

ISSN 2304-974X

Ministry of Education and Science  
of Ukraine

Міністерство освіти і науки  
України

National University  
of Food Technologies

Національний університет  
харчових технологій

# UKRAINIAN FOOD JOURNAL

*Volume 2, Issue 3*  
**2013**

Київ

2013

Київ

**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.

**Ukrainian Food Journal** is indexed by scientometric databases:

Index Copernicus International (2012)  
EBSCO (2013)  
Google Scholar (2013)

**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.

**Ukrainian Food Journal** індексується наукометричними базами:

Index Copernicus International (2012)  
EBSCO (2013)  
Google Scholar (2013)

**Ukrainian Food Journal** включено у перелік наукових фахових видань України з технічних наук, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1609 від 21.11.2013)

**Editorial office address:**

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

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68  
Київ 01601

e-mail: [ufj\\_nuft@meta.ua](mailto:ufj_nuft@meta.ua)

*Scientific Council of the National  
University of Food Technologies  
recommends the journal for printing.  
Minutes № 1, 04.09.2013*

*Рекомендовано вченою радою  
Національного університету  
харчових технологій.  
Протокол № 1 від 04.09.2013 р.*

**Ukrainian Food Journal** publishes original research articles, short communications, review papers, news and literature reviews.

**Topic covered by the journal include:**

Food engineering	Food nanotechnologies
Food chemistry	Food processes
Food microbiology	Economics and management
Physical property of food	Automation of food processes
Food quality and safety	Food packaging
Health	

**Periodicity** of the journal - 4 issues per year.

Studies must be novel, have a clear connection to food science, and be of general interest to the international scientific community.

The editors make every effort to ensure rapid and fair reviews, resulting in timely publication of accepted manuscripts.

**Ukrainian Food Journal** is indexed by scientometric databases:

Index Copernicus International (2012)

EBSCO (2013)

Google Scholar (2013)

**Reviewing a Manuscript for Publication**

All scientific articles submitted for publication in “Ukrainian Food Journal” are double-blind reviewed by at least two academics appointed by the Editors' Board: one from the Editorial Board and one independent scientist.

**Copyright**

Authors submitting articles for publication warrant that the work is not an infringement of any existing copyright and will indemnify the publisher against any breach of such warranty. For ease of dissemination and to ensure proper policing of use papers and contributions become the legal copyright of the publisher unless otherwise agreed.

**Academic ethics policy**

The Editorial Board of "Ukrainian Food Journal" follows the rules on academic writing and academic ethics, according to the work by Miguel Roig (2003, 2006) "Avoiding plagiarism, self-plagiarism, and other questionable writing practices. A guide to ethical writing". Available online at <http://vfacpub.stjohns.edu/~roignvplagiarism/>. The Editorial Board suggests to potential contributors of the journal, reviewers and readers to dully follow this guidance in order to avoid misconceptions in academic writing.

For a **full guide for Autor** please visit website at  
**<http://ufj.ho.ua>**

## Editorial board

### Editor-in-Chief:

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

### Members of Editorial board:

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

Aleksandr Mamtsev, Ph. D. Hab., Prof., *Branch of Moscow State University of Technologies and Management, Meleuz, Bashkortostan, Russia.*

Anatolii Saiganov, Ph. D. Hab., Prof., *Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus*

Anna Gryschenko, Ph.D., *National University of Food Technologies, Ukraine*

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

Cristina Popovici, Ph.D., As. Prof., *Technical University of Moldova*

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

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

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

Mykola Sychevskyi, Ph. D. Hab., Prof., *Institute of Food Resources of National Academy of Sciences of Ukraine*

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

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

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

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

Olga Petuhova, Ph. D. Hab., As. Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Pascal Dupeux, Ph.D., *University Claude Bernard Lion 1, France*

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

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

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

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

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

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

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

Vladimir Grudanov, Ph. D., Prof., *Belarusian State Agrarian Technical University*

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

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



**Ukrainian Food Journal** публікує оригінальні наукові статті, короткі повідомлення, оглядові статті, новини та огляди літератури.

#### **Тематика публікацій в Ukrainian Food Journal:**

Харчова інженерія	Процеси та обладнання
Харчова хімія	Нанотехнології
Мікробіологія	Економіка та управління
Фізичні властивості харчових продуктів	Автоматизація процесів
Якість та безпека харчових продуктів	Упаковка для харчових продуктів
	Здоров'я

**Періодичність журналу** 4 номери на рік.

Результати досліджень, представлені в журналі, повинні бути новими, мати чіткий зв'язок з харчовою наукою і представляти спільний інтерес для міжнародного наукового співтовариства.

**Ukrainian Food Journal** індексується наукометричними базами:

Index Copernicus International (2012)

EBSCO (2013)

Google Scholar (2013)

#### **Рецензія рукопису статті**

Матеріали, представлені для публікації в «Ukrainian Food Journal» проходять «Подвійне сліпе рецензування» (рецензент не знає, чию статтю рецензує, і, відповідно, автор не знає рецензента) принаймні двома вченими, призначених редакційною колегією: один є членом редколегії і один незалежний учений.

#### **Авторське право**

Автори статей гарантують, що робота не є порушенням будь-яких авторських прав, та відшкодовують видавцю порушення даної гарантії. Опубліковані матеріали є правовою власністю видавця «Ukrainian Food Journal», якщо не узгоджено інше.

#### **Політика академічної етики**

Редакція «Ukrainian Food Journal» користується правилами академічної етики, викладених в роботі Miguel Roig (2003, 2006) "Avoiding plagiarism, self-plagiarism, and other questionable writing practices. A guide to ethical writing"

[ <http://Vfacpub.stjohns.edu/roignvplagiarism~/> ].

Редакція пропонує потенційним учасникам журналу, рецензентам і читачам прямо слідувати цьому керівництву, щоб уникнути помилок в науковій літературі.

**Інструкції для авторів** та інша корисна інформація розміщені на сайті

**<http://ufj.ho.ua>**

## Редакційна колегія

### Головний редактор:

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

### Члени редакційної колегії:

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

**Анатолій Сайганов**, д-р. екон. наук, проф., *Інститут системних досліджень в АПК НАН  
Беларусі*

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

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

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

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

**Владімір Груданов**, д-р. техн. наук, проф., *Беларуський державний аграрний технічний  
університет*

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

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

**Крістіна Попович**, д-р, доц., *Технічний університет Молдови*

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

**Микола Сичевський**, д-р. екон. наук, проф., *Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

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

**Анна Грищенко**, канд. техн. наук, *Національний університет харчових технологій, Україна*

**Олександр Мамцев**, д-р. техн. наук, проф., *філія Московського державного університету  
технології та управління ім. К. Розумовського в м. Мелеуз, Республіка Башкортостан, Росія*

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

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

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

**Ольга Петухова**, д-р. екон. наук, доц., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Паскаль Дюпю**, д-р, Університет Клод Бернард Ліон 1, Франція

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

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

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

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

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

## Contents

## Зміст

<b>Food Technologies</b>	321	<b>Харчові технології</b>
<i>Rosen Chochkov, Valentina Chonova, Stanimira Valova, Grozdan Karadzhov</i> Rheological properties of fermented beverage from barley flour	321	<i>Росен Чочков, Валентина Чонова, Станіміра Валова, Гроздан Караджов</i> Реологічні властивості ферментованого напою з ячмінного борошна
<i>Cristina Popovici</i> Soxhlet extraction and characterisation of natural compounds from walnut ( <i>Juglans regia</i> L.) by-products	328	<i>Крістіна Попович</i> Екстракція в апараті Сокслета і характеристика природних сполук з промислових відходів грецького горіха
<i>Igor Gaponyuk</i> Influence of the parameters of environment on drying of grain	337	<i>Ігор Гапонюк</i> Вплив параметрів довкілля на сушіння зерна
<i>Vira Drobot, Anna Grischenko</i> Changes of indicators of quality gluten-free bread during storage	347	<i>Віра Дробот, Анна Грищенко</i> Зміни показників якості безглютенового хліба при зберіганні
<i>Oksana Melnik, Iryna Dovgun</i> Modified Starch Properties	354	<i>Оксана Мельник, Ірина Довгун</i> Властивості модифікованого крохмалю
<i>Yelena Solovyova, Tatyana Batrakova, Oleksii Gubenia</i> Technology bread products which are enriched by iodines	360	<i>Єлена Соловійова, Татяна Батракова, Олексій Губеня</i> Розробка технології хлібних виробів, збагачених йодовмісними препаратами
<b>Biotechnology, microbiology</b>	366	<b>Біотехнологія, мікробіологія</b>
<i>Natalia Gregirchak, Tetyana Lupyna, Tetyana Mordych</i> Effectiveness of combined disinfectants	366	<i>Наталія Грегірчак, Тетяна Лупина, Тетяна Мордич</i> Ефективність дії комбінованих дезінфектантів
<i>Inna Lych, Iryna Voloshina, Anastasiya Peklo</i> Liposomes as a remedy of targeted drug delivery	374	<i>Інна Лич, Ірина Волошина, Анастасія Пекло</i> Ліпосоми як засоби адресної доставки лікарських засобів
<i>Tetyana Mordych</i> Study of combined disinfectants in conditions close to practical application	384	<i>Тетяна Мордич</i> Дослідження дії комбінованого дезінфікуючого препарату в умовах наближених до практичного застосування

<b>Processes and equipment of food productions</b>	393	<b>Процеси та обладнання харчових виробництв</b>
<i>Dmytro Lyulka, Mykola Pushanko</i> Simulation of compression of juice chips mixtures in diffusive device	393	<i>Дмитро Люлька, Микола Пушанко</i> Моделювання процесу стискання сокостружкової суміші в дифузійних апаратах
<i>Vitaliy Shutyuk</i> Effect of drying methods and regimes of microstructure change in plant materials	404	<i>Віталій Шутюк</i> Вплив способів та режимів сушіння на зміну мікроструктури рослинної сировини
<i>Evgen Kharchenko, Evgen Dmitruk, Andriy Sharan</i> Aerodynamic resistance nonwoven filter material	412	<i>Євген Харченко, Євген Дмитрук, Андрій Шаран</i> Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів
<b>Life Safety</b>	421	<b>Безпека життєдіяльності</b>
<i>Natalya Volodchenkova, Oleksandr Hivrich, Oleg Levchenko</i> Analysis of explosive situations in the food industry	421	<i>Наталія Володченкова, Олександр Хіврич, Олег Левченко</i> Аналіз вибухонебезпечних ситуацій на підприємствах харчової промисловості
<b>Economics and Management</b>	429	<b>Економіка та управління</b>
<i>Larisa Protasova, Anatoly Schehorsky</i> The efficiency in the strategic indicators system of dairy processing enterprises	429	<i>Лариса Протасова, Анатолій Щехорський</i> Ефективність діяльності в системі стратегічних показників молокопереробних підприємств
<i>Ganna Sergeieva, Tetiana Zinchenko</i> The use of functions for mathematical modeling of transient processes	437	<i>Ганна Сергєєва, Тетяна Зінченко</i> Застосування функцій для математичного моделювання перехідних процесів
<i>Bohdan Koval, Oksana Piankova</i> Implementation of export potential national agricultural enterprises	446	<i>Богдан Коваль, Оксана П'янкова</i> Реалізація експортного потенціалу національних аграрних підприємств
<b>Abstracts</b>	454	<b>Анотації</b>
<b>Instructions for Authors</b>	475	<b>Інструкції для авторів</b>

## Rheological properties of fermented beverage from barley flour

Rosen Chochkov, Valentina Chonova, Stanimira Valova,  
Grozdan Karadzhov

University of Food Technologies, Plovdiv, Bulgaria

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Fermentation  
Beverage  
Viscosity  
Barley  
Flour  
Boza

**Introduction.** Increased awareness of the relationship between diet and health has led to increased demand for foods rich in biologically active substances. It must be found the opportunities to replace wheat flour with other species. Actual solution to the problem is use of barley flour for producing a traditional fermented beverage “Boza”, which is prepared from wheat, millet, corn, rice, barley, oats and other flour. The objective of present study is to determine the influence of fermentation and brewing time on the rheological properties of the beverage “Boza” from barley flour.

**Materials and methods.** It is used analytical standard method about viscosity with rotary viscometer „Reotest 2.1” and method for production of beverage “boza” which is developed in University of Food Technologies. It is prepared 12 samples of fermented beverage from barley flour according to fermentation (12, 24, 36 h) and brewing time (15, 30, 45, 60 min).

**Results.** The comparative analysis has shown that with increasing velocity gradient, the viscosity of all the samples decreased. All the fermented beverages from barley flour have a pseudo plastic behavior. By increasing the brewing time the viscosity increases and the consistence becomes denser. The fermentation time had no significant effect upon the viscosity of fermented beverage from barley flour. The results of studies can be used to determine the fermentation and brewing time and to obtain a technology for barley flour beverage.

---

#### Article history:

Received 08.07.2013  
Received in revised form  
09.09.2013  
Accepted 26.09.2013

---

#### Corresponding author:

Valentina Chonova  
E-mail:  
chonovi@yahoo.com

УДК 663.674:664.7

## Реологічні властивості ферментованого напою з ячмінного борошна

Росен Чочков, Валентіна Чонова,  
Станіміра Валова, Гроздан Караджов

Університет харчових технологій, Пловдив, Болгарія

### Introduction

Increased awareness of the relationship between diet and health has led to increased demand for foods rich in biologically active substances. It must be found the opportunities to replace wheat flour with other species. Actual solution to the problem is use of barley

flour for producing a fermented beverage “type Boza”. The beverage named “Boza” is traditional fermented beverage which is prepared from wheat, millet, corn, rice, barley, oats and other flour.

The beverage named “Boza” is traditional fermented beverage which is prepared from wheat, millet, corn, rice, barley, oats and other flour [5, 7, 8, 9]. It is a viscous liquid with a pale yellow color and sweet or sour taste [2]. It is widely consumed in Bulgaria, Turkey and some other countries of the Balkan Peninsula due to its pleasant taste, flavor and its nutritional properties [1, 6, 11].

A lot of processes in food industry are related to the processing of dispersed systems, suspensions, colloids, visco-plastic and viscoelastic products [5, 9]. In these processes it is exhibit different physical properties, such as strength, plasticity, hardness, elasticity, viscosity etc. These properties characterize the assignment of the product in the application of a certain voltage, which leads to a corresponding deformation. They are called the structural-mechanical properties [9].

Viscosity is one of the most important rheological properties of beverages [7]. It is a resistance measure of the fluid against the removal of some layers to the other. It is perceived as a “thickness”, or the pouring resistance. It’s belongs to a group of the rheological properties of fluids.

Din (2009) creates a fermentation beverage from barley flour. It is showed that the beverage viscosity is improved significantly with the increasing of  $\beta$ -glucans (in the recipe). A highest viscosity was obtained by 1 %  $\beta$ -glucans, while the lowest by without  $\beta$ -glucans [4].

The objective of the present work was to study the effect of fermentation and brewing time upon the rheological properties of fermented beverage (type Boza) from barley flour.

## Materials and methods

### Raw materials:

Barley flour – from “TIT-Tenio Tenev”, Kameno, certificate № 37 for safety and quality of barley flour, DT № 37 from 12.11.2008 r., with ash content 1.93 % (d.b.), moisture content 12.52 % and acidity 5.25 °H;

Potable water, EN 806-1:2003;

Sugar, BDS 390-79;

Boza „Bomax” – Haskovo, DT 01-01-2006.

### Basic method for production of beverage “boza” (developed in University of Food Technologies):

1. *Recipe*: table 1.

**Table 1: Beverage recipe “type Boza”**

Ingredients	Quantity, %
Barley flour	9
Water potable	61
Sugar	12
Boza	18

### 2. *Technology*:

The technology for the preparation of fermented beverage from barley flour (Table 1) is characterized by some special particularities. Barley flour is baked until his color

becomes light - brown, with a little smell of nuts. It is suspended in water and it boiled. After boiling and cooling, it was added the sugar. After the slurry cooled ( $T \approx 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ), it was added “Boza” like yeast. The beverage was allowed to ferment. Fermentation beverage is filtered and cooled [3].

**Method for fermented beverage according to fermentation and brewing time (developed in University of Food Technologies).** It is prepared 12 samples (table 2) of fermented beverage from barley flour according to fermentation (12, 24, 36 h) and brewing time (15, 30, 45, 60 min). The quantities of raw materials for preparation of 12 samples of fermented beverage (type “Boza”) were similar, defer to Table 1. Toasting time (10.0 min), boiling temperature ( $97.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) and final cooling temperature ( $34.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ), before yeast adding, were constant for all samples.

**Table 2. Beverage samples according to fermentation and brewing time**

Brewing time, min.	Samples (A, B, C, D) according to fermentation time (h)		
	12	24	36
15	A 1	A 2	A 3
30	B 1	B 2	B 3
45	C 1	C 2	C 3
60	D 1	D 2	D 3

**Analytical methods:**

**Determination of viscosity with rotary viscometer „Reotest 2.1”.** The rotary viscometer “Reotest 2.1” can determine a viscosity of the fermentation beverage from barley flour. Configuration used in measuring cylinders is S/ S3. The viscosity measurement was carried out according to the following formula:

$$\eta = \frac{\tau}{D},$$

$\tau$  – tangential pressure, Pa;

$D$  – velocity gradient,  $\text{s}^{-1}$ ;

The tangential pressure is measured by the formula:

$$\tau = \frac{az}{10}$$

$a$  – results from the indicator, scale marks;

$z$  – constant of internal measuring cylinder;

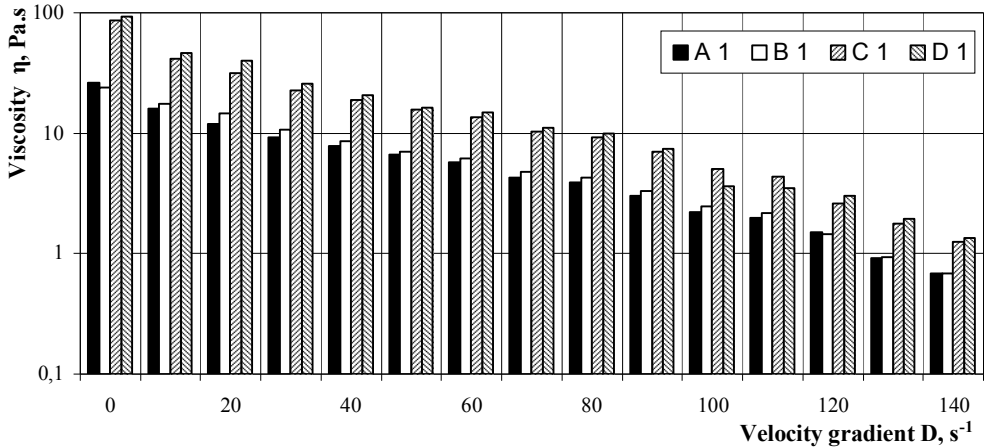
$z = 7.65$  for scale I;

$z = 73.60$  for scale II.

The values of the velocity gradient depending on the system used for measuring cylinders were reported at a frequency of electric current 50 Hz [10].

