – гривню – введено в обіг у 1996 році, коли після здобуття Україною незалежності виникла потреба запровадити власну валюту. Етимологія слова «**гривня**», яке позначає національну українську валюту, пізнається із історії одягу, зокрема жіночих прикрас. Віддавна на шиї носили різні прикраси – намиста, гerdани, згарди, кулони тощо. Зчаста робилися вони з дрібних металевих монет; саме тому вони й стали називатися «гривна» – тобто те, що носять на шиї. Цей звичай був поширений в Україні й подекуди зберігся й до сьогодні [Ющенко 1999, 7]. У Київській Русі гривня – срібний зливok вагою близькою фунта (400 г), яким послуговувалися як грошовою та ваговою одиницею.

Унікальна технологія виготовлення матриць, яку запровадив художник Василь Лопата, зумовила особливе кольорове вирішення та символіку зображень на аверсі (портрети державних і культурних діячів) та реверсі банкнот (історичні пам'ятки) [Енциклопедія 2010, 101]. Сучасні паперові гривневі купюри мають номінал від однієї до 500 гривень і за 16 років пройшли декілька видозмін у дизайні. Наприклад, купюра номіналом 1 гривня спершу мала зелено-коричнєве, потім оливкове і нарешті – синьо-жовте кольорове вирішення, а зображення руїн Херсонеса (з 1992 р.) змінилося панорамою граду Володимира у Києві.

ВИСНОВКИ. Етимологія назв грошових одиниць, купюр і монет здатна розповісти про те, як раніше виготовляли та декорували гроші, звідки вони походять, які

предмети використовувалися як гроші під час фінансових операцій. Із окремих назв в уважного читача поступово складатиметься мозаїчна картина життя українського народу в минулі віки: кожна назва, коли знаєш її походження і значення, перестає бути звичним найменуванням розмінної монети, грошової одиниці, – вона стає свідченням історії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Большой иллюстрированный словарь иностранных слов.* – М. : ЭКСМО-Пресс, 2003. – 848 с.
2. *Коваль А.П.* Знайомі незнайомці : походження назв міст України / Алла Коваль. – К. : Наукова думка, 2000. – 133 с.
3. *Мойсієнко А.К.* Динамічний аспект номінації : монографія / Анатолій Мойсієнко. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2004. – 100 с.
4. *Попова Л.М.* Казначейська система [Текст] : навч. посібник / Л.М. Попова, С.М. Попова, В.І. Успенко. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 164 с.
5. *Потебня О.О.* Думка і мова / Олександр Потебня // Антологія світової літературно-критичної думки. – Л. : Літопис, 2004. – С. 31-41.
6. *Селігей П.* З грошима й у пеклі не пропадеш [Електронний ресурс] / Пилип Селігей. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/dyvoslovo.2006>
7. *Субтельний О.* Україна : історія / Орест Субтельний. – 3-тє вид., стереотипне. – К. : Либідь, 2001. – 512 с.
8. *Сучасний тлумачний словник української мови* / уклад. А.М. Яковлева, Т.М. Афонська. – Х. : ТОРСІНГ ПЛЮС, 2010. – 672 с.
9. *Энциклопедия юного капиталиста.* – К. : НОРА-ДРУК, 2010. – 157 с.
10. *Ющенко В.А.* Історія української гривні / Віктор Ющенко, Володимир Панченко. – К. : Вид-во «Бібліотека українця», 1999. – 112 с.

Авторська довідка.

*Науменко Наталія Валентинівна, д. філол. н., професор; кафедра українознавства, Національний університет харчових технологій, e-mail: flam1@voliacable.com
Булаш Андрій Володимирович, студент V курсу, факультет економіки і менеджменту, Національний університет харчових технологій.*

ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ РОБОЧОЇ СИЛИ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ВАЛОВОГО ДОХОДУ

О.І. Радзівська Н.В. Бортніченко

Анотація. Для однорідної виробничої функції, яка залежить від двох факторів: затрат труда і капіталу, розглянуто задачу розподілу робочої сили для максимізації валового доходу. На прикладі виробничої функції Коба-Дугласа встановлено зміст множника, який входить в цю функцію, при оптимальному розподілі ресурсів.

Ключові слова: виробнича функція, функція Кобба-Дугласа, основні фонди, затрати труда, капітал

Вступ. Якщо відома динамічна виробнича функція $Y(t)$, яка залежить від двох факторів: капіталу $K(t)$ і робочої сили $L(t)$, що має вартісний еквівалент, тобто задано рівняння

$$Y(t) = F(K(t), L(t)),$$

то виникає задача знаходження максимального валового доходу за період часу T , коли, наприклад, задано явний вигляд функції $K(t)$, а загальні витрати на робочу силу дорівнюють $L_0(T)$.

Математичну постановку цієї задачі можна сформулювати наступним чином: на множині функцій, які задовольняють обмеженням

$$\int_0^T L(t) dt = L_0(T)$$

знайти максимум функціонала

$$\int_0^T F(K(t), L(t)) dt.$$

В даній роботі ми отримаємо розв'язок цієї задачі і зробимо аналіз встановлених результатів для конкретних функцій F .

Методи дослідження. Розглянемо динамічну модель виробничої функції $Y(t)$, яка залежить від двох факторів:

$K(t)$ - основних фондів (капіталу) і $L(t)$ - затрати труда, де $t \in [0, T]$. Тоді $Y(t)$ має вигляд:

$$Y(t) = F(K(t), L(t)). \quad (1)$$

З рівняння (1) випливає, що загальний дохід $Y(T)$ за період $[0, T]$ становить:

$$Y(T) = \int_0^T Y(t) d\tau = \int_0^T F(K(t), L(t)) dt \quad (2)$$

Розподіл робочої сили має бути підпорядкований задачі максимізації валового доходу $Y(T)$ і припускаючи, що виробнича функція (1) допускає перерозподіл робочої сили, розглянемо наступну задачу:

$$\int_0^T F(K(t), L(t)) dt \rightarrow \max_{L(t)}, \quad (3)$$

$$\int_0^T L(t) dt = L_0(T). \quad (4)$$

Будемо вважати функції $K(t)$ та $L(t)$ неперервними, тоді оптимізаційна задача (3)-(4) може бути розв'язана методами варіаційного числення. В такому випадку необхідна умова максимуму задачі (3)-(4) матиме вигляд:

$$\frac{\partial F}{\partial L} = \mu, \quad (5)$$

де μ - множник Лагранжа. Припускаємо, що виробнича функція є однорідною порядку p , тобто задовольняє умову:

$$F(tK, tL) = t^p F(K, L).$$

Тоді для неї виконується властивість:

$$\frac{\partial F}{\partial L} \cdot L + \frac{\partial F}{\partial K} \cdot K = pF(K, L).$$

Помножимо ліву і праву частину цієї рівності на $\frac{1}{L}$, маємо

$$\frac{\partial F}{\partial L} + \frac{\partial F}{\partial K} \cdot \frac{K}{L} = \frac{p}{L} \cdot F(K, L). \quad (6)$$

Позначимо через $k = \frac{K}{L}$.

Тоді враховуючі то, що $\frac{1}{L^p} F(K, L) = F(\frac{K}{L}, 1)$, одержуємо

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial L} + \frac{k}{L^{p-1}} \frac{\partial F}{\partial k} &= \frac{p}{L^{p-1}} F(k, 1), \\ \frac{\partial F}{\partial L} &= \frac{1}{L^{1-p}} \left(pF(k, 1) - k \frac{\partial F}{\partial K} \right). \end{aligned}$$

Позначимо $v(k) = \left(pF(k, 1) - k \frac{\partial F}{\partial K} \right)$, тоді з (5) маємо

$$k^{1-p} v(k) = \mu K^{1-p}. \quad (7)$$

З рівняння (7) знаходимо $k^* = k^*(\mu, K, p)$.

Отже, оптимальний розподіл затрат труда буде визначатися наступним чином

$$L^*(t) = \frac{K(t)}{k^*(\mu, K, p)}, \quad (8)$$

де μ знаходиться з рівняння (4)

$$\int_0^T \frac{K(t)}{k^*(\mu, K, p)} dt = L_0(T). \quad (9)$$

Розглянемо застосування приведених вище міркувань для виробничої функції Кобба - Дугласа:

$$Y(t) = F(K(t), L(t)) = A(t)K^\alpha(t)L^\beta(t), \quad (10)$$

де параметри α та β постійні, $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $\alpha + \beta = 1$. Тоді $p = 1$ і

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial L} &= \frac{\partial F}{\partial L} = A(t)K^\alpha(t)\beta \cdot L^{\beta-1}(t) = A(t)K^\alpha\beta \cdot L^{-\alpha}(t) = \\ &= \beta \cdot A(t) \cdot \frac{K(t)^\alpha}{L(t)^\alpha} = \beta \cdot A(t) \cdot k^\alpha(t) \\ \mu(t) &= \beta \cdot A(t) \cdot k^\alpha, \end{aligned}$$

А розв'язок рівняння (7) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} (k^*(t))^\alpha &= \frac{\mu}{\beta \cdot A(t)}, \\ k^*(t) &= \left[\frac{\mu}{\beta \cdot A(t)} \right]^{1/\alpha}. \end{aligned} \quad (11)$$

Підставивши (11) в рівняння (9), отримаємо:

$$\int_0^T \frac{K(t)\beta \cdot A^{1/\alpha}(t)}{\mu^{1/\alpha}} dt = L_0(T) \quad \text{і} \quad \mu^{1/\alpha} = \frac{1}{L_0(T)} \int_0^T \beta^{1/\alpha} K(t) A^{1/\alpha}(t) dt.$$

Отже,

$$k^*(t) = \frac{\int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt}{L_0(T) A^{1/\alpha}(t)},$$

Тепер знайдемо рівняння оптимального розподілу робочої сили, використовуючи формулу (8):

$$L^*(t) = \frac{L_0(T) A^{1/\alpha}(t) K(t)}{\int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt}.$$

Проаналізуємо величину валового доходу за період часу T з оптимального використання робочої сили.

Підставивши знайдений оптимальний розподіл робочої сили в рівняння (10), отримаємо:

$$\begin{aligned} Y(T) &= \int_0^T Y(t) dt = \int_0^T \frac{L_0^\beta K^{\alpha+\beta}(t) A^{1+\beta/\alpha}(t)}{\left(\int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt \right)^\beta} = \frac{L_0^\beta \int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt}{\left(\int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt \right)^\beta} = \\ &= L_0^\beta \left(\int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt \right)^{1-\beta}. \end{aligned}$$

Позначимо $K(T) = \int_0^T K(t) A^{1/\alpha}(t) dt$.

Тоді вираз для валового доходу за період має вигляд

$$Y(T) = K^\alpha(T) L_0^\beta(T).$$

Тут $K(T)$ основні фонди в момент часу T

Результати та обговорення. Проаналізуємо зміст множника $A(t)$, що входить в функцію Кобба-Дугласа. Для цього припустимо, що основні фонди змінюються за законом $K(t) = e^{-0,5t}$, функція $A(t) = e^{0,01t}$, параметри $\alpha = \beta = 0,5$ і період $T = 1$. Знайдемо обсяг основних фондів в час T : а) якщо $K(T)$ не є частиною функції Кобба-Дугласа; б) $K(T)$ входить в функцію Кобба-Дугласа.

З формули (12) маємо:

$$\text{а) } K_1 = \int_0^1 e^{-0,5t} dt = 0,782,$$

$$\text{б) } K_2 = \int_0^1 e^{-0,5t} e^{0,02t} dt = 0,789.$$

Отже, функція $A(t)$ характеризує, як оптимальний розподіл трудових ресурсів впливає на переоцінку основних фондів.