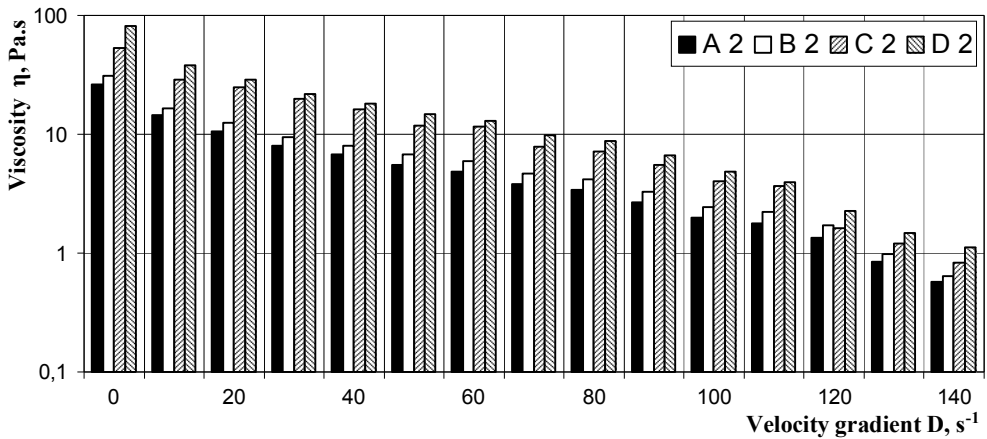
**Results and discussion**

Fig. 1 shows the results on the viscosity of the fermented beverage from barley flour at different brewing times (15, 30, 45, 60 min) for the same fermentation time – 12 h.



**Fig. 1. Viscosity of fermented beverage with different brewing time (15, 30, 45, 60 min) and fermentation time – 12 h.**

On 15 and 30 min of brewing the viscosity was a value respectively 26.26 and 23.95 Pa.s, whereas on 45 and 60 min the viscosity increased almost with  $3.0 \div 3.5$  times at the beginning of study. By increasing the velocity gradient in all samples it was found that the viscosity decreases. This behavior is inherent for pseudo plastic fluids. With increasing a brewing time, the viscosity increases too, respectively, the consistence becomes denser.



**Fig. 2. Viscosity of fermented beverage with different brewing time (15, 30, 45, 60 min) and fermentation time – 24 h.**

Figure 2 shows the samples with different brewing time (15, 30, 45, 60 min) and the fermentation time – 24 h. It was found that the results obtained from figure 1 are the same. It may be concluded that with increasing the velocity gradient, the viscosity of the samples decreased. On 15 and 30 min brewing time viscosity initial values increased slightly, while on 45 and 60 min the increasing is significantly.



Figure 3 follow the same relationship as in figure 1 and 2.

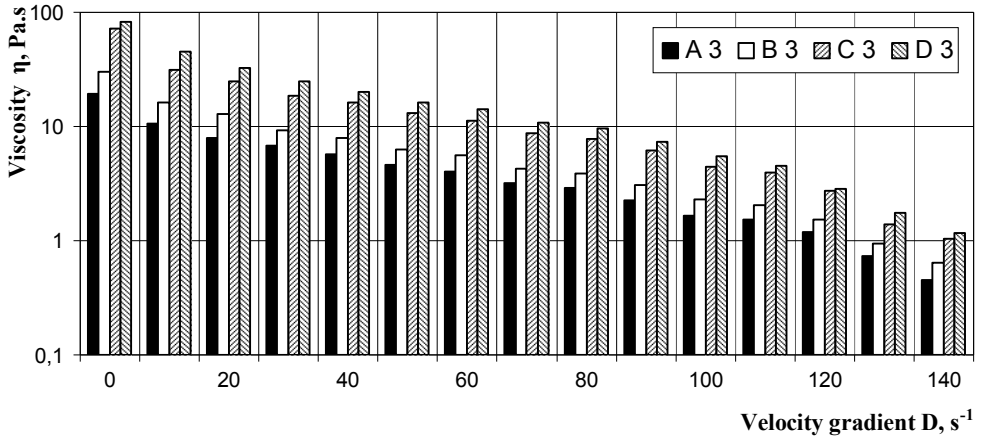


Fig. 3. Viscosity of fermented beverage with different brewing time (15, 30, 45, 60 min) and fermentation time – 36 h.

From the three figures (1, 2 and 3) it can be concluded that with increasing velocity gradient, the viscosity decreases. Therefore developed samples of fermented beverage from barley flour have a pseudo plastic behavior. With increasing the brewing time, the viscosity increases also. It can be concluded that the consistence was dense.

The results in figures 4, 5, 6, 7 also show the viscosity change of fermented beverage (type boza) at different fermentation times.

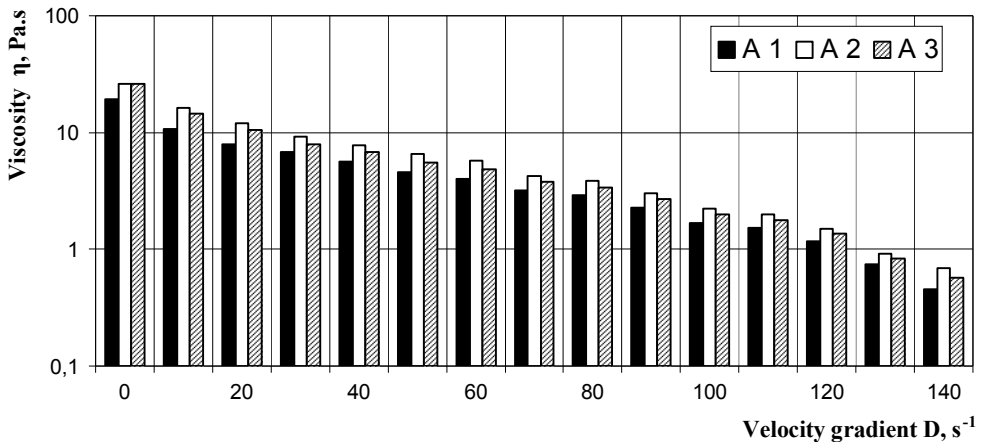


Fig. 4. Viscosity of fermented beverage, brewing 15 min (sample A) at different fermentation time (12, 24, 36 h).

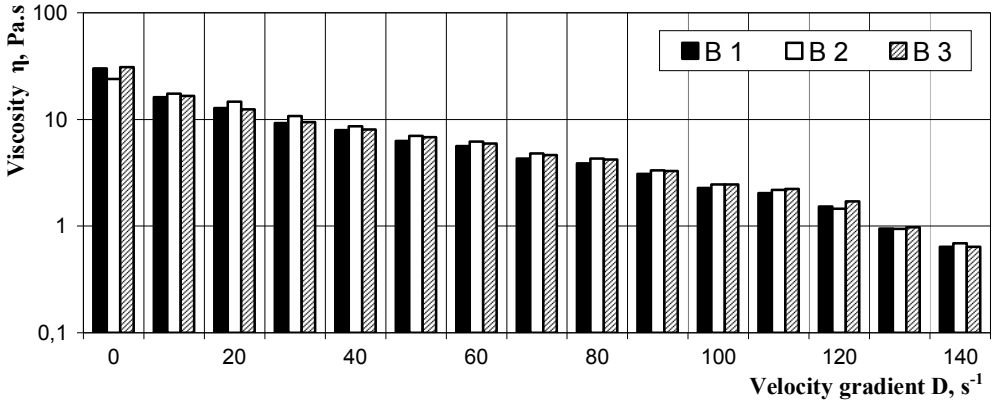


Fig. 5. Viscosity of fermented beverage, brewing 30 min (sample B) at different fermentation time (12, 24, 36 h).

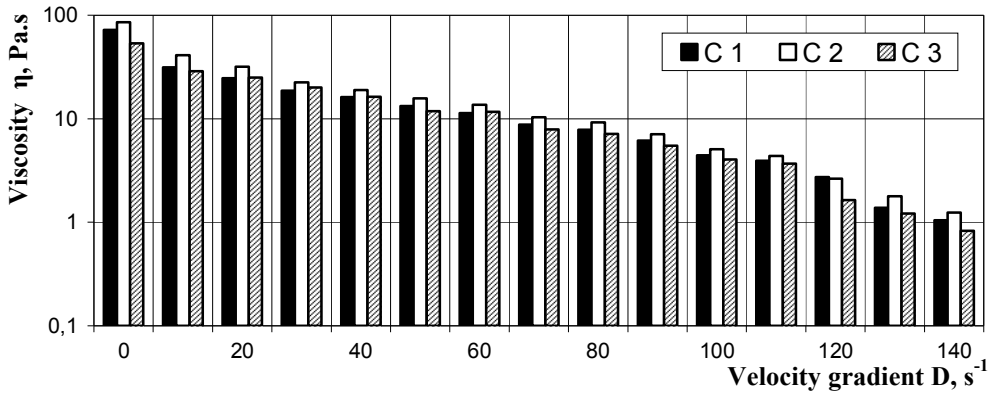


Fig. 6. Viscosity of fermented beverage, brewing 45 min (sample C) at different fermentation time (12, 24, 36 h).

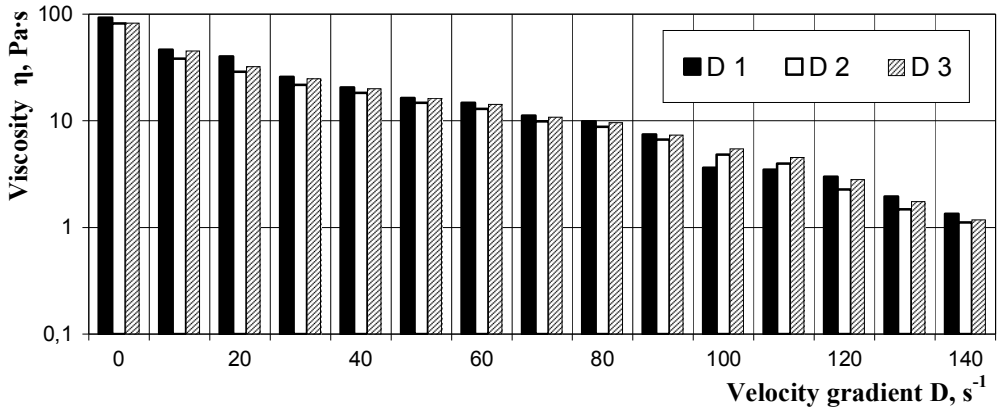


Fig. 7. Viscosity of fermented beverage, brewing 60 min (sample D) at different fermentation time (12, 24, 36 h).

Figures 4 and 5 show a decrease in viscosity with increasing the velocity gradient. The difference between the samples of the viscosity at different fermentation is very small.

The results in figures 6 and 7 also show that the viscosity does not change significantly. From these results it can be concluded that the fermentation time did not significantly influenced on viscosity of the fermented beverage.

## Conclusions

The results from experiments indicated that with increasing velocity gradient, the viscosity of all samples decreased. Fermented beverages from barley flour have pseudo plastic behavior. By increasing brewing time the viscosity increases and their consistence becomes denser. Fermentation time had no significant effect on the viscosity of fermented beverage from barley flour.

## References

1. Akpınar-Bayzıt A., Yılmaz-Ersan L., Özcan T. (2010), Determination of boza's organic acid composition as it is affected by raw material and fermentation, *International Journal of Food Properties*, 13 (3), pp. 648–656.
2. Altay F., Karbancıoğlu-Güler F., Daskaya-Dikmen PP., Heperkan D. (2013), A review on traditional Turkish fermented non-alcoholic beverages: Microbiota, fermentation process and quality characteristics, *International Journal of Food Microbiology*, in press.
3. Chonova V., Chochkov R., Karadzov Gr. (2011), Détermination de l'influence de durée pour la fermentation et pour la cuisson sur la couleur de la boisson fermentescible à base de farine d'orge, *University of Food Technologies*, LVIII(1), pp. 241-246.
4. Din A. (2009), Beverage from barley development of functional national institute of food science and technology, *Thesis submitted in partial fulfillment of requirements for the degree of doctor of philosophy in food technology*.
5. Genç M., Zorba M., Ova G. (2002), Determination of rheological properties of boza by using physical and sensory analysis, *Journal of Food Engineering*, 52(1), pp. 95-98.
6. Gotcheva V., Pendiella S. S., Angelov A., Roshkova Z., Webb P. (2001), Monitoring the fermentation of the traditional Bulgarian beverage boza, *International Journal of Food Science and Technology*, 36, pp. 129–134.
7. Hayta M., Alpaslan M., Köse E. (2001), The effect of fermentation on viscosity and protein solubility of Boza, a traditional cereal-based fermented Turkish beverage, *European Food Research and Technology*, 213(4-5), pp. 335-337.
8. Karaman S., Kayacıer A. (2010), Rheological characteristics of traditional salep drink flavored with cocoa powder, *GIDA*, 35 (6), 397-401.
9. Öztürk İ., Karaman S., Törnük F., Sağdıç O. (2013), Physicochemical and rheological characteristics of alcohol-free probiotic boza produced using *Lactobacillus casei* Shirota: estimation of the apparent viscosity of boza using nonlinear modeling techniques, *Turk. Jour.* 37.
10. Vangelov A., Karadzov Gr. (1993), *Bread technology, manual for laboratory test*, Zemizdat, Sofia.
11. Yegin S., Fernandez-Lahore M. (2012), Boza: A Traditional Cereal-Based, Fermented Turkish Beverage Y.H. Hui, O.E. Evranuz (Eds.), *Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology*, CRC Press, pp. 533–542.
12. Luchian M. I. (2013), Influence of water on dough rheology and bread quality, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(1), pp. 56-59.
13. Popova A., Podobii O., Miroshnykov O., Stetcenko N. (2013), Research in rheological parameters of kefir, *Naukovi pratsi NUHT [Scientific works of NUFT]*, 48, pp. 132-138.

## Soxhlet extraction and characterisation of natural compounds from walnut (*Juglans regia* L.) by-products

**Cristina Popovici**

*Technical University of Moldova, Faculty of Technology and Management in Food Industry*

---

### ABSTRACT

---

**Keywords:**

Walnut  
Extraction  
Soxhlet  
Bioactive  
Compounds

---

**Article history:**

Received 19.06.2013  
Received in revised form  
20.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

**Corresponding author:**

Cristina Popovici  
E-mail:  
popovici.kristina@  
gmail.com

**Introduction.** Walnut leaves, green husk and membrane septum (woody septum) are agro-forest wastes generated in the walnut (*Juglans regia* L.) harvest that could be valued as a source of natural compounds with antioxidant properties. The extractive efficiency of bioactive compounds (phenols) from plant material is greatly depended on the extraction technique.

**Material and methods.** In this study, was proposed to extract phenol compounds by Soxhlet extraction with water/ethanol mixtures as a solvent. The free radical scavenging activity of studied extracts was evaluated by employing antioxidant assay system. The total phenols content of the extracts was determined using the Folin-Ciocalteu method to assess their contribution to the antioxidant activity. Extract radical scavenging activity as well as the kinetics of inhibition of free radicals were evaluated in terms of radical scavenging ability using the stable 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH•). UV spectra of the investigated extracts were also analyzed.

**Result.** Optimal solvent for antioxidant extraction from walnut leaves is 70%, from walnut green husks is 50% and from walnut membrane septum is 30% mixture of water and ethanol, respectively. Walnut leaves, green husk and membrane septum extracts obtained by Soxhlete extraction possess considerable amounts of phenols compounds and a significant radical scavenging activity towards stable DPPH free radical.

**Conclusion.** The results of the present study suggest that walnut leaves, green husk and membrane septum extracts, a by-product of walnut processing industry, can be used as an economical source of natural antioxidants for food, cosmetic and pharmaceutical industries.

---

УДК 664.8

## Екстракція в апараті Сокслета і характеристика природних сполук з промислових відходів грецького горіха (*Juglans regia* L.)

**Крістіна Попович**

*Технічний університет Молдови, м. Кишиневу, Молдова*

## Introduction

Walnut is a crop of high economic interest to the food industry: the edible part of the fruit (the seed or kernel) is consumed, fresh or toasted, alone or in other edible products. It is globally popular and valued for its nutritional, health and sensory attributes. Nowadays, there is an increasing interest in the study and processing of walnut by-products [1]. Walnut leaves, green husks and membrane septum are considered a source of healthcare compounds, and have been widely used in traditional medicine. In some European countries, especially in rural areas, dry walnut leaves are frequently used to prepare infusions for their antiradical and antibacterial properties. The antioxidant compounds from walnut by-products could be used for protecting the oxidative damage in living systems by scavenging oxygen free radicals, and also for increasing the stability of foods by preventing lipid peroxidation [3, 4].

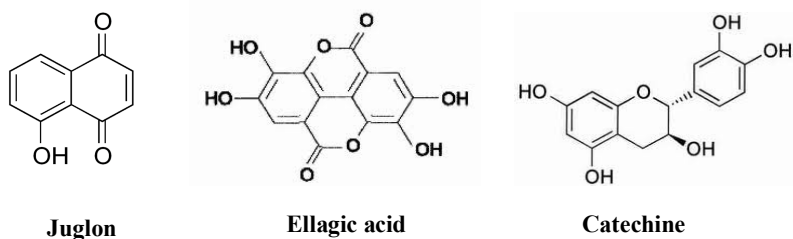


Fig. 1. Chemical structures of some phenols from walnut by-products

Special attention is focused on the extraction of bioactive compounds from walnut by-products, using different solvents. The extraction constitutes an important step in the manufacture of phytochemical-rich products. The application of this low-cost technology to obtain molecules to be used as food additives or nutraceutical products is an appropriate strategy for the exploitation of by-products such as the walnut leaves, green husks and membrane septum [5].

In this paper, the extraction of phenol compounds from walnut leaves, green husks and membrane septum was optimized by applying Soxhlet technique. This method has been proven to be desirable for phenols extraction and has many advantages such as increasing extraction yield, shortening extraction duration. Evaluation of the influence of solvent in the solid-liquid extraction process was measured by total phenol content and DPPH radical scavenging activity. Finally, the optimized conditions were validated. Solid-liquid extraction was preceded by the selection of the best solvent for obtaining phenols-enriched extracts of walnut leaves, green husks and membrane septum.

## Materials and methods

**Materials.** Walnut (*Juglans regia* L.) leaves, green husks and membrane septum were collected during summer, July 2011, in Chisinau, Central Moldova. Fresh and healthy leaves, green husks and membrane septum were manually collected from the middle third of branches exposed to sunlight.



Fig. 2. Walnut by-products used for experiments

The leaves, green husks and membrane septum were dried at room temperature and packed in paper bags in order to protect them from light. Voucher specimens were preserved in our laboratory for further reference.

**Chemicals.** 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) as free radical form (95% purity), Folin-Ciocalteu's phenol reagent (FCR), sodium carbonate were supplied by Sigma-Aldrich. 3,4,5-Trihydroxybenzoic acid (gallic acid) were obtained from Alfa Aesar. Methanol (99,8%) and ethanol (99,9%) were provided by Eco-Chimie (Chisinau, Moldova). All the chemicals used were of HPLC or analytical grade. Distilled water was used throughout.

**Total phenols content measurement.** For quantification of total phenols content, the Folin-Ciocalteu's method was used [10]. A volume of 0.5 ml of Folin-Ciocalteu's reagent was added to a dark flask, containing 0.5 ml of the each extract sample and 10 ml of distilled water. After 5 min, 8 ml of a 7.5% aqueous sodium carbonate solution was added to the mixture and the content was mixed thoroughly. The samples were kept in dark for 2h and then the absorbance was measured at 765 nm with HACH LANGE DR-5000 UV/vis spectrophotometer. Three parallel samples were analyzed. Gallic acid was used for constructing the standard curve (Figure 3).