Висновки.

1. Знайдено оптимальну функцію затрат труда, яка задовольняє нелокальні крайові умови.
2. Встановлено зміст множника, що входить у виробничу функцію Кобба-Дугласа.

Література:

1. О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.И. Черемных. Математические методы в экономике. Из-во «ДИС» Москва, 1998, 365с.
2. О.И. Саламанов. Математическая экономика с применением Mfthcad и Excel, СПб: Петербург, 2003, 464с.
3. Л.С. Тарасевич, В.М. Гальперин, С.М. Игнатьев. 50 лекций по микроэкономике, Из-во «Экономическая школа», 2000, 465с.
4. Ю.В. Покорный. Краткий курс математической теории оптимальных задач, «Центрально-Черноземное книжное из-во», Воронеж, 2007, 137с.

Авторська довідка:

1. Бортніченко Наталія Вікторівна, студентка Національного університету харчових технологій факультету ЕІМ 3 курсу.
2. Радзієвська Олена Іванівна, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри вищої математики Національного університету харчових технологій,
e-mail: radz158@mail.ru

АННОТАЦИИ

ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЯГОД ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ

Симахина Г.А., Науменко Н.В., Халасина С.В.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

В статье наведены результаты экспериментальных исследований биологической ценности ягод черноплодной рябины. Установлено, что они являются богатым естественным источником целого комплекса биологически активных соединений. Поэтому использование дикорастущих ягод в технологиях новых пищевых продуктов – научно обоснованный, технологически целесообразный и экономически выгодный путь расширения спектра продукции оздоровительного действия.

ДЕСТРУКЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ *NOCARDIA VACCINIИ K-8 TA ACENITOBACTER CALCOACETICUS IMB B-7241*

Антонюк С.О.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

На сегодняшний день проблема очистки окружающей среды от ксенобиотиков ароматической природы является чрезвычайно актуальной в связи с их выраженными канцерогенными и мутагенными свойствами. Биотехнологические разработки могут стать альтернативой физическим и химическим методам ремедиации благодаря высокому деструктивному потенциалу микроорганизмов, экологической безопасности и экономической целесообразности. Показано, что нефтеокисляющие бактерии *Nocardia vacciniИ K-8* и *Acenitobacter calcoaceticus IMB B-7241* асимилировали субстраты ароматической природы и синтезировали при этом практически ценные поверхностно-активные вещества. Установлено, что в случае культивирования инокулята штаммов K-8 и IMB B-7241 в жидкой минеральной среде с ароматическими соединениями рост исследуемых штаммов интенсифицировался в 1,5–2 раза по сравнению с использованием посевного материала с мясо-пептонного агара. *N. vacciniИ K-8* и *A. calcoaceticus IMB B-7241* перспективно использовать для очистки окружающей среды от ксенобиотиков ароматической природы.

Ключевые слова: *Nocardia vacciniИ K-8*, *Acenitobacter calcoaceticus IMB B-7241*, ароматические соединения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMB Ac-5017 ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЬЮ И ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Филук И.В.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Установлено, что степень деструкции нефти в воде при обработке препаратами поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Rhodococcus erythropolis IMB Ac-5017* существенно повышалась в результате добавления 0,01 mM Cu^{2+} (55–70 %), по сравнению с вариантами без катионов меди (30 %). Показано, что внесение 0,05–0,1 mM Cu^{2+} в среду культивирования штамма IMB Ac-5017 с пережаренным подсолнечным маслом и глюкозой или гексадеканом сопровождалось интенсификацией синтеза ПАВ на 40 % по сравнению с показателями на средах без катионов меди. Установлено, что активность алкангидроксилазы *R. erythropolis IMB Ac-5017* возрастала в 1,5 и 2 раза при наличии 0,05 и 0,1 mM Cu^{2+} соответственно в реакционной среде.

Ключевые слова: очистка воды, поверхностно-активные вещества, катионы меди, *Rhodococcus erythropolis IMB Ac-5017*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЕТОК И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *NOCARDIA VACCINIИ K-8* В ПРОЦЕССА БИОРЕМЕДИАЦИИ

Гриценко Н.А., Софилканич А.П., Конон А.Д.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Установлена возможность использования клеток *Nocardia vacciniИ K-8*, а также их метаболитов для очистки экосистем от нефтяных загрязнений. Показано, что через 30 суток максимальная степень деструкции (94–98 %) нефти (2,6 г/л) в воде наблюдалась при обработке суспензией клеток *N. vacciniИ K-8* ($9,8 \cdot 10^7$ КОЕ/мл), в то время как для очистки загрязненной нефтью почвы (20 г/кг) эффективным оказался препарат

— Аннотации —

ПАВ (100–300 мл/кг) в виде постферментационной культуральной жидкости (деструкция 74–83 % нефти). Кроме того, внесение 30 мл данного препарата приводило к 90 % отмыванию песка от нефти (0,1 мл нефти/1 г песка).

Ключевые слова: *Nocardia vaccini* K-8, поверхностно-активные вещества, нативная микрофлора, нефтяные загрязнения

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТОПЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ЦЕЛЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, г. Киев, Украина

Инженер проектировщик ООО «ЛИК», г. Киев, Украина

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Д.В. Левчий

М.А. Левчий

Н.В. Медведь

В работе рассмотрены возможные направления энергосбережения на промышленных объектах. Предложены пути снижения расходов на отопление за счет оптимизации на этапе проектирования геометрических параметров здания и эффективного использования отопительных приборов. Показана математическая модель системы отопления промышленного здания с примером расчета финансовой эффективности для реального объекта.

Ключевые слова: энергосбережение, система отопления, теплопотери здания, тепловой насос.

СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРАХМАЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ

Самойленко И.П., Корецкая И.Л., Ковалевская Е.И.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Проведены экспериментальные исследования и определены гидрофильные свойства модифицированных крахмалов, температуры клейстеризации и стойкость крахмальных клейстеров. Определено влияние модифицированных крахмалов на пенообразующую способность и стойкость пены. Определен оптимальный гидромодуль для возобновленного сухого яичного белка при добавлении разных крахмалов.

Ключевые слова: эмульсия, модифицированные крахмалы, гидромодуль, пенообразование, синерезис.

ОБОСНОВАНИЕ СРОКА ХРАНЕНИЯ ПАСТООБРАЗНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПРЯНОСТЯМИ

Юценко Н.М., Кузьмик У.Г.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Авторами разработан рецептурный состав творожных изделий с композициями различных видов пряностей. Установлены рекомендуемые дозы внесения созданных композиций пряностей, определено органолептические и физико-химические показатели образцов разработанных продуктов.

Ключевые слова: творог, творожные изделия, пряности.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ОБОГАЩЕННЫХ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ

Шаран Л.А., Бурая Г.М., Шаран А.В.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Проведены аналитические и экспериментальные исследования, на основе которых усовершенствована технология мучных кондитерских изделий, обогащенных продуктами переработки морских водорослей. Исследовано влияние выбранных носителей йода на физико-химические процессы в тесте; качество и пищевую ценность готовых изделий; влияние бурых водорослей на процесс хранения кексов. С учетом степени усвояемости йода из морских добавок и потерь основного элемента при технологическом процессе изготовления кексов установлено оптимальное дозирование продуктов переработки морских водорослей.

Ключевые слова: мучные кондитерские изделия, продукты переработки морских водорослей, оптимальная дозировка, показатели качества.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СИНТЕЗА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 НА ЭТАНОЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

Конон А.Д., Чеботарева К.В.

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

Установлено, что нейтрализация среды раствором КОН в процессе культивирования *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 с последующим внесением в конце экспоненциальной фазы фумарата (0,01 %, предшественник глюконеогенеза) и цитрата (0,01 %, регулятор синтеза липидов) сопровождалось повышением количества синтезированных ПАВ в 1,2 раза по сравнению с показателями аналогичного процесса без нейтрализации и в 3,5 раза по сравнению с культивированием бактерий на этаноле без органических кислот и регуляции pH. Повышение синтеза ПАВ в присутствии органических кислот обусловлено увеличением в 1,7–7 раз активности ферментов биосинтеза гликолипидов и аминоллипидов, а также одновременным функционированием двух анаплеротических путей.

Ключевые слова: *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241, поверхностно-активные вещества, фумарат, цитрат, интенсификация биосинтеза

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СИНТЕЗА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *NOCARDIA VACCINII* К-8 НА ГЛИЦЕРИНЕ ВНЕСЕНИЕМ ЭКЗОГЕННЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

Д.И. Хомяк, Н.В. Кудря

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Показана возможность интенсификации биосинтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) при культивировании *Nocardia vacciniі* К-8 на глицерине внесением экзогенных предшественников углеводной и липидной природы. Добавление глюкозы (0,05 %) и подсолнечного масла (0,1 %) в культуральную жидкость в начале стационарной фазы роста штамма К-8 приводит к повышению синтеза ПАВ на 45–50 % по сравнению с показателями на среде без экзогенных предшественников.

Ключевые слова: *Nocardia vacciniі* К-8, поверхностно-активные вещества, глицерин, интенсификация биосинтеза.

ШТАММОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТРУТОВИКА ЛАКИРОВАННОГО *GANODERMA LUCIDUM* (CURTIS: FR.) P. KARST.

Кирпушко О.В.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Проведенные экспериментальные исследования определения морфолого-культуральных признаков новых штаммов трутовика лакированного, которые были выделены из плодовых тел, собранных на территории Украины. На основе полученных данных отобрано штамм *G. lucidum* 2067, как наиболее перспективный для дальнейшего внедрения в промышленное грибоводство и другие биотехнологии.

Ключевые слова: трутовик лакированный, *G. lucidum*, температура, рост.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ОКИСЛЕНИЮ

Усатюк С.И., Пелехова Л.С., Сус Л.В.

Национальный университет пищевых технологий

Проведены исследования с целью определения соответствия показателей качества и безопасности подсолнечного масла с повышенной стойкостью к окислению требованиям ДСТУ 4492:2005. В результате исследований установлено, что масло с повышенной стойкостью к окислению отвечает требованиям нормативно-технической документации предъявляемым к маслу подсолнечному нерафинированному.

Ключевые слова: подсолнечное масло, качество, безопасность

БЕЗГЛЮТЕНОВЫЕ МАФФИНЫ ДЛЯ БОЛЬНЫХ ЦЕЛИАКИЕЙ

Дорохович А.М., Лазоренко Н.П.

Национальный университет пищевых технологий

Проведены теоретические и экспериментальные исследования, на основе которых разработана технология маффинов для больных целиакией. На основе проведенных исследований определили оптимальное соотношение основных сырьевых рецептурных ингредиентов, что позволило получить тесто и готовые маффины с качественными технологическими показателями.

Ключевые слова: маффины, целиакия, фруктоза, безглютеновая мука.

**ПРЕПАРАТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
ЭФИРНОГО МАСЛА ТМИНА**

*Усатюк Е.М., Науменко К.А., Чепель Н.В., Фролова Н.В., Усенко В.А.
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований разработки способа препаративного разделения узких фракций эфирных масел с выделением индивидуальных ароматических компонентов. Получены ароматические компоненты эфирного масла тмина (*Carum carvi* L.) высокой степени чистоты и в концентрированном виде.