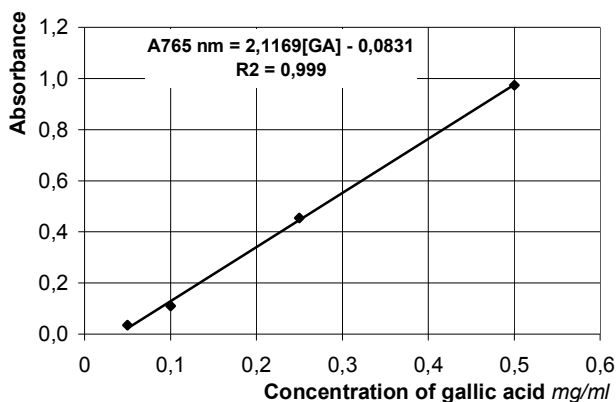


Fig. 3. Standard curve of gallic acid

Concentration range of gallic acid was of 0.05-0.5 mg/ml. The results of total phenols content were expressed as mg of gallic acid equivalents per ml of extract (mg GAE/ml).

**Determination of DPPH radical scavenging activity.** The radical scavenging activity of walnut leaves, green husks and membrane septum extracts as well as the kinetics of

inhibition of free radicals were studied in terms of radical scavenging ability using the stable DPPH<sup>•</sup> method [2]. 0.1 ml of the extract sample was added to 3.9 ml of 60 μM solution of DPPH<sup>•</sup> in methanol. The reaction was carried in dark and the absorbance was recorded at 515 nm to determine the concentration of remaining DPPH<sup>•</sup>. Methanol as instead of DPPH<sup>•</sup> solution was used as blank solution. The values of [DPPH<sup>•</sup>]<sub>t</sub> at each reaction time were calculated according to the standard curve (Figure 4).

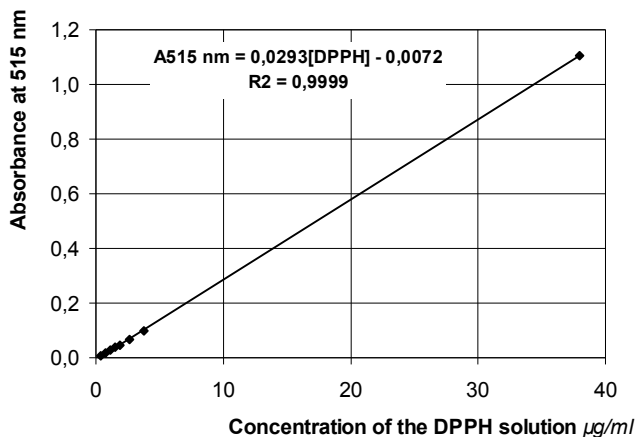


Fig. 4. Standard curve of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)

Concentration range of DPPH was of 0.38-38 μg/ml ( $A_{515\text{ nm}} = 0.0293 [\text{DPPH}^{\bullet}]_t - 0.0072$ , where the concentration  $[\text{DPPH}^{\bullet}]_t$  is expressed in μg/ml). The coefficient of linear correlation of the above relation is  $R = 0.9999$ . The radical scavenging activity (RSA) was calculated using the equation [8]:

$$\text{RSA} = 100\% \cdot ([\text{DPPH}^{\bullet}]_0 - [\text{DPPH}^{\bullet}]_{30}) / [\text{DPPH}^{\bullet}]_0$$

where  $[\text{DPPH}^{\bullet}]_0$  is the concentration of the DPPH<sup>•</sup> solution (without sample) at  $t=0$  min and  $[\text{DPPH}^{\bullet}]_{30}$  is the remained DPPH<sup>•</sup> concentration at  $t=30$  min. Lower  $[\text{DPPH}^{\bullet}]_t$  in the reaction mixture indicates higher free radical scavenging activity.

**Extraction procedure.** Dried walnut leaves, green husks and membrane septum were grounded before extraction. The dried powder was extracted with water, ethanol and their mixtures at different concentrations from 0% to 100% EtOH for 2 h at 60°C and solid to liquid ratio 1 g per 10 ml of solvent. The extracts of walnut leaves, green husks and membrane septum were filtered with paper filter and after were used immediately in the experiments. Obtained extracts were analyzed for the total phenols content, DPPH radical scavenging activity and UV-spectra. For each extract sample analysis were carried out in triplicate.

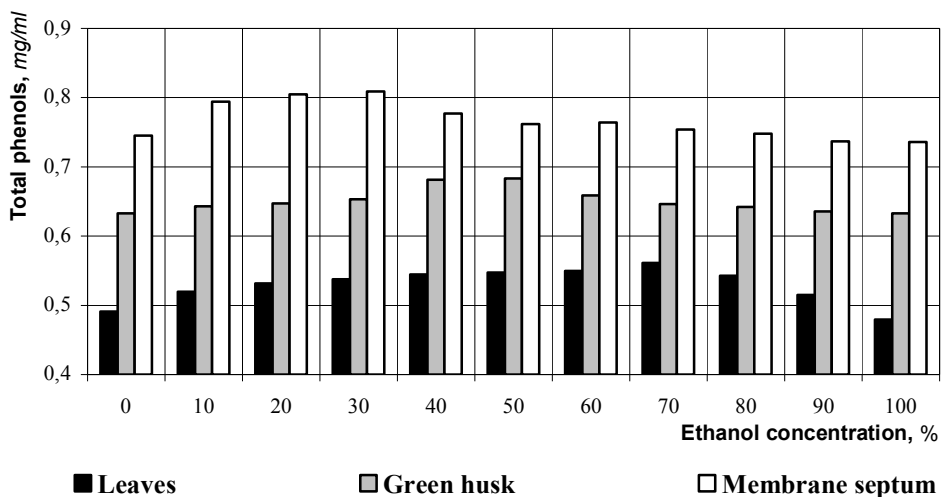
**Statistical analysis.** Variance analysis of the results was carried out by least square method with application of coefficient Student and Microsoft Office Excel program version 2007. Differences were considered statistically significant if probability was greater than 95% ( $p$ -value <0.05). All assays were performed by triplicate at room temperature  $20 \pm 1$  °C. Experimental results are expressed as average  $\pm$  SD (standard deviation).

## Results and discussion

Several studies on the extraction of phenol compounds from different cultivars of walnut by-products have been published. Knowledge of the behavior of the factors influencing the process conditions is necessary to enhance the optimization extraction efficient for any bioactive compound. Previous findings have reported the influence of many independent variables, such as solvent composition, pH, temperature, extraction time, and solid to liquid ratio, on the yields of bioactive compounds which can be extracted from diverse natural products. The positive or negative role of each factor in the mass transfer of the process is not always clear; the chemical characteristics of the solvent and the diverse structures and compositions of the natural products mean that each material-solvent system has a different behavior, which cannot be predicted [1, 6].

Different techniques have been used for the extraction of bioactive compounds from walnut by-products [7, 9]. The extraction method must allow extraction of the principal compounds of interest, and it must avoid their chemical modification. The polarity of the solvent plays an important role in the selective extraction. Water and aqueous mixtures of ethanol, methanol, and acetone are commonly used in the plant extraction.

In a recent study was demonstrated the influence of solvent on the solid-liquid extraction of phenol compounds from the leaves, green husks and membrane septum of *Juglans regia* L. However, to the best of our knowledge, there are small reports in literature on optimization of solvent extraction of these compounds from the walnut leaves, green husks and membrane septum. It was investigated the influence of water/ethanol solvent mixtures at different concentrations on the level of total phenols content of extracts from walnut leaves, green husks and membrane septum. Obtained experimental data are demonstrated in figure 5.



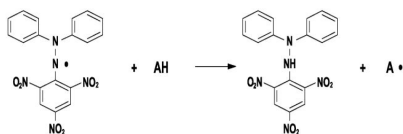
**Fig. 5. Dependence of solvent type on the level of phenol compounds extraction from walnut leaves, green husks and membrane septum**

*1 – Leaves, 2 - Green husk, 3 - Membrane septum*



Phenol compounds are the major contributors to the biological properties like antioxidant activities of walnut by-products. There were analyzed the UV-spectra of the extracts from walnut leaves, green husks and membrane septum in the wavelength range 190 - 1100 nm. The spectrum of the extracts display strong peaks, typical for phenol compounds at 245, 400 and 450 nm. The walnut leaves contain chlorophyll, so this pigment was also extracted with ethanol containing solvent. The typical chlorophyll band at 670 nm is of different intensity depending of the ethanol concentration in a solvent (Figure 6).

The radical scavenging activity analysis was performed with the same extracts from walnut leaves, green husks and membrane septum. The DPPH value of tested extracts was expressed as radical scavenging activity and this parameter was in the range of 54.25 – 83.31 % for walnut leaves extracts. The main principle of the DPPH assay is shown in the reaction below:



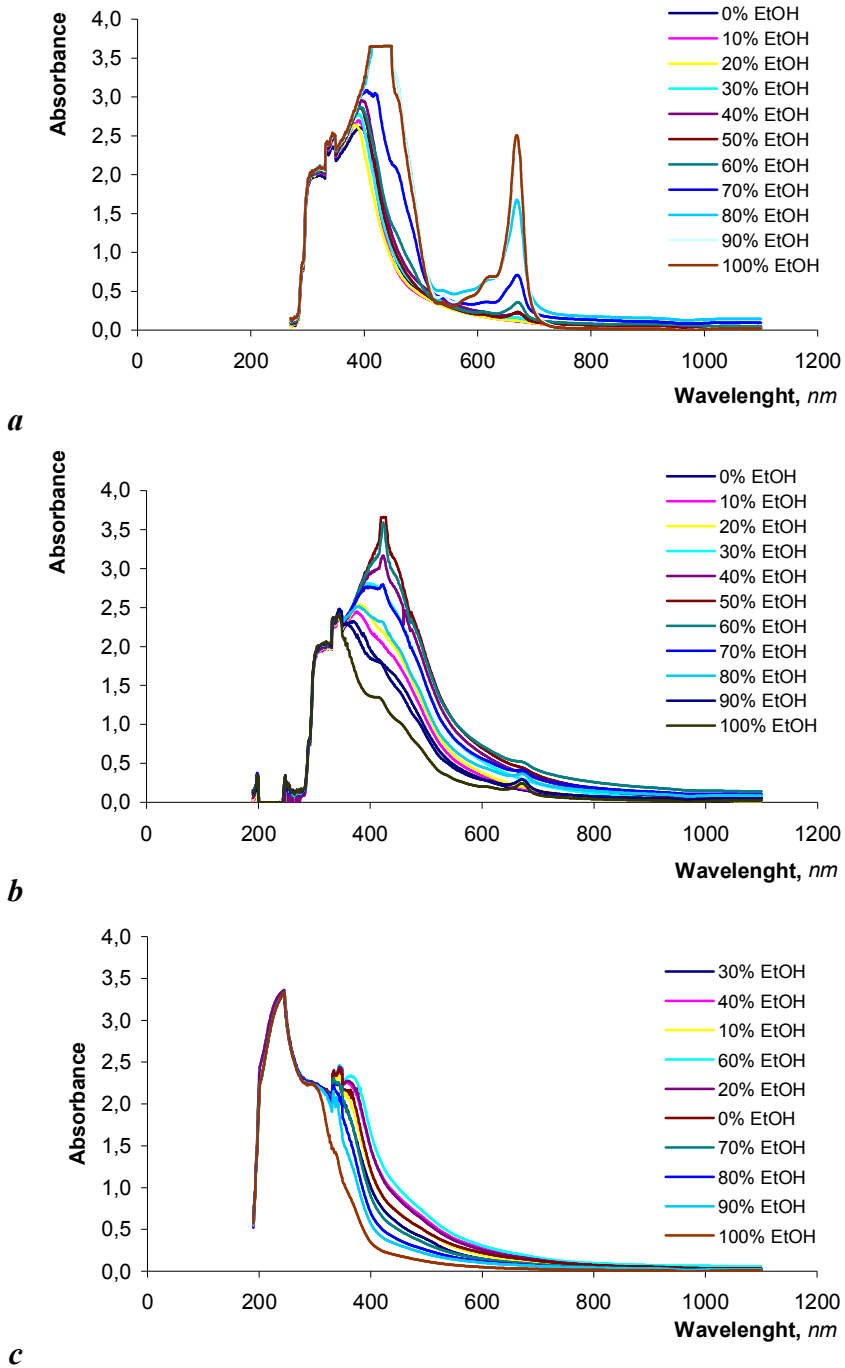
In this study the antioxidant capacity of the walnut leaves, green husks and membrane septum extracts were analyzed as the kinetics of inhibition of free radicals (the percentage of DPPH<sup>•</sup> remaining at steady state). Experimental results are shown in figure 7.

It is well known that the absorbance decreases as a result of a colour change from purple to yellow when the radical is scavenged by antioxidants through donation of hydrogen to form the stable DPPH-H molecule. A more rapid decrease of the absorbance means more potent antiradical activity, expressed in terms of hydrogen donating ability of the compounds. The DPPH<sup>•</sup> scavenging capacity of biologically active compounds is mostly related to their phenol hydroxyl groups.

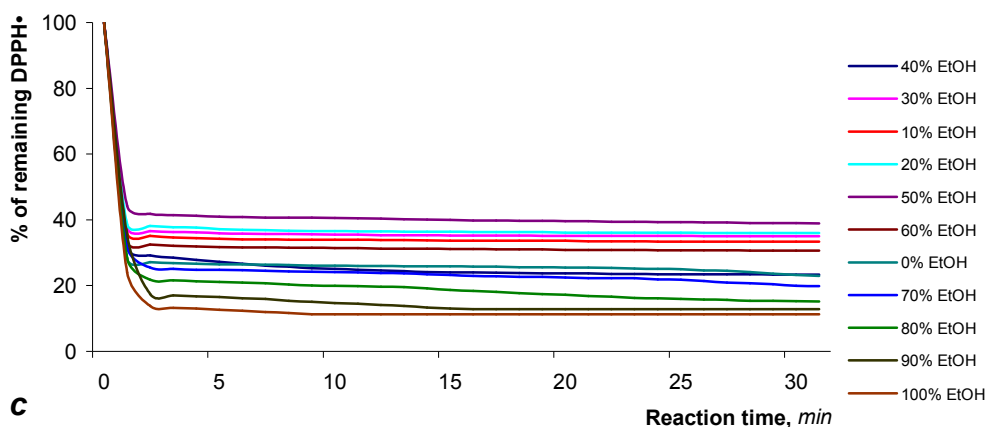
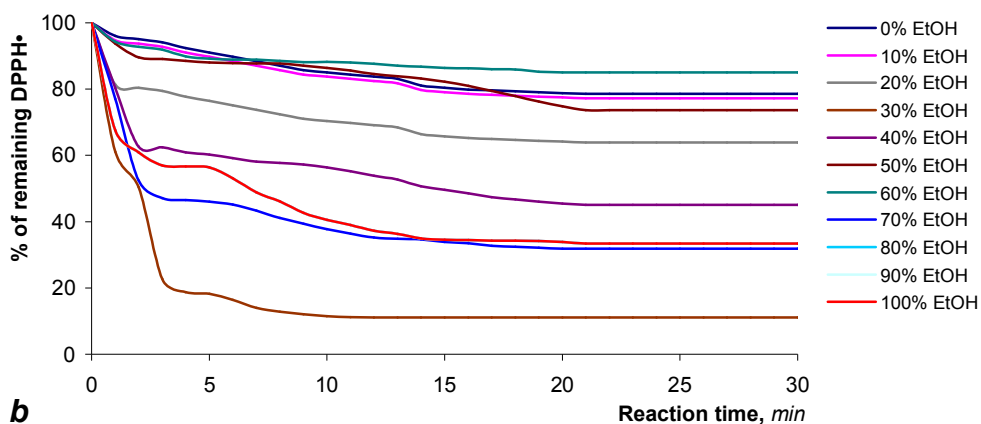
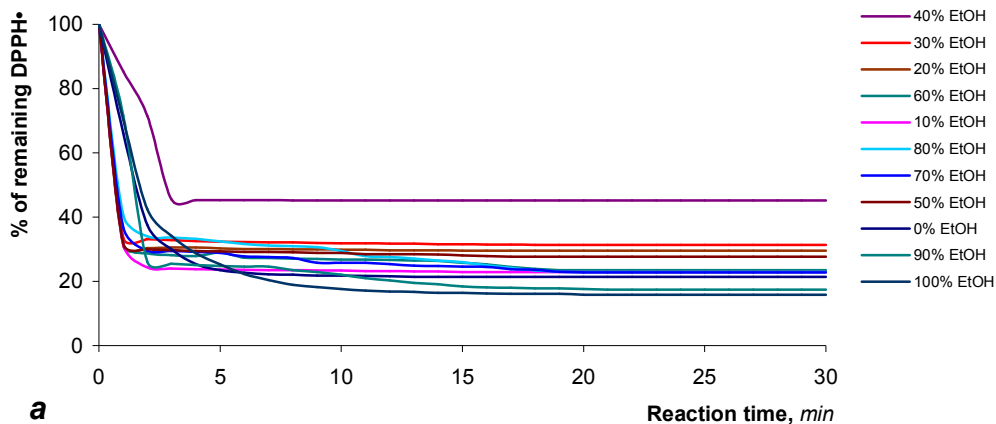
## Conclusions

In this study water and ethanol, two environmentally and food safe solvents were used to optimize Soxhlet extraction of bioactive compounds from walnut leaves, green husks and membrane septum. Radical scavenging activity of walnut by-product extracts was evaluated by measuring of the free radical scavenging capacities of the extracts using stable DPPH<sup>•</sup> and total phenols content using Folin-Ciocalteu reagent. From identification of bioactive compounds by UV-spectra, it clearly revealed that extracts contain phenol compounds (245, 400, 450 nm).

It was established that optimal solvent for antioxidant extraction from walnut leaves is 70%, from walnut green husks is 50% and from walnut membrane septum is 30% mixture of water and ethanol, respectively. Walnut leaves, green husk and membrane septum extracts obtained by Soxhlete extraction possess considerable amounts of phenols compounds and a significant radical scavenging activity towards stable DPPH free radical. The results of the present study suggest that walnut leaves, green husk and membrane septum extracts, a by-product of walnut processing industry, can be used as an economical source of natural antioxidants for food, cosmetic and pharmaceutical industries.



**Fig. 6. UV-spectra of tested extracts**  
(a – walnut leaves, b – walnut green husk, c – walnut membrane septum)



**Fig. 7. Reaction kinetics of DPPH• with tested extracts**  
 (a – walnut leaves, b – walnut green husk, c – walnut membrane septum)

## Acknowledgements

This work was benefited from support through the 2817/16.04 project, “*Elaboration of methods to protect walnut lipids (Juglans regia L.) from oxidative degradation*”, funded by the Academy of Science of Moldova and Moldavian Government (2011-2014).