Ключевые слова: эфирное масло, ароматический компонент, препаративная хроматография.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ЗАВЕДЕНИЙ РЕСТОРАННОГО
ХОЗЯЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСТРУДЕРА**

*Арсеньева Л.Ю., Калининченко А.А., Яценко В.С.
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

Теоретически обосновано перспективы использования вешенки обыкновенной для обогащения хлебобулочных изделий. Разработана технология хлебных палочек оздоровительного предназначения с применением холодной экструзии в условиях заведений ресторанного хозяйства. Исследовано течение микробиологических и биохимических процессов в тесте под влиянием повышенного давления, создаваемого в камере бродильно-формующего агрегата (экструдера).

Ключевые слова: хлебные палочки оздоровительного предназначения, вешенка обыкновенная, бродильно-формующий агрегат, экструдер, экструзионная технология, холодная экструзия, повышенное давление.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ
СРЕДСТВ**

*Ивашута В.А.
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

Установлена эффективность препаратов на основе наносеребра «Деарген-200» и «Аргенвит». Средство «Деарген-200» в концентрации 0,01% имеет 100% бактерицидную, фунгицидную и вирулицидную активность при экспозиции 2 часа. Максимальная спороцидная активность составляла 97,5%. Препарат «Аргенвит» в концентрации 1% влodeет 100% эффективностью в отношении бактерий и грибов при экспозиции 3 часа. Спороцидная активность средства проявилась после 24 часов экспозиции при применении 10% раствора. Сравнительный анализ нанопрепаратов позволил предположить, что в состав средства «Деарген-200» кроме наносеребра входят дополнительные дезинфицирующие вещества.

Ключевые слова: дезинфицирующее средство, специфическая активность, эффективность препарата, наносеребро.

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**КООРДИНАЦИЯ ПОДСИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТК) САХАРНОГО ЗАВОДА
С УЧЕТОМ НЕДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Шумигай Д.А., Бойко Р.О.
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

В статье рассматривается подход к постановке расширенной задачи координации в технологических комплексах непрерывного типа. В частности рассматривается сложный технологический комплекс сахарного завода. Описаны основные особенности решения поставленной задачи координации.

Ключевые слова: принципы координации, подсистемы технологического комплекса, нечеткие знания, временные ряды, функция цели.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАЧАЛЬНОГО СИРОПА ВАКУУМ-АППАРАТОВ
ДЛЯ УВАРИВАНИЯ САХАРНОГО УТФЕЛЯ.**

*Коцюбанский А.Н., Мирончук В.Г.
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина*

В статье проанализировано влияние начального сиропа на качественные характеристики утфеля на примере двух конструкций вакуум-аппаратов ВМА-600 и ВАМЦ-600. Проведено исследование влияния и нахождение рациональной величины начального сиропа с применением разработанной имитационной модели работы вакуум аппарата. Проведенные вычислительные эксперименты показали, что величина начального сиропа должна составлять 30-33%. Увеличение величины начального сиропа не позволяет получить качественный утфель вследствие ограниченного объема вакуум-аппарата, а уменьшение ниже 30% не удовлетворяет условиям текучести утфеля.

Ключевые слова: вакуум-аппарат, утфель, кристаллизация, начальный сироп.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНА В КОНВЕКТИВНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧАХ

Ковалёв А.В., Доломакин Ю.Ю., Федоров В.М., Логвинский Р.В.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина.

Приведены теоретические расчеты и практические измерения параметров теплообмена в рабочей камере конвективных хлебопечных печей. Определен характер распространения скоростей воздуха по высоте печной камеры. Получены данные о кинетике прохождения процессов при выпечке тестовых заготовок.

Ключевые слова: теплообмен, конвективные хлебопечные печи.

ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЛАПЛАСА И РАЗНОСТНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Повзик А.О., Юрик И.И.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Рассматривается разностное уравнение второго порядка. Используя операционное исчисление, в частности Z-преобразование, построены решения, которые удовлетворяют ненулевым начальным и граничным условиям.

Ключевые слова: разностные уравнения, дискретные преобразования Лапласа, решение.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ДИФфуЗИОННОГО СОКА

Парахоня А.Н., Пушанко Н.Н.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Рассмотрены особенности проведения гидромеханической очистки диффузионного сока. Обработаны результаты исследований выполненных на Гайсинском сахарном заводе в производственный период 2011 года. Они показали неудовлетворительный характер очистки диффузионного сока который идет на производство. Найдены причины неудовлетворительной работы мезголовушек. Разработана новая усовершенствованная конструкция мезголовушки ротационного типа.

Ключевые слова: мезга, мезголовушка, диффузионный сок.

ОБОБЩЕННЫЕ КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА В ЗАДАЧАХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Л.В. Артюхова, Н.Н. Руценко, Т.В. Зинченко

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Выполнен анализ различных способов формирования обобщенных критериев качества для формирования целевых функций в задачах многокритериальной оптимизации. В зависимости от типа целевой функции и характера ограничений используются аналитические методы, методы математического программирования или итерационные, методы исследования операций. Предложены целевые функции для решения практических задач оптимизации в экономике и пищевой промышленности (оптимизация рецептурного состава продукта).

Ключевые слова: математическая модель, многокритериальная оптимизация, целевая функция, обобщенный критерий качества.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОФЕ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ СЛИВОК

И.Н. Кожуховская, А.П. Зинькевич, Е.Н. Сологуб

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

— Аннотации —

В результате исследования реального процесса (добавление сливок в кофе) получили дифференциальную модель изменения температуры кофе при добавлении к нему сливок в определенные моменты времени. На основании этого, учитывая естественные предположения, выполнены числовые расчеты и определено как повлияли добавки на температуру кофе.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, температура кофе, влияние добавок, закон изменения температуры кофе.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОПТИМИЗАЦИЯ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.А. Галушак, А.В. Зинченко, Т.В. Зинченко

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Методом математического моделирования исследован характер зависимости между максимальным доходом предприятия, объемом выпущенной продукции и налоговой ставкой. Получены решения дифференциальных уравнений, которые характеризуют условия формирования максимального налогового дохода государства. Рассмотрен пример обработки статистической информации деятельности фирмы.