## References

1. Amaral J. S., Seabra R.S., Andrade P. B., Valentao P., Pereira J. A., Ferreres F. (2004), Phenolic profile in the quality control of walnut (*Juglans regia L.*) leaves, *Food Chemistry*, 88, pp. 373–379.
2. Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C. (1995), Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Food Science and Technology*, 28, pp. 25–30.
3. Gîrzu M., Carnat A., Privat A.M., Fiaplip J., Carnat A.P., Lamaison J.L. (1998), Sedative effect of walnut leaf extract and juglone, an isolated constituent, *Pharmaceutical Biology*, 36, pp. 280–286.
4. Li PP., Liu J.X., Zhao L., Di D.L., et al. (2008), Capillary zone electrophoresis for separation and analysis of four diaryheptanoids and an  $\alpha$ -tetralonederivative in the green walnut husk, *Journal Pharm and Biomed Anal*, 48, pp. 749–753.
5. Oliveira I., Sousa A., Ferreira I.C.F.R., et al. (2008), Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia L.*) green husks, *Food and Chemical Toxicology*, 46, pp. 2326–2331.
6. Pereira J.A., Oliveira I., Sousa A., et al. (2007), Walnut (*Juglans regia L.*) leaves: Phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars, *Food and Chemical Toxicology*, 45.
7. Popovici C., Gîtin L., Alexe P. (2013), Characterization of walnut (*Juglans regia L.*) green husk extract obtained by supercritical carbon dioxide fluid extraction, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(2), pp. 104–108.
8. Popovici C., Saykova I., Tylkowsky B. (2009), Evaluation de l’activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, *Revue électronique internationale pour la science et la technologie*, 4, pp. 26 – 39.
9. Popovici C., Gîtin L., Alexe P. (2012), Supercritical fluid extraction of bioactive compounds from walnut leaves, *Proceedings of International conference “Modern technologies in the food industry 2012”*, Technical University of Moldova II, pp. 84 – 89.
10. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. (1999), Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent, *Methods Enzymol*, 299, pp. 152

## Influence of the parameters of environment on drying of grain

Igor Gaponyuk

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Grain  
Humidity  
Warmth  
Diffusion  
Moisture

**Introduction.** While processing grain 85% of the energy is consumed for drying. Pressing issue is the reduction energy consumption and improve productivity of drying aggregates. Heat efficiency coefficient in the dryer varies from 0.3 to 0.7. The parameters of environment during the period of drying are changed: the temperature of air changes from -10 to +45°C, and his dryness – from 2 to 16 g/kg dry air. The parameters of layer of grain change too. It substantially influence on the modes and power-hungriness of drying.

---

#### Article history:

Received 02.06.2013  
Received in revised form  
15.07.2013  
Accepted 26.09.2013

**Materials and methods.** Experimental investigation of drying corn is made on the existing grain drying installation DSP-32ot.

**Results.** Influence of parameters of environment by drying of grain is defined. The recommendation for improvement of the modes of drying is justified for different seasonal character of dryers work. For different tasks of quality of drying, specific expenses of the energy of drying, speed of drying and providing of ecological requirements, we t justified individual modes and methods. The technological solutions provide less expenses of the energy on 25 - 35 %, the large productivity on 35 - 45 %, and less extras of contaminants to environment on 40 - 60 %. The worked out technologies are approved in productive terms on the mine drying aggregates.

---

#### Corresponding author:

Igor Gaponyuk  
E-mail:  
igor@nuft.edu.ua

**Conclusion.** Energy consumption for drying grain is reduced by increasing the capacity of the exhaust gases. The research results are recommended for the design and determining modes of mine drying aggregates.

---

УДК 664.72.047,54:005.591.6

## Вплив параметрів довкілля на сушіння зерна

Ігор Гапонюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

## Вступ

Зерно сушать впродовж всього періоду збиральних робіт і цей період охоплює три пори року, за яких суттєво змінюються параметри повітря довкілля і зерна зібраного урожаю. Параметри довкілля можуть змінюватися від 30 – 45 °С, в літню пору року, до мінус 5 – 10 °С, осінньо-зимову. А вологовміст повітря від 2 – 4 г/кг<sub>с.п.</sub>, в холодну пору року, до 12 – 16 г/кг<sub>с.п.</sub>, в теплу.

За питомих витрат робочих газів на сушіння 1 планової тони зерна біля 3,8 т.м<sup>3</sup>, різниця вологовмісту цих газів у різні пори року становить  $3800 \cdot (16 - 2) \cdot 1,24 / 1000 = 66,0$  кг. А це якраз та кількість вологи, що вилучається із однієї планової тони зерна.

Крім зазначеного, існуючими режимами сушіння не враховано вплив різної температура шару зерна, що може змінюватися від 25 – 35 °С, в літню пору, до 0 – (-10) °С, в осінньо-зимову на пошарову в зернині однорідність сушіння.

Для дослідження впливу перемінних факторів впливу температури довкілля та зерна на кількісно-якісні показники перебігу зневоднення малорухомого шару зерна, встановлення залежності вхідних параметрів  $PG(t_1, d_1, v_1)$  на вихідні параметри відпрацьованих РГ (температура  $t_2$ , вологовміст  $d_2$ , швидкість  $v_2$ ), параметри шару зерна (температура  $\theta_2$ , вологість  $W_2$ , швидкість сушіння  $\frac{\partial W}{\partial \tau}$ ), нами були виконані дослідження технології сушіння малорухомого шару зерна в різні пори року у виробничих умовах на найбільш розповсюдженій конструкції зерносушильного агрегату типу ДСП-32от.

Відомими дослідженнями вітчизняних та зарубіжних науковців досліджено кінетику сушіння шарів зерна різних станів рухомості, математично описано процеси сушіння в найбільш розповсюджених конструкція сушарок та встановлено явище зростання опору дифузії внутрішньокапілярного переміщення вологи швидкісних способів сушіння зерна [Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки – М.:Колос, 1982. – 239 с].

Досліджено особливості кінетики та енергоємності процесу зневоднення нерухомого шару зерна.

Описано явище тепловологопровідності на різних етапах сушіння та різних станів рухомості шару зерна.

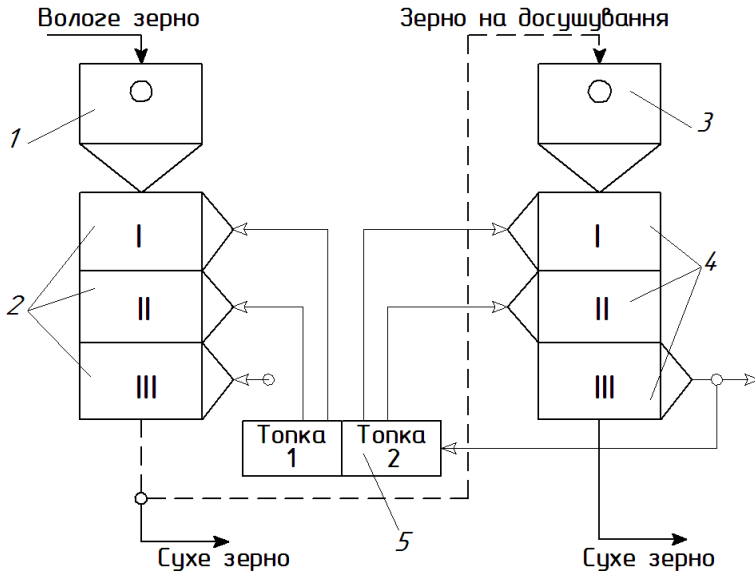
Проте, на нашу думку, причина зростання енерговитрат сушіння зерна на основному та завершальному етапах зневоднення математично не узгоджується із кількісним співвідношенням балансу сил внутрішньо капілярної дифузії вологи від 1,2 МДж/1 кг вологи, для зневоднення зернин невеликих за розміром, до 4,5 – 7,0 МДж/1 кг вологи, для зневоднення зернин великих розмірів і наближенням їх відносної вологості до критичного вологовмісту.

## Матеріали і методи

Застосовано Матеріали та методи аналітичні, математичні і прикладні.

Технологічну схему сушіння зерна на досліджуваних зерносушарках представлено на рис.1.

В пізню пору року дослідження проводили із зерном кукурудзи, для якого недостатньо досліджено особливості пошарового в зернині та шару зерна тепловологообміну, впливу питомих витрат енергії на пошарову однорідність та потенціал використання робочих газів з урахуванням перемінних параметрів довкілля.



**Рис. 1. Технологічна схема сушіння зерна на зерносушильному комплексі ДСП-320Т×2:**  
1, 3 – надсушильні ємності; 2, 4 – зони зерносушарок; 5 – топкові відділення.

Для проведення цих досліджень тепломасообмінні камери сушарки були оснащені приладами для вимірювання вологості зерна  $W$  і його температури  $\theta$ , а також температури робочих газів  $t$ , його вологовмісту  $d$  та фіктивних швидкостей течії робочих газів  $v$  на вході і виході із шару зерна тепломасообмінної камери.

Заміри параметрів тепломасообміну сушильних установок здійснювали:

термоанемометром ТТМ-2 та термопарами з електронним перетворювачем ТМ-914С – температуру довкілля  $t_0$  (°C) і вологовміст повітря  $d_0$  (г/кг<sub>с.п.</sub>);

портативним вимірювачем вологи ІВТМ-7 – температуру робочих газів  $t_1$  і  $t_2$  (°C) і атмосферний тиск  $H$  (Па);

термометрами лабораторними та термопарами з електронним перетворювачем ТМ-914С – температуру зерна до  $\theta_0$  (°C) та після сушильних камер  $\theta_1$ ;

експрес-аналізатором “Wile DIGITAL-55” (Calibrated 156, 552904) – вологість зерна до  $W_0$  (%) та після сушильних камер  $W_1$  (%);

в сушильній шафі СЕШ-3 - контрольні заміри вологості зерна;

регулятором зерносушарки КЕП - продуктивність сушарки (витрати зерна);

платформовими тензOMETричними вагами - контрольні заміри ваги зразків зерна;

автоматичним комплексом зерносушарки (блок управління «Альфа-М» із датчиками термоопору), лабораторними термометрами «Промел» та термопарами з електронним перетворювачем ТМ-914С – температуру робочих газів на вході  $t_1$  (°C) й виході із сушильної зони  $t_2$  (°C), а також по сушильних і охолоджувальній зонах;

термоанемометром ТТМ-2 та портативним вимірювачем вологи і температури газів ІВТМ-7) – швидкість течії робочих газів  $v$  (м/с), а також вологовміст робочих газів на вході  $d_0$  (г/кг<sub>с.п.</sub>) та виході з зерносушильної зони  $d_1$  та по сушильних і охолоджувальній зонах;

термоанемометром ТТМ-2 та мановакууметром цифровим ММЦ-200 з трубками напірними конструкції НДЮГАЗ і ПИТО – швидкість руху відпрацьованих робочих газів у газовідвідних коробах сушильних і охолоджувальній зонах сушарки  $v_2$  (м/с);

на розбірній дошці й набором сит – вміст зернової та смітної домішок зерна, пошкодження та тріщинуватість зерен.

Розрахунковим способом встановлювали:

питомі витрати теплоносія  $q$  із співвідношення продуктивності робочих газів  $L$  до продуктивності сушарки  $G(q = L/G)$ , кг/кг;

питомі витрати теплоти на нагрівання та сушіння зерна,  $q$  (Дж/(кг·°C) та Дж/(кг·%);

показники ККД сушарки, % .

Дослідження кінетики процесу сушіння здійснювали із двома партіями зерна кукурудзи різної вологості і температури № 1 (об'ємна маса  $755 \text{ кг/м}^3$ ,  $W=27,5\%$ ,  $\theta=23^\circ\text{C}$ ) та № 2 (об'ємна маса –  $760 \text{ кг/м}^3$ ,  $W=24\%$ ,  $\theta=11^\circ\text{C}$ ).

Температура повітря довколишнього середовища впродовж досліджень змінювалась:

у вересні – жовтні від  $16^\circ\text{C}$ , на  $18^{00}$  годину, до  $12^\circ\text{C}$ , на  $23^{00}$ ;

у січні від  $2^\circ\text{C}$ , на  $8^{00}$  ранку, до  $3^\circ\text{C}$ , із  $9^{30}$  до  $15^{30}$ .

Вологовміст повітря довкілля  $d_0$  (г/кг<sub>с.п.</sub>) впродовж досліджень змінювався:

від  $10,4 \text{ г/кг}_{\text{с.п.}}$  до  $8,5 \text{ г/кг}_{\text{с.п.}}$  – у вересні;

від  $5,9 \text{ г/кг}_{\text{с.п.}}$  ( $\varphi = 72\%$ ) до  $6,0 \text{ г/кг}_{\text{с.п.}}$  ( $\varphi = 61\%$ ) – у січні.

Швидкість вітру довкілля в обох випадках не перевищувала  $5 \text{ м/с}$ .

Вид теплоносія – природний газ.

Для збільшення продуктивності зерносушильного комплексу третю охолоджуючу зону зерносушарки № 1 переведено на сушильну і сушіння зерна здійснювали у всіх трьох сушильних зонах цієї сушарки, а в сушарці № 2 – за традиційною схемою – в двох сушильних камерах [Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. Одеса-Київ, 1997.]

Заміри параметрів відпрацьованого сушильного агента (температура, вологовміст, швидкість течії) здійснювали у газовідвідних коробах кожного ряду (15 коробів в 1 ряді) по всім секціям (3 ряди секцій – в першій сушильній зоні, по два – в другій та третій).

Температуру та вологість зерна також визначали по кожній із сушильних зон з інтервалом замірів 50 хв. (за виключенням перших замірів), а також після випускних сушильних бункерів (в місці виведення сухого зерна із сушарки на транспортер ЛТ-100/10).

Автоматизований випускний механізм зерносушильного агрегату КЕП було встановлено на 40 с, імпульс спрацювання механічної засувки встановлено на 2,2 с.

Температурний режим сушіння встановлювали згідно рекомендацій НУХТ (кафедра ТЗПЗ). Тобто температуру робочих газів першої сушильної зони встановлювали такою, щоб кількість підведенаї теплоти цими газами перевищувала розрахунково необхідну для фазових перетворень вологи в периферійних шарах зернин. Температуру робочих газів в другій та третій сушильних зонах встановлювали меншою від першої.

Для досліджуваної виробничої зерносушарки з сушіння зерна кукурудзи вологістю  $24\%$  і  $28\%$  та температури зерна  $11$  і  $23^\circ\text{C}$ , температура робочих газів першої сушильної зони становила  $155$  і  $165^\circ\text{C}$  відповідно, за фіктивної швидкості течії цих газів  $0,55\dots 0,6 \text{ м/с}$ . Температуру робочих газів подальших зон сушіння



встановлювали на 13...18 °С меншою від попередньої. Температуру робочих газів сушильної зони після темперування шару зерна в смності 3 встановлювали на 15...25 °С меншою від температури цих газів першої сушильної зони.

Відповідно до вибраного режиму температуру сушильних газів сушильних зон встановлювали заданим спалюванням в топковому відділенні перемінної кількості теплоносія та узгоджували із температурою цих газів першої сушильної зони. Для наступних сушильних зон після першої, температуру сушильних газів понижували додатковим підмішуванням до них повітря доквілля за допомогою дефлекторів.

## Результати та обговорення

У виробничих умовах нами були виконані дослідження теплокінетичної характеристики сушіння зерна різних культур, різних режимів та швидкості течії робочих газів в прямотечійній шахтній зерносушарці ДСП-32от.

На рис. 2, 3, 6 і 7 представлено кінетику сушіння зерна кукурудзи в зимову пору за паспортних параметрів течії робочих газів пронизування малорухомого шару зерна в сушильних і охолоджувальній шахтах зерносушарки ( $v=0,43$  м/с), а на рис. 4, 5, 7 і 8 – при уповільненій швидкості течії робочих газів в шахтах зерносушильних агрегатів ( $v=0,09$  м/с).

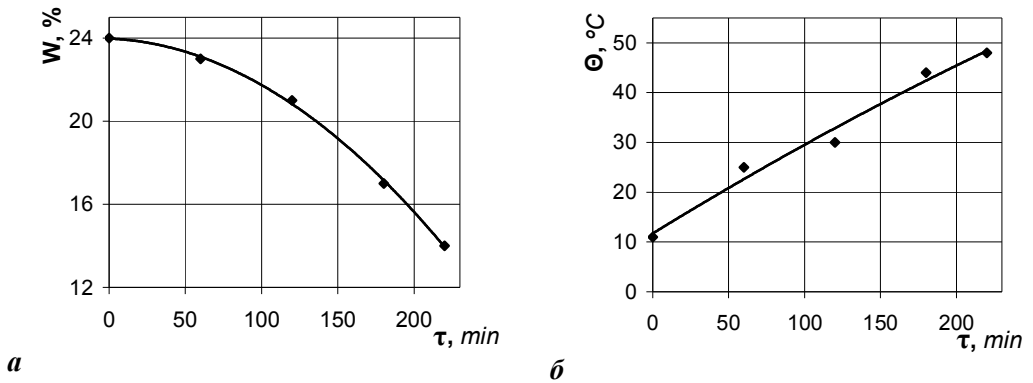


Рис. 2. Зміна вологості (а) та температури (б) зерна за паспортних режимів сушіння

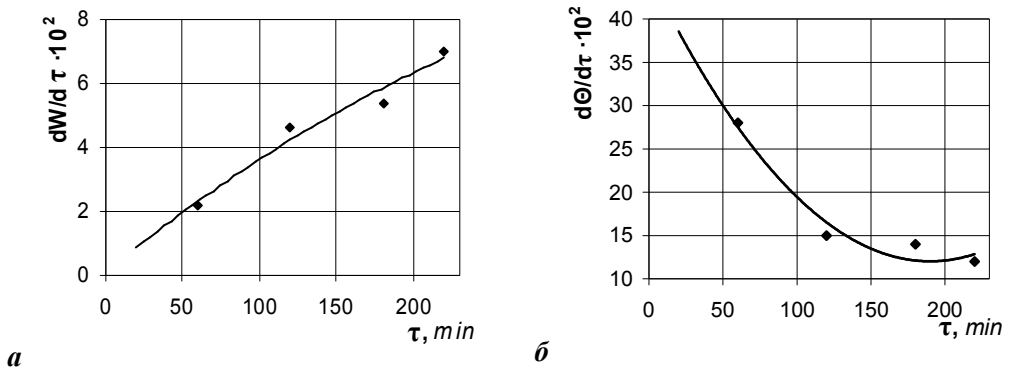


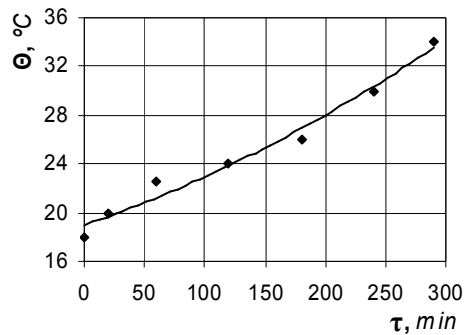
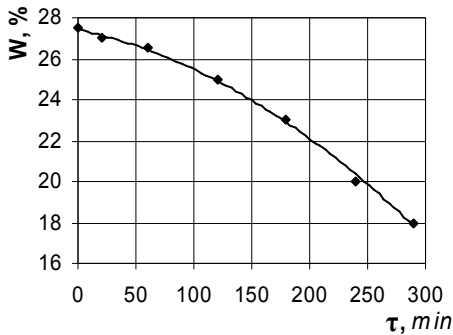
Рис.3. Швидкість зміни вологості (а) та температури (б) зерна за паспортних режимів сушіння

За показниками експрес-аналізатора вологості зерна, що знімали кожні 60 хв. сушіння зерна, та показників лабораторних (контрольних) аналізів, виконуваних в сушильній шафі СЭШ-3, оцінювали достовірність отриманих показників експрес-аналізатора та будували криві сушіння.

Показники експрес-аналізатора, що відрізнялися від контрольних, отриманих лабораторними вимірами, більше від 5 % - вважалися нікчемними, ігнорувалися та повторно замірялися.

Дані експериментальних досліджень у виробничих умовах добре корелюються із теоретичними розрахунками. За показником швидкості сушіння, найбільші її значення отримано в перші 25 – 30 хв., тобто за умов зневоднення вологи поверхневих шарів зернини. Інтенсивність міжфазового вологообміну прямо пов'язана не лише із різницею температур взаємодіючих фаз, а також із швидкістю течії робочих газів

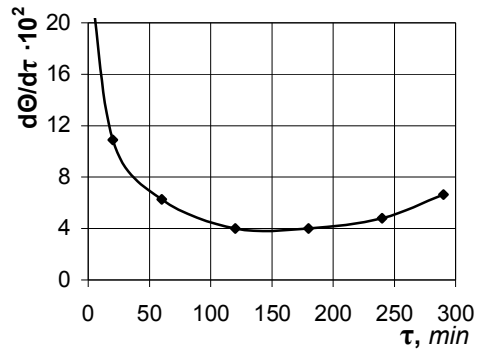
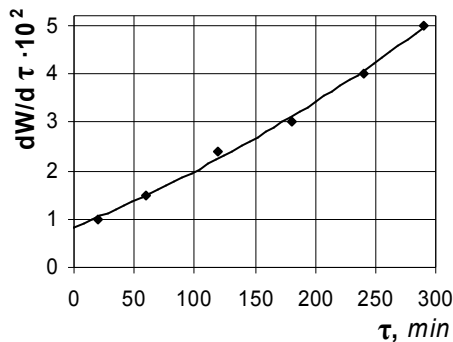
Для сушіння зерна згідно паспортних режимів швидкість зневоднення становила  $(6,0 - 6,5) \cdot 10^{-3} \%$ /хв., а зі зменшенням швидкості робочих газів в 4,8 разів від 0,43 до 0,09 м/с швидкість сушіння зменшувалася в 1,5 рази і становила  $(3,0 - 3,5) \cdot 10^{-3} \%$ /хв.



*a*

*б*

Рис. 4. Зміна вологості (а) та температури (б) зерна за уповільнених режимів сушіння



*a*

*б*

Рис. 5. Швидкість зміни вологості (а) та температури (б) зерна за уповільнених режимів сушіння

В рамках цих досліджень виконано аналіз енерго-ефективності сушіння за величиною невикористаного потенціалу робочих газів.

Параметри відпрацьованих робочих газів ( $t_2$  і  $d_2$ ) за різних значень швидкості їх течії, перемінних температури ( $dT/d\tau$ ) і вологості фазових середовищ ( $dW/d\tau$ ), градієнтів вологості й температури цих середовищ ( $\nabla T \uparrow \downarrow \nabla W$ ) у виробничих умовах сушіння зерна кукурудзи представлено на рис. 6, 7 і 8.

Із наведених досліджень нами встановлено, що вже на початковому етапі міжфазової взаємодії, за умов зустрічних градієнтів температури і вологи фазових середовищ ( $\nabla T \uparrow \downarrow \nabla W$ ), має місце інтенсивний вологообмін, спостерігається значне пониження температури та підвищення вологовмісту відпрацьованих робочих газів в перетині шару зерна першої сушильної зони.

Тобто на початковому етапі конвективного нагрівання малорухомого шару зерна має місце дифузії вологи від шару зерна до робочих газів.

Отже явище термовологопереміщення для між фазової взаємодії різних за вологістю і температурою фазових середовищ – не спостерігалось.

До цього слід також додати, що на самому початковому етапі нагрівання-сушіння шару зерна відпрацьовані робочі гази мають порівняно найбільші значення відносної вологості ( $\phi_2$ ) та найменшої температури ( $t_2$ ) (фактичні значення залежності 1 перевищують максимально можливі залежності 2 на рис.6 і 7).

За цих умов має місце конденсації крапельної вологи на поверхні тіла зернини та тепловологообмінної камери.

З огляду на доцільність рекуперації теплоти відпрацьованих газів такі гази є найменш придатними, а процес – технологічно і економічно недоцільним.

В подальшому, із поглибленням зони сушіння у внутрішні шари тіла зернин зменшується вологовміст периферійних шарів і одночасно із цим зростає їх температура.

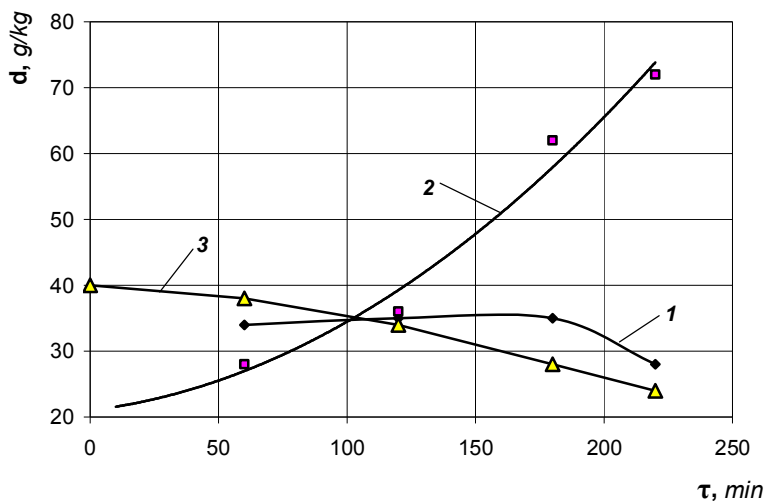
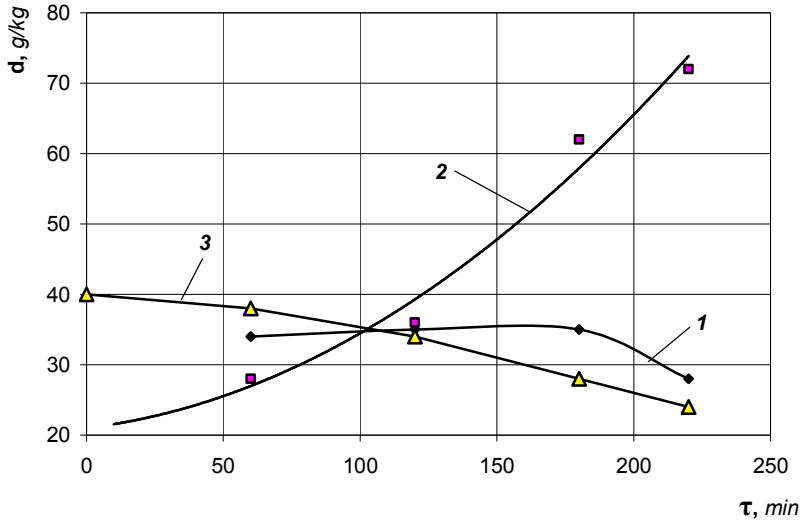
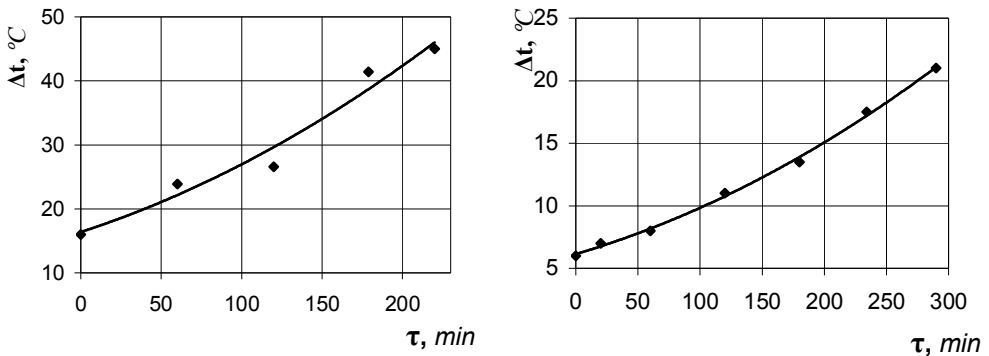


Рис. 6. Зміна параметрів відпрацьованих газів сушарки (зима, кукурудза,  $v_{\text{р.г.}}=0,43\text{м/с}$ ):  
 1 – фактичний вологовміст відпрацьованих газів,  $d_{\phi}$ ;  
 2 – максимально можливий вологовміст відпрацьованих газів  $d_{\text{макс}}$ ;  
 3 – вологість зерна,  $W$ .



**Рис. 7.** Зміна параметрів відпрацьованих газів сушарки (осінь, кукурудза,  $v_{\text{р.г.}}=0,09\text{м/с}$ ):  
 1 – фактичний вологовміст відпрацьованих газів,  $d_{\text{ф}}$ ;  
 2 – максимально можливий вологовміст відпрацьованих газів  $d_{\text{макс}}$ ;  
 3 – вологість зерна,  $W$ .



**а**

**б**

**Рис. 9.** Перевищення температури відпрацьованих газів над температурою доквілля в зерносушарці ДСП-320г за звичайних (а) та уповільнених (б) режимів сушіння

Температура відпрацьованих робочих газів на цьому етапі поглиблення сушильної зони поступово зростає і ризик конденсації вологи на поверхневих шарах зерна зменшується.

Для встановлення можливості управління критичним вологовмістом і запобігання конденсації крапельної вологи на поверхні зернин, нами були виконані дослідження впливу на ці процеси швидкості течії робочих газів. У виробничих умовах нами встановлено, що із збільшенням фіктивної швидкості течії робочих газів до  $v=0,4\dots0,48$  м/с вологовміст відпрацьованих газів суттєво, до 50%, зменшується і не перевищує граничних значень (залежність 1 розташована нижче залежності 3

рис.4). А із зменшенням їх швидкості до  $v=0,04..0,02$  м/с вологовміст відпрацьованих газів суттєво зростає і може перевищувати граничні значення, що видно із рис. 5, на якому залежність 1 (вологовміст відпрацьованих газів) розташована вище залежності 3 (граничний вологовміст газів за фактичних значень їх температури).

## Висновки

1. За зустрічних градієнтів температури і вологи фазових середовищ явище термовологопереміщення, що встановлено Ликовим для різних масоємних капілярно-пористих тіл, для одних і тих же масоємних тіл не спостерігається.
2. Із зростанням температури в шарах тіла зернини зростає енергія вологи в них і переміщення вологи здійснюється в сторону менших значень її енергії.
3. Із поглибленням зони сушіння у внутрішні шари тіла зернини, градієнт енергії вологи в шарах тіла зернини сприяє процесам подальшого зневоднення зернини. Поте градієнт внутрішньо пористого тиску – перешкоджає.
4. За умов перевищення значень енергії пошарового в зернині розрідження над пошарової вологи, може бути призупинено зневоднення зерна.
5. У пізні періоди зернозбиральних робіт, зі зменшенням температури повітря докільна на 30 – 40 °С, температури шару зерна на 15 – 30 °С та зростання різниці температур поверхні теплообмінної камери сушарки й шару зерна до 40 °С, зростають енерговитрати з сушіння зерна на 25 – 35 %.
6. Зі зменшенням швидкості робочих газів в 4,8 разів (від 0,43 до 0, 09 м/с) швидкість сушіння зменшується в 1,5 рази, одночасно із цим потенціал робочих газів на основному та завершальних етапах сушіння використовується краще. Поте на початковому етапі між фазової взаємодії, за таких зменшених швидкостей течії робочих газів, може спостерігатися крапельна конденсація вологи..
7. Для збільшення рушійного потенціалу сушіння зерна на етапі поглиблення зони сушіння у внутрішні шари тіла зернини, у виробничій практиці застосовують висхідні режими сушіння, підвищенням температури робочих газів, та відлежування зерна. Обидва технологічних способи є економічно невиправданими, як такі, що не відображають сутності зростання опору дифузії вологи із внутрішніх – до поверхневих шарів тіла зернини.
8. Для зменшення опору дифузії вологи на основному та завершальних етапах сушіння доцільно застосовувати технологічний спосіб вирівнювання внутрішньо капілярного тиску в порах тіла зернини. Цей спосіб, порівняно із способом зменшення різниці вологовмісту в шарах зернини відлежуванням шару зерна, є в 3 – 5 разів менш тривалим.
9. Застосування низхідних кілька ступеневих режимів малорухомого шару капілярно-пористих колоїдних тіл є енергоощаднішим, порівняно із традиційним, та менш тривалим;
10. Теплоу відпрацьованих робочих газів доцільно використовувати на основному та завершальному етапах сушіння малорухомого шару зерна в шахтних зерносушильних агрегатах, а на початковому – не доцільно.
11. Для запобігання конденсації крапельної вологи на поверхні тіла зернини й тепловологообмінної камери першої сушильної зони шатного зерносушильного агрегату доцільно збільшувати швидкість течії робочих газів на 25 – 30 % порівняно із швидкістю інших сушильних зон.

### Література

1. Остапчук М.В. Энергетичний та екологічний аналіз зерносушарок / Зерно і хліб, 2005, № 4. – с.29-30.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: Колос, 2004. – 240с.
3. Digvir S. Jayas, Noel D.G. Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches / Food Control, Vol. 14, Issue 4, 2003, Pp. 255-261
4. V.K. Srivastava, J. John Deep bed grain drying modeling / Energy Conversion and Management, Vol. 43, Issue 13, 2002, Pp. 1689-1708
5. Chuanping Liu, Li Wang, Ping Wu, Fei Xiang. Size distribution in gas vibration bed and its application on grain drying // Powder Technology, Vol. 221, 2012, Pp. 192-198
6. Magdalena Zielinska, Stefan Cenkowski. Superheated steam drying characteristic and moisture diffusivity of distillers' wet grains and condensed distillers' solubles / Journal of Food Engineering, Vol. 109, Is. 3, 2012, Pp. 627-634
7. Andrea N. Calzetta Resio, Roberto J. Aguerre, Constantino Suarez Drying characteristics of amaranth grain / Journal of Food Engineering, Vol. 65, Is. 2, 2004, Pp. 197-203
8. Zhongwei Tang, Stefan Cenkowski, Marta Izydorczyk. Thin-layer drying of spent grains in superheated steam / Journal of Food Engineering, Vol. 67, Is. 4, 2005, Pp. 457-465
9. Yoshio Nishiyama, Wei Cao, Baoming Li. Grain intermittent drying characteristics analyzed by a simplified model / Journal of Food Engineering, Vol. 76, Is. 3, 2006, Pp. 272-279
10. Cherevko O., Kiptela L., Zagorulko A., Borysova A. IR-drying of non-traditional plant raw material / Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, Vol. 2, Is.1, Pp.65-67.

### References

1. Ostapchuk M.V. (2005), Enerhetychnyi ta ekolohichniy analiz zernosusharok, *Zerno i khlib*, 4, s.29-30.
2. Malin N.I. (2004), *Energoberegayushchaya sushka zerna*, Kolos, Moscow.
3. Digvir S. Jayas., Noel D.G. (2003), Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches, *Food Control*, 14(4), pp. 255-261.
4. V.K. Srivastava, J. John. (2002), Deep bed grain drying modeling, *Energy Conversion and Management*, 43(13), pp.1689-1708.
5. Chuanping Liu., Li Wang, Ping Wu, Fei Xiang. (2012), Size distribution in gas vibration bed and its application on grain drying, *Powder Technology*, 221, pp. 192-198.
6. Magdalena Zielinska, Stefan Cenkowski. (2012), Superheated steam drying characteristic and moisture diffusivity of distillers' wet grains and condensed distillers' soluble, *Journal of Food Engineering*, 109(3), pp.627-634.
7. Andrea N. Calzetta Resio, Roberto J. Aguerre, (2004), Constantino Suarez Drying characteristics of amaranth grain, *Journal of Food Engineering*, 65(2), pp. 197-203.
8. Zhongwei Tang., Stefan Cenkowski, Marta Izydorczyk. (2005), Thin-layer drying of spent grains in superheated steam, *Journal of Food Engineering*, 67(4), pp. 457-465.
9. Yoshio Nishiyama, Wei Cao, Baoming Li. (2006), Grain intermittent drying characteristics analyzed by a simplified model, *Journal of Food Engineering*, 76(3), pp. 272-279.
10. Cherevko O., Kiptela L., Zagorulko A., Borysova A. (2013), IR-drying of non-traditional plant raw material, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(1), pp. 65-67.

## Changes of indicators of quality gluten-free bread during storage

Vira Drobot, Anna Grischenko

National university of food technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Celiac disease  
Gluten-free  
Bread  
Staling

---

#### Article history:

Received 20.05.2013  
Received in revised form  
28.07.2013  
Accepted 03.04.2013

---

#### Corresponding author:

Anna Grischenko  
E-mail:  
grischenko\_anna@ukr.net

**Introduction.** The main role in the process of staling plays retrogradation of starch flour and transformation of denatured protein gluten, which gradually lose moisture during storage. Retarding staling proteins lose moisture 5-7 times slower starch. Due to the lack of data important investigate staling of gluten-free baked goods.

**Materials and method.** It was investigated a gluten-free bread made from a mixture of starch with the addition of rice, corn, and buckwheat flour within 48 hours of storage. The degree of staling was determined by the friability of the crumb, its water absorption capacity, the content of water-soluble substances. Structural and mechanical properties were evaluated by changes in the value of total deformation crumb. The amount of water due to various forms were determined by thermogravimetric method.

**Result.** During the first 24 hours of storage is rapidly losing the freshness of the bread starch that is largely due to desiccation. Determined that the crumb hardness increases sharply after 24 hours of storage for all kinds of products. Deterioration of structural and mechanical properties accompanied by increased friability crumb crumb, especially for products containing corn flour. Flour cereals slightly delays the staling compared with bread made from starch.

**Conclusion.** The results can be used to determine the shelf life of gluten-free bakery products and finding ways of extending it.

---

УДК 664:665

## Зміни показників якості безглютенового хліба при зберіганні

Віра Дробот, Анна Грищенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

## Вступ

Безглютеновий хліб виготовляють з безглютенової сировини, яка не містить білків клейковини. Такий хліб призначений для дієтичного харчування хворих на целиацію [1,2]. Під час зберігання відбувається погіршення споживчих властивостей безглютенових хлібобулочних виробів, що обумовлено процесом черствіння.

Вченими досить детально досліджено процеси черствіння, що відбуваються в пшеничному та житньому хлібі, але в літературних джерелах немає даних щодо дослідження процесів черствіння, які відбуваються в безглютеновому та безбілковому хлібі [3,4].

Під час зберігання хліба відбувається ретроградація клейстеризованих зерен крохмалю, денатурованих білків борошна, втрата його свіжості. Черствіння хліба супроводжується змінами мікроструктури м'якушки. Об'єм частково клейстеризованих зерен крохмалю з часом зменшується, що пов'язано з втратою вологи та утворенням кристалічної структури крохмалю. Внаслідок таких змін між зернами крохмалю і денатурованими білками утворюються повітряні прошарки.

Черствіння призводить до погіршення структурно-механічних властивостей м'якушки та зниження споживчих властивостей хліба, які проявляються у підвищенні кришкуватості, жорсткості м'якушки, зменшенні її пружності та еластичності, зміні смаку і аромату. Скоринка хліба втрачає глянець, стає жорсткою [5].