Ключевые слова: налоговая ставка, доход, объем продукции, математическая модель, условия экстремума.

ЭТИМОЛОГИЯ НАИМЕНОВАНИЙ ДЕНЕГ В УКРАИНСКОМ ЯЗЫКЕ

Науменко Н.В., Булаш А.В.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

В данной работе осуществлено комплексное исследование этимологии наименований денег, в частности – в контексте исторического развития монетарной системы Украины. Показано, что все языково-стилистическое разнообразие денежной номенклатуры обусловлено не только социально-экономическими, но и культурными реалиями, прежде всего мировоззрением древних и современных украинцев, их взглядами на природу и социум, осознанием символического характера слова и действительности словообразовательных процессов.

Ключевые слова: этимология, номенклатура, деньги, денежная система, национальная валюта, словообразование, символика.

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ СИЛЫ ДЛЯ МАКСИМИЗАЦИИ ВАЛОВОГО ДОХОДА

Радзиевская Е.И., Бортниченко Н.В.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Для однородной производственной функции, которая зависит от двух факторов: затрат труда и капитала, рассмотрена задача распределения рабочей силы для максимизации валового дохода. На примере производственной функции Кобба-Дугласа установлен смысл множителя, который входит в эту функцию при оптимальном распределении ресурсов.

Ключевые слова: производственная функция, функция Кобба-Дугласа, основные фонды, затраты труда, капитал.

ABSTRACTS

FOOD TECHNOLOGIES

MODELING HEATING PROCESSES AT THE FOOD INDUSTRY ENTERPRISES FOR DETERMINATION WAVES OF ENERGY SAVING

Taras Shvechenko Kyiv University

Dmitro Levchiiy

Engineer-designer LIC

Maria Levchiiy

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

Natalya Medvid

In this work reviewed possible directions of energy saving at industrial buildings. There proposed ways to lower expenses on heating by optimizing geometrical parameters of the building and effective usage of heating devices at the design stage. The mathematical model of heating in industrial buildings, based on which was performed a number of calculations of heat system power and total annual costs for heating, depending on the ratio of geometric parameters of the building. Also in this paper the problem of calculating the economic feasibility of installation an alternative heating - heat pump, comparing to the gas boilers. The conclusions shows that due to correct choice of geometrical parameters of the building and the rational application of combinations of different heat sources is possible to reach cost reduction of heating about 2-3 times.

Keywords: energy saving, heating system, building heating loses, heat pump

PROPERTIES OF THE MODIFIED STARCHES AND THEIR INFLUENCE ON PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF EMULSIVE SYSTEMS

Irina Samoilenko, Irina Koretska, Elisaveta Kovalevska

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

Experimental studies are undertaken and certain hydrophilic properties of the modified starches, temperature of gelation and firmness. Influence of the modified starches is certain on formation of foam and firmness of foam. The optimal duty of water is certain for proceeding in a dry egg-white at addition of different starches.

Key words: emulsion, modified starches, duty of water, pricing.

SUBSTANTIATION OF THE PERIOD OF STORAGE OF PASTE-LIKE DAIRY PRODUCTS WITH SPICES

Natalya Yuschenko, Ulyana Kuzmic

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The authors developed a recipe composition of curd articles with some compositions of various types of species. Recommended doses for the introduction of the compositions created have been determined, and organoleptic as well as physical-chemical performance of the samples of the products developed have been determined.

Key words: cottage cheese, curd products, spices.

THE IMPROVEMENT OF PASTRY PRODUCTS FORTIFIED FOODS PROCESSING MOSKYH ALGAE

Larisa Sharan, Ganna Bura, Andriy Sharan

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The technology of confectionery products fortified by processed seaweed was improved on the basement of the analytical and experimental researches. The influence of selected iodine carrier on physical and chemical processes in the dough; the quality and nutritional value of finished products and the impact of kelp on the process of storing cakes was studied. The optimum dosage of processed seaweed taking into account the assimilation degree of iodine from sea additions and losses of the main element during technological process of cakes was installed.

Key words: Confectionery products, by-products of marine algae, the optimum dosage, quality.

—Abstracts—

INTENSIFICATION OF SYNTHESIS OF SURFACTANTS BY *NOCARDIA VACCINII* K-8 ON GLYCEROL AFTER INTRODUCTION OF EXOGENOUS PRECURSORS

Danylo Khomyak, Nadiya Kudrya

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The possibility of surfactant biosynthesis intensification by the introduction of exogenous precursors of carbohydrate and lipid nature into the *Nocardia vaccinii* K-8 cultivating media with glycerol was shown. Addition of glucose (0.05 %) and sunflower oil (0.1 %) into the cultural liquid in the early stationary phase of strain K-8 growth led to increased synthesis of surfactant by 45-50 % compared to a medium without exogenous precursors.

Keywords: *Nocardia vaccinii* K-8, biosurfactants, glycerol, intensification of biosynthesis.

STAIN DIVERSITY TINDER LACQUERED *GANODERMA LUCIDUM* (CURTIS: FR.) P. KARST.

Kirpushko Oksana

National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine

Experimental studies determining the morphological and cultural characteristics of new strains of tinder lacquered, which were isolated from fruiting bodies collected in the territory of Ukraine. Based on the data selected strain of *G. lucidum* in 2067 as the most promising for future implementation in industrial mushroom and other biotechnologies.

Key words: tinder lacquered, *G. lucidum*, temperature, growth.

DETERMINATION OF QUALITY AND SAFETY IN OXIDATIVE STABILITY OIL

Svitlana Usatiuk, Liubov Pelekhova, Lilia Sus

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The experimental researches of quality and safety of the sunflower oil with oxidative stability according to DSTU 4492:2005 have been conducted. The researches have showed that the sunflower oil with oxidative stability meets the requirements of the technical documents to unrefined sunflower oil.

Keywords: sunflower oil, quality, safety.

MUFFIN GLUTEN-FREE FLOUR FOR PATIENTS WITH CELIAC DISEASE

Antonella Dorohovych, Natasha Lazorenko

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

There are lead theoretical and experimental studies on which a technology muffin for patients with celiac disease. On the basis of the studies were optimal mix of basic raw ingredients are, making it possible to get dough and ready muffin quality of technological parameters.

Key words: muffin, celiac disease, fructose, gluten-free flour.

PREPARATIVE SEPARATION OF INDIVIDUAL AROMATIC COMPONENTS OF CARAWAY ESSENTIAL OIL

Olena Usatiuk, Kseniia Naumenko, Nataliia Chepel, Nataliia Frolova, Vitalii Usenko

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

Annotation. The results of the theoretical and experimental research concerning the development of the separation method for essential oil individual aromatic components from the clean-cut fractions are presented. High purity aromatic compounds and compounds in concentrated form of caraway essential oil (*Carum carvi* L.) have been obtained.

Key words: essential oil, aromatic compound, preparative chromatography.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF BREAD PRODUCTS FOR RESTAURANT FACILITIES USING THE EXTRUDER

Larisa Arsenyeva, Asya Kalinichenko, Victoria Yashchenko

National University for Food Technologies, Kyiv, Ukraine

It was theoretically proved the perspectives of pleurotus using for enrichment of bakery products. The technology of bread sticks for health purpose with the use of cold extrusion for restaurant facilities was developed. It was investigated the course of microbiological and biochemical processes in the dough under the influence of higher pressure that is created in the chamber of fermenting-forming aggregate (extruder).

—Abstracts—

Key words: bread sticks for health purpose, pleurotus, fermenting-forming aggregate, extruder, extrusion technology, cold extrusion, higher pressure.

DETERMINATION OF SPECIFIC ACTIVITY OF MODERN DISINFECTANT

Ivashuta V.

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The established efficacy based nanosilver "Dearhen-200" and "Arhenvit." An "Dearhen-200" in concentration of 0.01% have 100% bactericidal, fungicidal and antiviral activity at 2 h exposure. The maximum activity in sporicidal activity was 97.5%. An "Arhenvit" in concentration of 1% has 100% efficiency on bacteria and fungi at 3 h exposure. Sporocidal product showed activity after 24 h exposure at a 10% solution. Comparative analysis nanopreparativ allowed to assume that part of the product "Dearhen-200" includes more than nanosilba disinfectant substances.

Key words: disinfectant, specific activity, efficacy, nanosilver.

PROCESSES AND EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTIONS

EFFICIENT BY INITIAL SYRUPS VACUUM PAN FOR BOILING RESTORATIVE SUGAR SOLUTION.

Andrei Kotcubansky, Valeriy Mironchuk

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The article analyzes the influence of the initial syrup on qualitative characteristics of the, restorative sugar solution by the example of two designs of vacuum devices: BMA-600 and BAMLI-600. The study of the effect and find a rational of the initial syrup using the developed simulation model of the vacuum apparatus. The performed experiments have shown that the magnitude of the initial syrup should be 30-33%. The increase of the initial syrup does not allow to obtain high-quality restorative sugar solution due to the limited amount of vacuum apparatus and a decrease below 30% does not satisfy the conditions of flow of restorative sugar solution.

Keywords: vacuum pan, restorative sugar solution, crystallization, initial syrup.

THEORETICAL CALCULATIONS AND PRACTICAL MEASUREMENT PARAMETERS CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN A BAKERY OVENS

Aleksandr Kovalev, Yuri Dolomakin, Viktor Fodorov, Ruslan Logvinskuy

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The idealized accounts and practical gaugings of arguments of thermoexchange in building bag convective baking furnaces are directed. The nature of a velocity distribution of air on height of the baking camera is determined. The datas on kinetics of a course of processes are received during batch. The received data enable to conduct modernizing constructions of the given bunch of furnaces.

Key words: thermo exchange, convection baking ovens.

DESCRETE LAPLACE TRANSFORM AND DIFFERENCE EQUATIONS

Anastasia Povzyk, Ivan Yuryk

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

A second-order difference equation is investigated. Using operational calculus, namely Z-transforms, we found some solutions satisfying nonzero initial and boundary conditions

Key words: difference equations, discrete Laplace transform, solutions.

HYDROMECHANICAL CLEANING OF DIFFUSION JUICE

Andrey Parahonya, Nikolay Pyshanko

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

The features of the hydro-treatment of the diffusion juice. Processed the results of studies carried out on Haissinsky sugar plant in the production period of 2011. They showed unsatisfactory treatment of the diffusion juice which goes into production. We find the reasons for unsatisfactory work catcher of pulp. A new improved design catcher of pulp rotary type.

Keywords: pulp, catcher of pulp, diffusion juice

—Abstracts—

GENERALIZED QUALITY CRITERIA IN PROBLEMS OF MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION

L.V. Artyukhova, N.N. Ruschenko, T.V. Zinchenko

National University of food technologies, Kiev, Ukraine

The analysis of different methods for the general quality criteria for the formation of target functions in multiobjective optimization problems was fulfilled. Depending on the type of target function and nature of the restrictions were analytical methods, methods of mathematical programming or iterative methods of operations research applied. Target functions for solving practical optimization problems in the economy and the food industry (optimization of the product compounds) were proposed.

Key words: mathematical model, multicriterial optimization, target function, a generalized quality criterion.