В рецептурах безглютенових хлібобулочних виробів використовують рисове, кукурудзяне і гречане борошно, різні види крохмалю [2, 6]. На кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій (м. Київ) розроблено рецептури безглютенового хліба з рисовим, кукурудзяним і гречаним борошном. Вміст борошна круп'яних культур у таких рецептурах складає 15-30 %, що встановлено за результатами пробних лабораторних випікань. Основну частину сировини в рецептурі складає крохмаль (картопляний і кукурудзяний). За даними розрахунків кількість білків в таких виробках становить 0,7-1,8 г/100 г продукту.

Властивості білків цих видів борошна значно відрізняються від властивостей білків клейковини (білки рисового та кукурудзяного борошна малорозчинні у воді і погано набухають). Вміст білків у безглютеновому хлібі менший, в порівнянні з пшеничним хлібом, тому головну роль в черствінні відіграє крохмаль.

## Матеріали та методи

Хліб, випечений в лабораторних умовах, аналізували через 4...48 год. Структурно-механічні властивості м'якушки хліба та їх зміну під час зберігання визначали, вимірюючи деформацію м'якушки на автоматизованому пенетрометрі АП-4/1. Для характеристики збереження виробами свіжості визначали кришкуватість, водопоглинальну здатність та вміст водорозчинних речовин м'якушки хліба. Дослідження форм зв'язку вологи у м'якушці хліба під час його зберігання проводили термогравіметричним методом на дериватографі Q-1500 при швидкості нагрівання зразка 1,5 °C/хв в діапазоні температур 20...250 °C. Кількість вільної та зв'язаної вологи розраховували за методикою А.М. Литвиненко [Дробот В.І. та ін. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва, К-2006].



## Результати та обговорення

З метою визначення збереження безглютеновим хлібом свіжості досліджували зміну деформації м'якушки хліба, гідрофільність та кришкуватість через 4, 24 та 48 год. після випікання. Контролем був хліб, виготовлений з крохмалю. Безглютеновий хліб з борошном круп'яних культур випікали за попередньо встановленими пробними лабораторними випіканнями співвідношеннями.

Встановлено, що загальна деформація м'якушки усіх досліджуваних виробів різко зменшується через 24 год зберігання (на 65 – 66 %). Через 48 год зберігання деформація м'якушки змінюється на 52-60 %, що значно менше, порівняно із втратами протягом перших 24 год зберігання. Такий результат обумовлений інтенсивним усиханням в перші години після випікання.

Таблиця 1. Зміна структурно-механічних властивостей м'якушки безглютенового хліба під час зберігання

Загальна деформація м'якушки, од. пенетрометра:	Хліб безглютеновий			
	контроль (хліб з суміші крохмалів)	з суміші крохмалів, з доданням борошна		
		рисового (30 %)	кукурудзяного (25 %)	гречаного (15 %)
через 4 год	70	70	69	58
через 24 год	23	24	23	20
через 48 год	12	13	13	12

Показники збереження свіжості для зразків відрізнялися незначно (рис. 1)

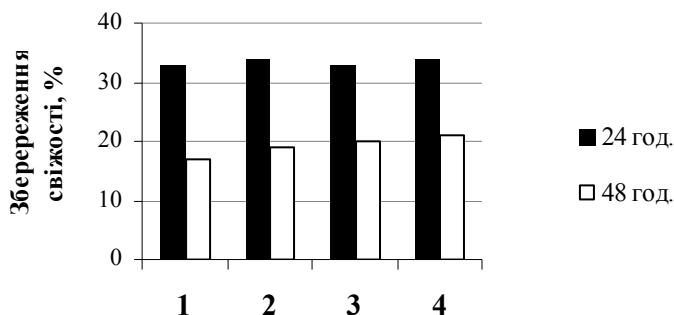


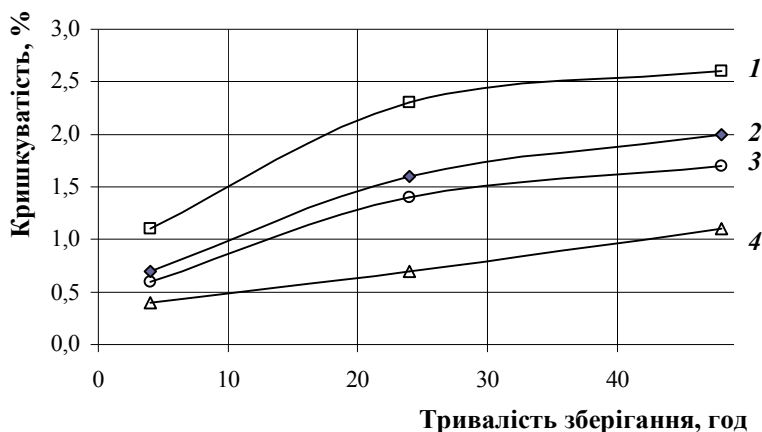
Рис. 1. Збереження свіжості безглютенового хліба.

1 – з крохмалю, 2 – з рисовим борошном,  
3 – з кукурудзяним борошном, 4 – з гречаним борошном.

Дослідження кришкуватості м'якушки безглютенового хліба, показало, що в процесі зберігання, внаслідок зменшення міцності стінок пор досліджуваного хліба, цей показник збільшується (рис. 2).

Кришкуватість хліба з кукурудзяним борошном найбільша, з усіх досліджуваних зразків, і перевищує цей показник для безглютенового хліба з крохмалю на 53,3 %. Найменшу кришкуватість має м'якушка безглютенового хліба з гречаним борошном, що обумовлено тим, що частинки кукурудзяного борошна, включені в стінки пор

хліба, з часом зменшуються в об'ємі, в більшій мірі ніж частинки рисового та гречаного борошна. При цьому утворюються тріщинки в стінках пор і вони стають крихкими.



**Рис. 2. Кришкуватість м'якушки безглютенового хліба, %:**

1 – з суміші кукурудзяного і картопляного крохмалів;  
2 – суміші картопляного і кукурудзяного крохмалів з додаванням борошна:  
2 – рисового (30 %), 3 – кукурудзяного (25 %), 4 – гречаного (15%).

Найнижчі значення показника кришкуватості в хлібі з гречаним борошном можна пояснити товстостінною структурою пористості, яка утворюється внаслідок наявності в гречаному борошні частково клейстеризованих зерен крохмалю та високого вмісту водорозчинних білків.

Ступінь свіжості оцінювали також за показниками гідрофільності та вмісту водорозчинних речовин у м'якушці хліба.

При вивченні гідрофільних властивостей м'якушки безглютенового хліба встановлено (табл. 2), що водопоглинальна здатність м'якушки хліба з додаванням рисового і кукурудзяного борошна перевищує контрольний зразок (на 8,6-9,0%), що обумовлено краще розвинутою структурою пористості. Водопоглинальна здатність зразка з гречаним борошном менша від контрольного на 26,7 %, внаслідок товстостінної крупної пористості. Під час зберігання спостерігається зменшення водопоглинальної здатності м'якушки в усіх зразках.

Ступінь черствіння виробів під час зберігання характеризує також зміна співвідношення зв'язаної та вільної води. Зважаючи на різний хімічний склад рисового, кукурудзяного і гречаного борошна, досліджували вплив борошна круп'яних культур на вміст зв'язаної та вільної води у м'якушці безглютенового хліба.

Визначення форм зв'язку води в хлібі проводили термогравіметричним методом на дериватографі Q-1500. Нагрівання зразків м'якушки хліба здійснювали зі швидкістю 1,25 °C/хв в діапазоні температур 20...250 °C.

Результати аналізу термогравіметричних кривих показують (табл. 3), що порівняно з хлібом з крохмалю вміст зв'язаної води через 24 год після випікання в хлібі безглютеновому з кукурудзяним борошном вищий на 7,8 %, в хлібі

безглютеновому з рисовим борошном – на 4,7 %, а в хлібі з гречаним борошном – на 17,5 %.

Отримані дані свідчать, що білки борошна круп'яних культур зв'язують воду і дещо затримують процес черствіння. Зміна кількості зв'язаної води залежить від кількості білкових речовин та їх здатності набухати і утримувати воду. В даному випадку на кількість зв'язаної води в хлібі впливає збільшення масової частки вологи в тісті до 52 та 54 % при доданні борошна круп'яних культур. Втрата зв'язаної води виробами незначна.

Найбільше зв'язаної вологи в хлібі з гречаним борошном, оскільки гречане борошно має більшу, в порівнянні з рисовим і кукурудзяним, водопоглинальну здатність.

**Таблиця 2. Зміна гідрофільних властивостей м'якушки безглютенового хліба**

Показник, термін зберігання	Хліб безглютеновий			
	контроль (хліб з суміші крохмалів)	з суміші крохмалів, з доданням борошна		
		рисового (30 %)	кукурудзяного (25 %)	гречаного (15 %)
<b>Водопоглинальна здатність, %, на СР, через:</b>				
4 год	265	290	288	194
24 год	254	265	263	179
48 год	202	221	215	122
<b>Вміст водорозчинних речовин, %, через:</b>				
4 год	0,8	1,2	1,5	4,1
24 год	0,7	0,9	1,3	3,8
48 год	0,5	0,8	1,2	3,6

**Таблиця 3. Кінетичні параметри дериватограм м'якушки безглютенового хліба**

Зразки хліба	Тривалість зберігання, год	Масова частка вологи, % до загальної кількості		Втрати зв'язаної вологи, %
		вільна	зв'язана	
безглютеновий з суміші крохмалів	24	68,0	32,0	-
	48	70,1	28,5	3,5
безглютеновий з кукурудзяним борошном	24	65,5	34,5	-
	48	68,6	31,4	3,1
безглютеновий з рисовим борошном	24	66,5	33,5	-
	48	69,3	30,7	2,8
безглютеновий з гречаним борошном	24	62,4	37,6	-
	48	65,9	35,5	2,1

## Висновки

Борошно круп'яних культур незначно впливає на збереження безглютеновим хлібом свіжості. Не зважаючи на те, що вміст зв'язаної води у виробках з борошном круп'яних культур на 4-17 % більший, порівняно з хлібом з крохмалю, її втрати під час зберігання в зразках впливають на зміни структурно-механічних властивостей м'якушки всіх зразків і значно погіршують органолептичні показники. З метою запобігання черствіння безглютенових хлібобулочних виробів необхідно застосовувати різні технологічні заходи, що сприятимуть поглибленню перетворення крохмалю під час приготування тіста, використовувати добавки, що містять інгредієнти, які затримують процес черствіння.

## Література

1. Кузнецова Л. И. Научные основы разработки безглютеновых смесей / Л. И. Кузнецова, Г. В. Мельникова, Н. Д. Синявская // Хлебопечение России. –2001. – № 3. – С. 30–31.
2. Технология отечественных безглютеновых изделий для лечебного и профилактического питания / Л. Кузнецова, О. Афанасьева, Н. Синявская [и др.] // Хлебопродукты. –2007. – № 9. – С. 44–45.
3. Продукты детского лечебного и профилактического питания на основе крахмала и крахмалопродуктов / Н. Р. Андреев, Н. Д. Лукин, С. Т. Быков [и др.] // Пищевая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 16–17.
4. Acs. E. Bread from the corn starch for dietetic purposes. Structure formation // E. Acs, Zs. Kovaces, S. Matus // Cereal Res. Commun. – 1996. – Vol. 24, № 4. – P. 441 – 449.
5. Hug-Iten S. Staling of bread role of amylose and amilopectin and influence of starch-degrading enzymes / S. Hug-Iten, F. Escher, B. Conde-Petit // Cereal Chem. – 2003. – Vol. 80, № 6. –P. 654–661.
6. Sancher H. D. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch / H. D. Sancher, C. A. Oletta, A. M. Torre // Food Sci. –2002. –Vol. 67, № 1. – P. 416–419.
7. Alice V. Moroni, Fabio Dal Bello, Elke K. Arendt. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? // Food Microbiology, Volume 26, Issue 7, 2009, Pp. 676-684.
8. Carola Cappa, Mara Lucisano, Manuela Mariotti. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality / Carbohydrate Polymers, Volume 98, Issue 2, 6 2013, Pp. 1657-1666.
9. Rafał Ziobro, Teresa Witczak, Lesław Juszcak, Jarosław Korus. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic / Food Hydrocolloids, Volume 32, Issue 2, 2013, Pp. 213-220
10. Shigeki Hamada, Keitaro Suzuki, Noriaki Aoki, Yasuhiro Suzuki. Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae* / Journal of Cereal Science, Volume 57, Issue 1, 2013, Pp. 91-97.
11. Luchian M. I. Influence of water on dough rheology and bread quality / Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies / - 2013. - Vol.2. - Is.1. - Pp. 56-59.
12. Zlateva D., Chonova V., Chochkov R., Karadzhev Gr. (2011). Impact of the transport packaging type on the freshness of bread / Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века. II Международная научно-практическая конференция. Кубанский Государственный Технологический Университет. – Краснодар. - С. 245-250

## References

1. Kuznetsova L. I., Mel'nikova G. V., Sinyavskaya N. D. (2001), Nauchnye osnovy razrabotki bezglyutenovykh smesey, *Khlebopechenie Rossii*, 3, pp. 30–31.
2. Kuznetsova L., Afanas'eva O., N. Sinyavskaya O. (2007), Tekhnologiya otechestvennykh bezglyutenovykh izdeliy dlya lechebnogo i profilakticheskogo pitaniya, *Khleboprodukty*, 9, pp. 44–45.
3. Andreev N. R., Lukin N. D., Bykov S. T. (2010), Produkty detskogo lechebnogo i profilakticheskogo pitaniya na osnove krakhmala i krakhmaloproduktov, *Pishcheyaya promyshlennost'*, 2, pp. 16–17.

4. Acs E., Kovacs Zs., Matus S. (1996), Bread from the corn starch for dietetic purposes. Structure formation, *Cereal Res*, 24(4), pp. 441 – 449.
5. Hug-Iten S., Escher F., Conde-Petit B. (2003), Staling of bread role of amylose and amilopectin and influence of starch-degrading enzymes, *Cereal Chem*, 80(6), pp. 654–661.
6. Sancher H. D., Oletta PP. A., Torre A. M. (2002), Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch, *Food Sci*, 67(1), pp. 416–419.
7. Alice V. Moroni, Fabio Dal Bello, Elke K. Arendt. (2009), Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue?, *Food Microbiology*, 26(7), pp. 676-684.
8. Carola Cappa, Mara Lucisano, Manuela Mariotti. (2013), Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality, *Carbohydrate Polymers*, 98(2), pp. 1657-1666.
9. Rafał Ziobro, Teresa Witczak, Lesław Juszczak, Jarosław Korus. (2013), Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic, *Food Hydrocolloids*, 32(2), pp. 213-220.
10. Shigeki Hamada, Keitaro Suzuki, Noriaki Aoki, Yasuhiro Suzuki. (2013), Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae*, *Journal of Cereal Science*, 57(1), pp. 91-97.
11. Luchian M. I. (2013), Influence of water on dough rheology and bread quality, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(1), pp. 56-59.
12. Zlateva D., Chonova V., Chochkov R., Karadzhov Gr. (2011). Impact of the transport packaging type on the freshness of bread, *Khlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdeliya XXI veka, II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, Kubanskiy Gosudarstvennyy Tekhnologicheskiiy Universitet, Krasnodar, pp. 245-250.

## Modified starch properties

Oksana Melnik, Iryna Dovgun

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

**Keywords:**

Modification,  
Starch  
Crystallinity  
Paste

---

**Article history:**

Received 09.06.2013  
Received in revised form  
26.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

**Corresponding author:**

Oksana Melnik  
E-mail:  
oxana7@i.ua

**Introduction.** Physical, chemical and biochemical processing enables to get different types of modified starch whose properties significantly differ from the native one. The purpose of the research is to identify and compare the properties of physically and chemically processed potato and native starches.

**Materials and methods.** 6 kinds of modified starch is studied. The ability of the starch to jelly forming was determined by the way of starch paste brewing of a high concentration. The degree of crystallinity was designated by the Matthews method.

**Results.** The temperature of gelatinization dropped and the duration of the paste formation changed after modification. The modified starch not form jelly; its paste has different organoleptic characteristics and can be used in directed foodstuffs production. By starch processing the ratio of the crystallized and amorphous phases changed, accordingly the ability of the starch to digestion by a human body altered.

**Conclusion.** Starch modification leads to the formation of new properties and expands opportunities of its use. We recommend to use specific types of modified starches for production of jelly, confectionery gels, condiments and sauces, fillings, puddings.

---

УДК 664.87

## Властивості модифікованого крохмалю

Оксана Мельник, Ірина Довгун

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

### Вступ

Крохмаль – це цінний полісахарид, який необхідний для харчування людини і забезпечення функціонування її організму. В результаті модифікації крохмаль набуває властивості утримувати воду у різних середовищах, що дозволяє отримати продукт необхідної консистенції. Його використовують в кулінарії, для виготовлення кондитерських виробів, деяких видів ковбас, концентратів, в харчовій та інших галузях промисловості. Широкому застосуванню крохмалю сприяють його технологічні властивості: здатність до набухання і клейстеризації, а також структуроутворення.

Світове виробництво крохмалю і його похідних збільшується з кожним роком і на даний момент нараховує більше 200 видів модифікованих крохмалів. Аналіз сучасних літературних джерел дозволяє виділити наступні групи модифікованих

крохалів, які найбільше використовуються в харчовій промисловості: набухаючі, розщеплені, окислені, заміщені, зшиті та оксиалкільовані.

Більшість досліджень були направлені на отримання модифікованих крохмалів з різними технологічними властивостями (гелеутворення, загущення). Тому актуальними є визначення зміни структури крохмалю після модифікації, і впливу різних способів оброблення нативного крохмалю на технологічні властивості, засвоюваність їх похідних у організмі людини.

### Матеріали і методи

Для дослідження використовували нативний картопляний крохмаль і картопляні крохмалі різних модифікацій виробництва Швейцарії:

- 1 - нативний картопляний крохмаль
- 2 - загусник холодного набухання Microlys FHO 2 (E 402)
- 3 - гелеутворювач Lysceby 123 (E1420)
- 4 - загусник Microlys 56
- 5 - загусник Lysceby 11200
- 6 - загусник Microlys 54 (E1442)

Дослідження температури клейстеризації модифікованих крохмалів проводили шляхом заварювання крохмального клейстеру з 3 г крохмалю і 150 мл води на водяній бані.

Для дослідження здатності модифікованих крохмалів до драглеутворення заварювали висококонцентровані клейстери. Брало 10 г крохмалю і добавляли 50 см<sup>3</sup> дистильованої води кімнатної температури і ретельно перемішували. Потім суспензію поступово заливали 40 мл гарячої дистильованої води, перемішували і кип'ятили 1 хв. Клейстер виливали в стакан на 100 мл, встановлювали на водяну баню (t = 17-20 °C) і видержували 60 хв. Драглі виймали з стакану і давали органолептичну оцінку.

Ступінь кристалічності модифікованих крохмалів визначали, використовуючи метод Метьюза на приладі ДРОН-3.

### Результати та обговорення

Крохмальні полісахариди є реакційно-здатними сполуками, які активно взаємодіють з іонами металів, кислотами, окислювачами, поверхнево-активними речовинами. Це дозволяє модифікувати молекули крохмалю і змінювати їх здатність до клейстеризації.

Визначено температуру клейстеризації модифікованих крохмалів (таблиця 1).

Таблиця 1. Температура клейстеризації модифікованих крохмалів у порівнянні з нативним

№ зразку	Температура клейстеризації, °C	Час утворення клейстеру, хв
1	67	4
2	18	1
3	62	2
4	62	5
5	60	3
6	62	7

В результаті модифікації крохмалю температура його клейстеризації зменшилася, а також змінилася тривалість утворення клейстеру. Зменшення температури клейстеризації крохмалю дозволить розширити сферу його використання, зменшити затрати енергії для приготування клейстеру, а крохмалі з низькою температурою клейстеризації (18–20°C) можна використовувати у виробництві продуктів швидкого приготування, які не потребують тривалого кулінарного оброблення.

Вплив різних видів модифікації на органолептичні властивості готових продуктів досліджували на прикладі клейстерів модифікованих крохмалів підвищеної концентрації. Здатність утворювати драгли – одна з важливих характеристик крохмалю, яка визначає специфіку його використання. Утворення крохмальних драглів відбувається після охолодження крохмальних клейстерів високих концентрацій в результаті упорядкування структури. Властивості драглів і їх міцність залежать від виду крохмалю, тривалості і температури приготування клейстеру, інтенсивності перемішування, наявності добавок і умов охолодження.

Проведено органолептичну оцінку клейстерів модифікованих крохмалів підвищеної концентрації (таблиця 2).

**Таблиця 2. Органолептична оцінка крохмальних клейстерів**

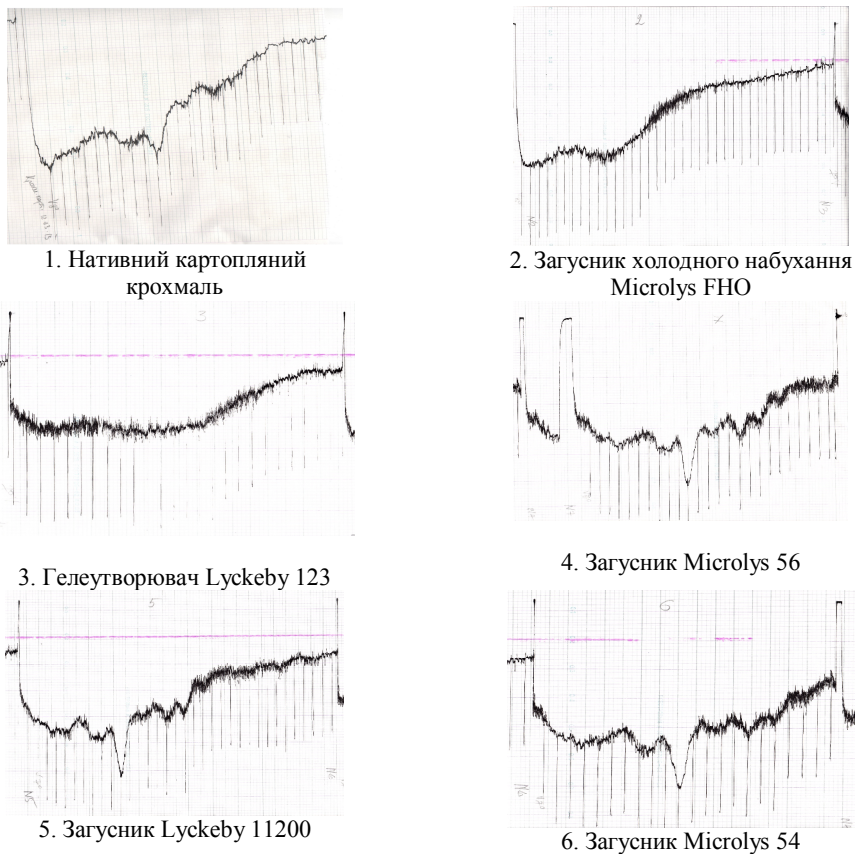
Зразок	Органолептична оцінка
1	Утворює в'язкий, густий коротко-рваний клейстер світло-сірого кольору, непрозорий, не стійкий в процесі зберігання.
2	Утворює високов'язкий клейстер, прозорий. Не утворює драглю.
3	Утворює рідкий сіруватий клейстер з плівкою на поверхні, текучий.
4	Утворює високов'язкий коротко-рваний клейстер, прозорий, однорідний.
5	Утворює рідкий, текучий клейстер сірого кольору з утворенням плівки.
6	Утворює густий однорідний клейстер світло-сірого кольору, відносно прозорий, коротко-рваний. Не утворює драглю.

Зауважимо, що досліджені крохмалі характеризуються низькою здатністю до драглеутворення при вибраній концентрації. Отримані характеристики крохмальних клейстерів показують, що в процесі модифікації відбуваються зміни в структурі крохмальних молекул, головним чином за рахунок розриву існуючих зв'язків та утворення нових. Це впливає на характер утворюваних клейстерів модифікованих крохмалів. Тому, для різних технологічних режимів виробництва харчових продуктів, які містять структуроутворювачі, модифіковані крохмалі можна використовувати, як замітники нативних крохмалів таким чином: загусник холодного набухання Microlys FHO 2 для виробництва киселю, гелеутворювач Lyskeby 123 для кондитерських гелів, загусник Microlys 56 для приправ та соусів, загусник Lyskeby 11200 для начинок, загусник Microlys 54 для пудингів.

Крохмаль відноситься до сполук, які в поляризованому світлі під мікроскопом мають вигляд сферокристалів (під час росту крохмальних зерен відбувається орієнтація розгалужених полісахаридних ланцюгів в радіальному напрямку). Це сприяє утворенню областей з впорядкованою структурою, властивою кристалам, характер яких впливає на властивості крохмальних полімерів.

Відомо, що ступінь кристалічності впливає на засвоюваність продукту людським організмом. За допомогою рентгенографічного методу проводили визначення співвідношення кристалічної та аморфної фаз у модифікованих крохмалях. Отримані рентгенограми наведені на рисунку 1.





**Рис. 1. Дифрактограми нативного та модифікованих крохмалів**

Рентгенограми, зняті при опроміненні зразків модифікованих крохмалів показали, що після застосування різних модифікацій нативного картопляного крохмалю їх відносний ступінь кристалічності змінився.

Аналіз дифрактограм крохмалю говорить про те, що ступінь кристалічності в цілому змінюється, за рахунок розриву існуючих зв'язків і утворення нових в процесі модифікації. На кривих 4, 5, 6 ми спостерігаємо зміну характеру кристалічної структури крохмалю в порівнянні з нативним, про це свідчить поява дифракційних максимумів, які не так проявлялися на дифрактограмах нативного крохмалю. Рентгенограми, зняті при опроміненні 2 і 3 зразків показали, що їх кристалічність значно змінилася. На дифрактограмах ми спостерігаємо утворення кривих без піків, що свідчить про зникнення кристалів і утворення аморфної структури крохмалів, тобто за рахунок такого оброблення відбувається збільшення розміру елементарної комірки структури при одночасному зменшенні розмірів блоків мозаїки.

Дослідження кристалічності показало, що в процесі модифікації ступінь кристалічності для зшитих і окислених крохмалів збільшується в порівнянні з нативним, для набухаючих – зменшується. Зменшення ступеня кристалічності призводить до кращої атакованості крохмалю ферментами і легкому засвоюванню крохмальних продуктів.

## Висновки

Встановлено температуру клейстеризації різних видів модифікованих крохмалів, що дозволить вибрати режим, при яком доцільно проводити оброблення крохмалю для застосування у різних харчових виробництвах. Після модифікації дещо змінилося співвідношення кристалічної та аморфної фаз, що впливає на засвоєння крохмалю організмом людини. Встановлено, що не всі крохмалі здатні утворювати драгли, але утворюють клейстери з різними органолептичними показниками. Такі крохмалі є промисловим вирішенням при виробництві соусів та кетчупів, гелів та начинок.

Отже, модифікація нативних крохмалів призводить до утворення у них нових властивостей і розширює можливості їх застосування в харчовій промисловості.

## Література

1. C. Primo-Martín, N.H. van Nieuwenhuijzen, R.J. Hamer, T. van Vliet. Crystallinity changes in wheat starch during the bread-making process: Starch crystallinity in the bread crust / *Journal of Cereal Science*, Vol. 45, Is. 2, 2007, Pp. 219-226
2. Galileu Rupollo, Nathan Levien Vanier, Eleessandra da Rosa Zavareze, Maurício de Oliveira, Juliane Mascarenhas Pereira, Ricardo Tadeu Paraginski, Alvaro Renato Guerra Dias, Moacir Cardoso Elias. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions / *Carbohydrate Polymers*, Vol. 86, Is. 3, 2011, Pp. 1403-1409
3. Susanne L. Jensen, Fan Zhu, Varatharajan Vamadevan, Eric Bertoft, Koushik Seetharaman, Ole Bandsholm, Andreas Blennow. Structural and physical properties of granule stabilized starch obtained by branching enzyme treatment / *Carbohydrate Polymers*, Vol. 98, Is. 2, 2013, Pp.1490-1496
4. Nathan Levien Vanier, Eleessandra da Rosa Zavareze, Vânia Zanella Pinto, Bruna Klein, Fabiana Torma Botelho, Alvaro Renato Guerra Dias, Moacir Cardoso Elias. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite / *Food Chemistry*, Vol.e 131, Is. 4, 2012, Pp. 1255-1262.
5. C. Hernández-Jaimes, L.A. Bello-Pérez, E.J. Vernon-Carter, J. Alvarez-Ramirez. Plantain starch granules morphology, crystallinity, structure transition, and size evolution upon acid hydrolysis / *Carbohydrate Polymers*, Vol. 95, Is. 1, 2013, Pp. 207-213
6. Филлипс Г.О. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс; пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сафоновой. – СПб.: ГИОРД, 2006.-536 с.
7. Литвяк В.В. Крахмал и крахмалопродукты: монография / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков, С.М. Бутрим, Л.Н. Козлова; под ред. д-ра техн. наук, профессора Ю.Ф. Рослякова. – Краснодар: Изд. ФГБОУВПО «КубГТУ», 2013. – 204 с.
8. Литвяк В.В. Атлас. Морфология крахмала и крахмалопродуктов / В.В. Литвяк, Н.К. Юркштович, С.М. Бутрим, В.В. Москва. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 217 с.
9. Литвяк, В.В. Механизм химической модификации крахмала / В.В. Литвяк, Ю.Ф. Росляков // *Известия высших учебных заведений. Серия Пищевая технология*, 2013. – №2–3. – С. 31–35.
10. Литвяк В.В. Исследование особенностей механизма химической модификации крахмала / Владимир Литвяк, Валентина Москва, Ольга Ромашко, Николай Юркштович, Федор Капуцкий // *Наука и инновации: научно-практический журнал*. – №9(115). – 2012. – С. 64–69.
11. Литвяк В.В. Порівняльна оцінка властивостей деяких видів крохмалю та їх вплив на якість хлібних виробів / В.В. Литвяк, Д.П. Лісовська, О.В. Грабовська // *Цукор України: науково-практичний галузевий журнал*. – №4 (64), 2011. – С. 48–53.

## References

1. P. Primo-Martín, N.H. van Nieuwenhuijzen, R.J. Hamer., T. van Vliet. (2007), Crystallinity changes in wheat starch during the bread-making process: Starch crystallinity in the bread crust, *Journal of Cereal Science*, 45(2), pp. 219-226.
2. Galileu Rupollo, Nathan Levien Vanier, Eleessandra da Rosa Zavareze, Maurício de Oliveira, Juliane Mascarenhas Pereira, Ricardo Tadeu Paraginski, Alvaro Renato Guerra Dias, Moacir Cardoso Elias. (2011), Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch

- isolated from beans stored under different atmospheric conditions, *Carbohydrate Polymers*, 86(3), pp. 1403-1409.
3. Susanne L. Jensen, Fan Zhu, Varatharajan Vamadevan, Eric Bertoft, Koushik Seetharaman, Ole Bandsholm, Andreas Blennow. (2013), Structural and physical properties of granule stabilized starch obtained by branching enzyme treatment, *Carbohydrate Polymers*, 98(2), pp.1490-1496.
  4. Nathan Levien Vanier, Elessandra da Rosa Zavareze, Vânia Zanella Pinto, Bruna Klein, Fabiana Torma Botelho, Alvaro Renato Guerra Dias, Moacir Cardoso Elias. (2012), Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite, *Food Chemistry*, 131(4), pp. 1255-1262.
  5. C. Hernández-Jaimes, L.A. Bello-Pérez, E.J. Vernon-Carter, J. Alvarez-Ramirez. (2013), Plantain starch granules morphology, crystallinity, structure transition, and size evolution upon acid hydrolysis, *Carbohydrate Polymers*, 95(1), pp. 207-213.
  6. Fillips G.O., Vil'yams P.A. (2006), *Spravochnik po gidrokolloidam*, GIORD, Sankt-Peterburg.
  7. Litvyak V.V., Roslyakov Yu.F., Butrim S.M., Kozlova L.N. (2013), *Krakhmal i krakhmaloprodukty: monografiya*, Krasnodar.
  8. Litvyak V.V., Yurkshtovich N.K., Butrim S.M., V.V. (2013), *Morfologiya krakhmala i krakhmaloproduktov*, Moskva.
  9. Litvyak V.V., Roslyakov Yu.F. (2013), Mekhanizm khimicheskoy modifikatsii krakh mala, *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya Pishchevaya Tekhnologiya*, 2(3), S. 31–35.
  10. Vladimir Litvyak, Valentina Moskva, Ol'ga Romashko, Nikolay Yurkshtovich, Fedor Kaputskiy. (2012), Mekhanizm khimicheskoy modifikatsii krakhmala, *Nauka i innovatsii: nauchno-prakticheskii zhurnal*, 9(115), pp. 64–69.
  11. Litviak V.V., Lisovska D.P., Hrabovska O.V. (2011), Porivnialna otsinka vlastyvostei deiakykh vydiv krokhmalu ta yikh vplyv na yakist khlіbnykh vyrobiv, *Tsukor Ukrainy*, 4(64), pp. 48–53.

## Technology bread products which are enriched by iodines

Yelena Solovyova<sup>1</sup>, Tatyana Batrakova<sup>1</sup>, Oleksii Gubenia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Branch of Moscow State University of Technology and Management "K. G. Razumovskiy" in Meleuz, The Republic of Bashkortostan

<sup>2</sup>National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Iodine  
Bread  
Bashkortostan

---

#### Article history:

Received 21.05.2013  
Received in revised form  
29.07.2013  
Accepted 03.04.2013

---

#### Corresponding author:

Yelena Solovyova  
E-mail:  
solovyova25@yandex.ru

**Introduction.** The change of the human diet increases the role of bread. The bakery products creation for special purposes, which have therapeutic or prophylactic properties, thanks to the addition of iodine drugs to the formulation is promising.

**Materials and methods.** The criteria for the enrichment of bread are selected on the basis of biomedical, technological and economic aspects. Determination of iodine was performed by standard methods.

**Result.** The expediency of making dietary supplements Fitoyod of 0.0001 kg per 100 kg of flour for making bread from wheat flour, regardless of the method of preparation and formulation of the test. Scientifically justified use of dietary supplements, Fitoyod for the enrichment of bread intended for the prevention of diseases related to iodine deficiency. The chemical composition and technological properties of dietary supplements Fitoyod, allowing research to substantiate the possibility of its use and administration in the production of bread. The effect of dietary supplements Fitoyod on the process of maturation of the test and the quality of finished products depending on various technological factors: dosage of dietary supplements Fitoyod composition formula and method of preparation of the test.

**Conclusion.** The research resulted in the practical application of scientifically proven dietary supplement Fitoyod to create a new kind of bakery products enriched with physiologically functional food ingredients in, intended for the prevention of diseases related to iodine deficiency in the Republic of Bashkortostan.

---

УДК 664.6/7

## Разработка технологии хлебных изделий обогащенных йодосодержащими препаратами

Елена Соловьёва<sup>1</sup>, Татьяна Батракова<sup>1</sup>, Олексий Губеня<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» в г. Мелеузе, Республика Башкортостан

<sup>2</sup>Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

## Введение

Йод является важнейшим микроэлементом, обеспечивающим нормальное функционирование щитовидной железы и других органов и систем человеческого организма. Дефицит йода - одно из наиболее распространённых алиментарных заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно у 2 млрд. людей на Земле диагностируется та или иная степень дефицита йода.

Недостаточное поступление йода в организме обусловлено низким содержанием этого микроэлемента в питьевой воде и пищевых продуктах, что связано как с особенностями геохимического состава почв, так и со структурой питания населения [Постановление Правительства Российской Федерации № 1119 от 05.10.1999г. «О мерах по профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода»]

Приведём пример природного содержания йода в Республике Башкортостан. Природная среда Республики Башкортостан характеризуется низкими величинами содержания йода: 4,5-5,3 мг/кг в почве, 40 мкг/л в воде и 0,03-0,22 мг/кг в растительных продуктах (в расчете на сухое вещество), что определяет рост заболеваемости щитовидной железы. По данным Министерства здравоохранения, заболеваемость, вызываемая поражением щитовидной железы, возросла в стране за последние 10 лет в 9-11 раз. Дети и подростки с эндемическим зобом составляют 39-57 %; с видимым зобом и формами аденоматозного зоба – 3,5-6,5%; с аутоиммунным зобом – 1,9-5,2%. Возросла в 5-6 раз заболеваемость и другими патологиями щитовидной железы, в частности онкозаболеваниями, увеличилось число осложнений с проявлением сердечной недостаточности и др.

Незначительное количество йода можно получить при потреблении натуральных продуктов (морепродукты незамороженные – морская капуста, морская рыба, креветки, кальмары). Дополнительное потребление йода обеспечивается йодированием поваренной соли и использованием её в пищевой промышленности, а также включением в пищу различных йодсодержащих добавок.

Целью настоящей работы явилось изучение возможности использования различных йодсодержащих препаратов, разрешенных органами здравоохранения РФ, для обогащения хлеба и хлебобулочных изделий на территории Республики Башкортостан.

## Материалы и методы

Системный подход, обуславливающий выбор основных критериев обогащения хлеба и хлебобулочных изделий, включает медико-биологические, технологические и экономические аспекты.

Медико-биологические вопросы включают выбор обогащающих препаратов, их дозировки, усвояемость йода [14]. В качестве технологических критериев обогащения хлеба и хлебобулочных изделий йодом учитываются: совместимость йодсодержащего препарата с рецептурными компонентами изделий; технологичность (простота, удобство применения); комплексное изучение влияния препарата на качество хлеба, свойства теста, показатели микробиологической безопасности хлеба; сохранность йода в ходе технологического процесса производства и хранения обогащенных изделий.

Количество вносимого йодсодержащего препарата при выпечке хлеба определяли исходя из содержания йода в используемом препарате, предполагаемых

потерь йода в процессе производства и хранения продукта и уровня обогащения хлеба йодом. Определение содержания йода проводили в научно-исследовательской лаборатории «Пищевые технологии» (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.517264) филиала Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского в г. Мелеузе Республики Башкортостан, методом инверсионной вольтамперометрии на вольтамперметрическом анализаторе «ЭКОТЕСТ-ВА» (свидетельство № 001-118-04 об аттестации МВИ).