MATHEMATICAL MODELING OF CHANGE PROCESS OF COFFEE TEMPERATURE AT ADDING CREAM

Iryna M. Kozhukhivska, Oleksiy P. Zinkevych, Kateryna M. Solohub

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In a result of study of the real process (adding cream to coffee) there was obtained a differential model of coffee temperature change at adding cream to it at a certain time. Based on this, considering the natural assumptions there were made numerical calculations and identified how admixtures have affected coffee temperature.

Key words: differential equation, coffee temperature, influence of admixtures, the law of change of coffee temperature.

ECONOMICS AND MANAGEMENT

OPTIMIZING BUSINESS TAXES

O.A. Galuschak, O.V. Zinchenko, T.V. Zinchenko

National University of food technologies, Kiev, Ukraine

The interdependence of the maximum amount of the enterprise income, tax rate and production amount was investigated by the method of mathematical modeling. The solutions of differential equations, describing the conditions to achieve the maximum tax revenue of the state, were found. An example of the processing of the company's statistical information was described.

Key words: tax rate, income, production volume, mathematical model, extremum conditions.

ETYMOLOGY OF MONEY NAMES IN UKRAINIAN LANGUAGE

Natalia Naumenko, Andriy Bulash

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The given article represents the complex research of money names etymology, particularly – within the framework of historical development of monetary system in Ukraine. There was shown that the entire language and stylistic diversity of money nomenclature got conditioned by not only the social and economical factors, but also the cultural realia (including the worldview of ancient and modern Ukrainians, their attitude to nature and society, comprehension of word's symbolic character and the efficiency of word-making processes).

Keywords: etymology, nomenclature, money, monetary system, national currency, word-making, symbolism.

THE OPTIMAL DISTRIBUTION OF LABOR TO MAXIMIZE OF GROSS INCOME

Radziievska Olena, Bortnichenko Nataliya

National University of food technologies, Kiev, Ukraine

For homogeneous production function which depends on two factors: work expenses and capital, the problem of distribution of labor for maximizing a gross revenue is considered. On an example of production function of Kobb-Douglas the sense of a multiplier which enters into this function at optimum distribution of resources is established.

Key words: production function, function of Kobb-Douglas, basic funds, work expenses, capital.

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Редакційна колегія наукового періодичного видання «**Ukrainian Food Journal**» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

Перевага в публікації надається студентам, аспірантам та молодим вченим.

Рукописи статей рецензуються провідними вченими та спеціалістами відповідних галузей.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Необхідні елементи статті згідно вимог ВАК України:

- Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.
- Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор.
- Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.
- Формулювання цілей статті (постановка завдання).
- Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.
- Висновки з цього дослідження і перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.

Мова статті – англійська, українська або російська.

Обсяг статті — до **10 сторінок** формату А4.

Стаття виконується в текстовому редакторі Microsoft Word 2003 (більш нові версії не допускаються).

Для всіх (!) елементів статті шрифт – **Times New Roman**, кегль – **14**, інтервал – 1, абзац – 1 см.

Всі поля сторінки – по 2 см.

СТРУКТУРА СТАТТІ:

1. УДК. Вирівнювання – ліворуч.

2. **НАЗВА СТАТТІ. ВЕЛИКИМИ ЛІТЕРАМИ.** Шрифт - **ЖИРНИЙ**. Вирівнювання - по центру.

3. **Автори статті.** Вказуються в рядок. Шрифт - **Жирний**. Вирівнювання - праворуч.

4. *Установа, в якій виконана робота. Шрифт – курсив. Вирівнювання – по центру.*

5. **Назва**, автори, *установа, де виконано роботу і анотація англійською мовою (15-20 рядків). Шрифт – курсив.* Якщо вся стаття виконана англійською мовою – давати лише анотацію, без назви, авторів і установи. Переклад виконувати якісно (!).

6. **Ключові слова** англійською мовою. Шрифт - *Курсив*.

7. **Основний текст статті.** Має включати такі обов'язкові розділи:

- **Вступ**
- **Методи досліджень**
- **Результати та обговорення**
- **Висновки**
- **Література.**

При необхідності можна додавати інші розділи та розбивати їх на підрозділи.

8. Авторська довідка (автор, вчений ступінь та звання, місце роботи, електронна адреса або телефон).

9. Назва статті, автори, *установа, в якій виконано роботу, анотація українською мовою.*

10. Назва статті, автори, *установа, в якій виконано роботу, анотація російською мовою.* Переклад виконувати якісно.

В кінці статті обов'язково вказати контактні данні для редколегії (ПБ, телефон, електронну адресу).

Рисунки виконуються якісно. Розмір тексту на рисунках повинен бути співрозмірним (!) основному тексту статті.

Фон графіків, діаграм – лише білий. Колір елементів рисунку (лінії, сітка, текст) – чорний (не сірий).

Фотографії використовуються у крайній необхідності.

В списку літератури вказувати тільки джерела, на які є посилання в статті, і які опубліковані після 2000 року. Більш ранні джерела вказуються як виняток з дозволу редколегії.

Приклад оформлення статті – на сайті www.ufj.ho.ua

Стаття подається до редакції в роздрукованому та електронному варіантах (на диску або за електронною адресою: ufj_nuft@meta.ua).

До статті додається рецензія (рецензентами можуть бути члени редакційної колегії журналу).

Просимо уважно слідкувати за виконанням всіх вимог до оформлення статті.

Найпоширеніші помилки – виконання статті в Word 2007, застосування шрифту з іншим кеглем (дозволяється лише 14), дуже дрібний текст на графіках, колір елементів графіків – сірий або кольоровий (дозволяється лише чорний), фон графіків – сірий (дозволяється лише білий), переклад анотації на англійську мову виконано неякісно.

Наукове видання

UKRAINIAN FOOD JOURNAL

№ 1

Підп. до друку 20.08.12 р. Формат 70х100/16.
Обл.-вид. арк. 12.02. Ум. друк. арк. 10.96.
Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Наклад 300 прим. Вид. № 32/12. Зам. №

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ 18964-7754Р
видане 26 березня 2012 року.