Обогащали данный продукт с учетом того, что в суточном количестве потребляемого хлеба (330 г) должно содержаться не более 75 мкг йода, что соответствует половине его суточной норме [Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПин 2.3.2.1078-01. – Москва, 2002].

## Результаты и обсуждение

Йодсодержащий препарат не должен ухудшать органолептические и физико-химические показатели качества обогащенных продуктов по сравнению с базовым вариантом.

Биологически активная добавка «Фитойод» используется в пищевой промышленности для обогащения молочных продуктов в качестве источника йода (Свидетельство о государственной регистрации № 77.99.23.3 У. 13149.12.06 от 14.12.2006 г).

Синтезирован новый вид йодсодержащей биологически активной добавки «Фитойод» для обогащения пищевых продуктов (патенты РФ № 2265376 и № 2265377 от 10. 12. 2005 г.). «Фитойод» содержит йод в стабилизированной и биодоступной форме, а также другие ингредиенты (в частности, пектин), совместимые с пищевыми продуктами. Данное биологически активное соединение представляет собой легкорастворимый мелкодисперсный порошок, состоящий из компонентов растительного происхождения. Он не обладает аллергенными свойствами, обеспечивает пролонгированное действие йода, связывает и выводит из организма экотоксиканты как органического, так и неорганического происхождения. На основании экспертного заключения ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» (г. Москва) разрешено производство БАД «Фитойод» для использования в пищевой промышленности на территории РФ (Свидетельство о государственной регистрации № 77.99.23.3. У.131149.12.06 от 04.12.2006 г.). На XVIII Международной специализированной выставке «Агрокомплекс - 2008» в Уфе инновационная разработка филиала МГУТУ была отмечена дипломом I степени, золотой медалью и внесена в реестр «100 лучших товаров Республики Башкортостан».

Опытные образцы изготавливали в промышленных условиях на ОАО «Ишимбайский хлебокомбинат» в г. Ишимбае РБ. Для обогащения хлеба и хлебобулочных изделий исследованы следующие йодирующие препараты: йодисконцентрат; йодказеин; БАД «Фитойод». Растворы йодсодержащих препаратов вносили при замесе теста.

В опытных и контрольных образцах хлебов и хлебобулочных изделий определяли органолептические, физико-химические, микробиологические показатели после выпечки изделий и через 90 ч с момента изготовления. Образцы хлеба и хлебобулочных изделий, упакованные в термоусадочную пленку, исследованы на наличие дрожжей, плесеней и «картофельной» болезни хлеба. Данные эксперимента приведены в табл. 1,2.

**Таблица 1. Физико-химические показатели йодированного хлеба**

Образец хлеба	Йодсодержащий препарат	Показатели хлеба						Сохраняемость йода через 90 ч после выпечки, % от внесенного
		После выпечки			Через 90 ч после выпечки			
		влажность мякиша, %	кислотность мякиша, град	пористость мякиша, %	влажность мякиша, %	кислотность мякиша, град	пористость мякиша, %	
Из муки пшеничной высшего сорта, контроль	-	41,1	3,3	74,8	40,4	3,2	74,4	-
Из муки пшеничной высшего сорта	Йодис-концентрат	40,9	1,8	72,9	39,9	1,8	71,8	96
-//-	Йодказеин	41,2	2,0	73,4	39,9	1,8	72,0	95
-//-	Фитойод	40,0	1,8	77,1	37,6	1,9	76,3	96

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что внесение йодсодержащих препаратов не ухудшает нормируемые показатели хлеба, в том числе влажность, кислотность и пористость мякиша по сравнению с базовым вариантом (табл. 1). Более того внесение БАД «Фитойод» улучшает свойства теста и клейковины: уменьшаются разжижение и расплываемость теста; улучшается ряд показателей хлеба – удельный объем, формоустойчивость и пористость.

Установлена высокая сохранность йода при технологическом процессе производства хлеба с использованием различных йодсодержащих добавок, так и при хранении (от 95-96 %). Содержание йода после трех суток хранения изменяется незначительно в сравнении с исходным содержанием.

Кроме того, использование БАД «Фитойод» предотвращает «картофельную болезнь» и плесневение. При хранении хлеба «картофельная болезнь» не обнаружена ни в одном из образцов (табл. 2).

**Таблица 2- Микробиологические показатели хлеба, обогащенного БАД «Фитойод»**

Продукт	Показатель	Обсемененность при хранении		
		24ч	48ч	72ч
Хлеб из муки пшеничной высшего сорта	Дрожжи, КОЕ/г	н/о	н/о	н/о
	Плесени, КОЕ/г	н/о	н/о	н/о
	Определение картофельной болезни хлеба	н/о	н/о	н/о

## Выводы

Внесение исследованных йодсодержащих препаратов не изменяет органолептических показателей качества обогащенного хлеба по сравнению с контрольными образцами, что свидетельствует о совместимости йодсодержащих добавок с рецептурными компонентами теста и хлеба и о целесообразности обогащения ими хлеба и хлебобулочных изделий. Данные, полученные в результате исследований, являются основой для организации в Республике Башкортостан промышленного производства хлеба и хлебобулочных изделий, обогащенных йодом. По результатам проведенных исследований была разработана нормативная документация на новый вид хлеба, обогащенный БАД «Фитойод».

## Литература

1. T. Longvah, G.S. Toteja, A. Upadhyay. Iodine content in bread, milk and the retention of inherent iodine in commonly used Indian recipes / *Food Chemistry*, 2013, Volume 136, Issue 2, Pages 384-388
2. M. Haldimann, A. Alt, A. Blanc, K. Blondeau / Iodine content of food groups / *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, Volume 18, Issue 6, Pages 461-471
3. P.R. Bhagat, R. Acharya, A.G.C. Nair, A.K. Pandey, N.S. Rajurkar, A.V.R. Reddy. Estimation of iodine in food, food products and salt using ENAA / *Food Chemistry*, 2009, Volume 115, Issue 2, Pages 706-710
4. A-L Rauma, M-L Törmälä, M Nenonen, O Hänninen. Iodine status in vegans consuming a living food diet / *Nutrition Research*, Volume 14, Issue 12, 1994, Pages 1789-1795
5. Elena Korobova. Soil and landscape geochemical factors which contribute to iodine spatial distribution in the main environmental components and food chain in the central Russian plain / *Journal of Geochemical Exploration*, 2010, Volume 107, Issue 2, Pages 180-192
6. Ingrid Barikmo, Sigrun Henjum, Lisbeth Dahl, Arne Oshaug, Liv Elin Torheim. Environmental implication of iodine in water, milk and other foods used in Saharawi refugees camps in Tindouf, Algeria / *Journal of Food Composition and Analysis*, 2001, Volume 24, Issues 4-5, Pages 637-641
7. Shou-Zhuo Yao, Po Chen, Wan-Zhi Wei. A quartz crystal microbalance method for the determination of iodine in foodstuffs / *Food Chemistry*, Volume 67, Issue 3, 1999, Pages 311-316
8. Ray J. Winger, Jürgen König, Don A. House. Technological issues associated with iodine fortification of foods / *Trends in Food Science & Technology*, Volume 19, Issue 2, 2008, Pages 94-101
9. T Longvah, Y.G Deosthale. Iodine content of commonly consumed foods and water from the goitre-endemic northeast region of India / *Food Chemistry*, Volume 61, Issue 3, 1998, Pages 327-331
10. Neslihan Ekinci, Raci Ekinci, Yusuf Sahin. Determination of iodine and calcium concentrations in the bread improver using EDXRF / *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Volume 74, Issue 6, 2002, Pages 783-787
11. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: современные медико-биологические аспекты. // *Пищевая промышленность*. 2000. № 7. С 98-101.
12. Telichkun Yu., Telichkun V., Desik M., Kravchenko O., Marchenko A., Birca A., Stefanov S. Perspective direction of complex improvement of rusks, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. - 2013. - Vol. 2. - Is. 1. - Pp. 67-70.
13. Chochkov R. M., G.I. Karadzhev, G.T. Dobrev, V.M. Chonova. Effect of endoxylanase from *Bacillus subtilis* on barley flour gas formation properties and rheological properties of barley dough / *Харчова наука і технологія*. – 2011. - № 1(14). - С. 58-60.

## References

1. T. Longvah, G.S. Toteja, A. Upadhyay. (2013), Iodine content in bread, milk and the retention of inherent iodine in commonly used Indian recipes, *Food Chemistry*, 136(2), pp. 384-388.
2. M. Haldimann, A. Alt., A. Blanpp, K. Blondeau. (2005), Iodine content of food groups, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(6), pp. 461-471.
3. P.R. Bhagat, R. Acharya, A.G. Nair, A.K. Pandey, N.S. Rajurkar, A.V.R. Reddy. (2009), Estimation of iodine in food, food products and salt using ENAA, *Food Chemistry*, 115(2), pp. 706-710.



4. A.L Rauma., M.L Törmälä., M. Nenonen., O. Hänninen. (1994), Iodine status in vegans consuming a living food diet, *Nutrition Research*, 14(12), pp. 1789-1795.
5. Elena Korobova. (2010), Soil and landscape geochemical factors which contribute to iodine spatial distribution in the main environmental components and food chain in the central Russian plain, *Journal of Geochemical Exploration*, 107(2), pp. 180-192.
6. Ingrid Barikmo., Sigrun Henjum., Lisbeth Dahl., Arne Oshaug., Liv Elin Torheim. (2001), Environmental implication of iodine in water, milk and other foods used in Saharawi refugees camps in Tindouf, Algeria, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4-5).
7. Shou-Zhuo Yao., Po Chen., Wan-Zhi Wei. (1999), A quartz crystal microbalance method for the determination of iodine in foodstuffs, *Food Chemistry*, 67(3), pp. 311-316.
8. Ray J. Winger., Jürgen König., Don A. House. (2008), Technological issues associated with iodine fortification of foods, *Trends in Food Science & Technology*, 19(2), pp. 94-101.
9. T Longvah., Y.G Deosthale. (1998), Iodine content of commonly consumed foods and water from the goitre-endemic northeast region of India, *Food Chemistry*, 61(3), pp. 327-331.
10. Neslihan Ekinci., Raci Ekinci., Yusuf Sahin. (2002), Determination of iodine and calcium concentrations in the bread improver using EDXRF, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 74(6), pp. 783-787.
11. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N. (2000), Obogashchenie pishchevykh produktov mikronutrientami: sovremennye mediko-biologicheskie aspekty, *Pishchevaya promyshlennost'*, pp. 98-101.
12. Telichkun Yu., Telichkun V., Desik M., Kravchenko O., Marchenko A., Birca A., Stefanov S. (2013), Perspective direction of complex improvement of rusk wares, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(1), pp. 67-70.
14. Chochkov R. M., G.I. Karadzhov, G.T. Dobrev, Chonova V.M. (2011). Effect of endoxylanase from *Bacillus subtilis* on barley flour gas formation properties and rheological properties of barley dough, *Charcova nauka i tehnologiya*, 1(14), pp. 58-60.

## Effectiveness of combined disinfectants

**Natalia Gregirchak, Tetyana Lupyna, Tetyana Mordych**

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### ABSTRACT

**Keywords:**

Polyhexamethyleneguanidine,  
Disinfectant  
Microorganism  
Concentration  
Biocide

---

**Article history:**

Received 15.06.2013  
Received in revised form  
18.08.2013  
Accepted 26.09.2013

---

**Corresponding author:**

Tetyana Lupyna  
E-mail:  
tanya\_lupyna@ukr.net

Today there are many disinfectants, but a lot of them have such disadvantages as toxic effects on the human body, the destructive effects of materials, acquisition of resistance by microorganisms. One of the most promising groups of disinfectants is polyhexamethyleneguanidines (PHMG). But to enhance their performance prompted to create a new combination of biocidal products on the basis of PHMG, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> and investigate their antimicrobial properties. To study the antimicrobial properties was spent determining of the minimal inhibitory and biocidal concentrations of the created solutions by using the standard method of sequential serial dilutions. The research determined the antimicrobial action of disinfectants based on polyhexamethyleneguanidine salts in combination with hydrogen peroxide and ammonium persulfate. It is studied the efficiency of the drugs on the test-cultures of microorganisms of different groups (*Echerichia coli* IEM-1, *Bacillus subtilis* W-2, *Staphylococcus aureus* BMS-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* R-3). It was conducted a comparative evaluation of combined biocides based on PHMG, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on bacterial and conducted flora and set the minimal inhibiting and biocidal concentration of these drugs. These results demonstrated the feasibility of using created combined disinfectants and can help to choose the effective concentration, depending on the microbial contamination, but not less than 75 micrograms/ml.

---

УДК 648.14

## Ефективність дії комбінованих дезінфектантів

**Наталія Грегірчак, Тетяна Лупина, Тетяна Мордич**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

## Вступ

Виробництво якісної і безпечної продукції неможливе без дотримання на виробництві санітарно-гігієнічних вимог. Такі об'єкти, як технологічне обладнання, повітря, обслуговуючий персонал, пакувальні матеріали, потенційно становлять небезпеку мікробіологічного забруднення продукції, що виготовляється. Саме тому важливими технологічними етапами будь-якого, а особливо харчового, виробництва є дезінфекція та миття. Дезінфекція – завершальна стадія санітарної обробки, яка направлена на те, щоб забезпечити відповідність виробництва і продукції санітарним нормам [2].

Тому сьогодні все більше постає потреба у таких біоцидних препаратах, які б мали досить широкий спектр дії проти мікроорганізмів різних систематичних груп (бактерій, пліснявих грибів, дріжджів та ін.), подовжену тривалість дії, були нетоксичними і безпечними для людини а також не пошкоджували обладнання та матеріали [1].

Одними з найперспективніших сполук, що мають антимікробні властивості є полігексаметиленгуанідини (ПГМГ). На сьогодні вчені досліджують можливість їх використання як антисептиків для обробки рук [14], знезараження води [11] та навіть при лікуванні щелепно-лицьових захворювань [15]. Також відмічено низький рівень формування резистентності у мікроорганізмів відносно даних сполук [13]. Враховуючи те, що ПГМГ мають ряд переваг [7], створення комбінованих дезінфікуючих засобів на їх основі і дослідження антимікробних властивостей є актуальним.

## Літературний аналіз

Сьогодні на ринку України представлені дезінфікуючі засоби на різних основах (спиртові, альдегідні, четвертинні амонійні сполуки, хлор активні, фенольні, кисневмісні та ін.) традиційні хлоровмісні дезінфікуючі засоби (хлорамін, гіпохлорит та ін.). Однак більшість із них подразнюють шкіру та дихальні шляхи, є канцерогенними, їх активність відносно більшості мікроорганізмів не є досить високою. Також вони можуть мати руйнівний ефект на обладнання, інструменти та матеріали [4].

Для дезінфекції в різних галузях найчастіше застосовують такі *спирти*, як: етиловий, 1-пропанол, ізопропанол. Вони є екологічно безпечними і відносно нетоксичними, але не мають спороцидних властивостей, тобто не знищують спори мікроорганізмів. В концентраціях 60 - 90% активні по відношенню до вегетативних форм бактерій і грибів, мікобактерій. Однак, вони не володіють миючими властивостями, фіксують органічні забруднення і можуть пошкоджувати вироби з пластмас та гуми. Ще одним недоліком спиртів є легкозаймистість, тому при роботі з ними потрібно дотримуватися правил безпеки [10].

Препарати цього класу використовуються для обробки невеликих по площині поверхонь у приміщеннях, обладнання, предметів обстановки, приладів, важкодоступних для обробки та тих, що потребують швидкого знезараження та висихання. Спирти є також основними складовими антисептиків для шкіри [6].

*Альдегіди та засоби на їх основі* мають широкий спектр антимікробної дії (бактерії, гриби, мікобактерії, віруси та бактеріальні спори), швидко діють, ефективні в присутності органічних матеріалів, добре розчиняються у воді. Але вони є

нестабільними (випаровування при кімнатній температурі), можуть викликати опіки шкіри та подразнення слизових оболонок, дороговартісні. Використовуються для дезінфекції обладнання [4].

*Хлорактивні сполуки* ефективні проти бактерій, грибів, мікобактерій, вірусів, спор. Мають низьку вартість. Є препаратами третього покоління, добре розчиняються у воді та мають відбілювальну властивість. Мають ряд суттєвих недоліків, такі як: викликають корозію металів, є токсичними, мають різкий запах та подразнюючу дію на слизові оболонки та верхні дихальні шляхи, нестабільні при зберіганні, екологічно небезпечні та чутливі до дії неорганічних та органічних речовин, температури, світла, рН. Використовуються для дезінфекції органічних субстратів і рідин, посуду від виділень, санітарно-технічного обладнання, відходів та для дезінфекції при особливо небезпечних інфекціях та води плавальних басейнів [6,10].

*Кисневмісні засоби* ефективні проти бактерій, грибів, мікобактерій, вірусів та бактеріальних спор. Є екологічно безпечними. Однак викликають корозію металів та можуть негативно впливати на якість матеріалів ендоскопів. Рекомендується комбінувати з миючими добавками. Використовуються для заключної дезінфекції поверхонь [4].

*Дезінфікуючі засоби на основі амінів* мають ряд істотних переваг: широкий спектр антимікробної дії, особливо важлива їх висока активність по відношенню до збудників туберкульозу, відносна екологічна безпека, ефективність у присутності органічних забруднень. В той же час, значна частина науковців не виключає здатність таких препаратів викликати алергії, що звужує, а то і унеможливує їх широке застосування в присутності пацієнтів, відвідувачів. Але вони не мають спорозидної дії та негативно впливають на оптичні прилади. Використовуються для заключної та поточної дезінфекції виробів медичного призначення, дезінфекції різноманітних поверхонь, об'єктів обстановки [4,10].

У якості активно діючих речовин серед *четвертинних амонійнієвих сполук (ЧАС)* у дезінфікуючих композиціях найчастіше використовуються катамін АБ, дидецилдиметиламоній хлорид, диоктилдиметиламоній хлорид та ін. Дані дезінфектанти не викликають корозію металів, не знебарвлюють тканини, не токсичні, використовуються у присутності персоналу. За своїм походженням ЧАСи є катіонними поверхнево-активними речовинами – мають миючу та розчинюючу активність. Збільшення концентрації ЧАС у деззасобі підвищує його деструктивну дію на оброблювані поверхні і негативно впливає на здоров'я людей, які з ними працюють. Мають вузький спектр антимікробної дії, легко адсорбуються та нейтралізуються багатьма матеріалами (бавовною, шерстю), не можуть використовуватись як шкірні антисептики. Використовуються для знезараження поверхонь стін, підлоги, меблів [1].

Серед широкого спектру біоцидних препаратів виділяється група полімерних сполук на основі солей *полігексаметиленуанідину (ПГМГ)*, а саме гідрохлориди (ПГМГ-ГХ) та фосфати (ПГМГ-Ф). Ці сполуки легкодоступні, високоефективні, мають широкий спектр бактерицидної дії і при цьому є малотоксичними, не проникають через шкіру і не накопичуються в організмі, розкладаються в навколишньому середовищі. Полігуанідини – єдині відомі водорозчинні сполуки, які утворюють на оброблюваних об'єктах наноплівку, що довго зберігається [5]. До застосування дозволени такі препарати на основі солей ПГМГ, як Вітасепт, Гембар, Лізетол АФ, Полідез, Славін та інші. Попередніми дослідженнями було встановлено,

що препарати на основі ПГМГ ефективні проти бактерій, але для досягнення фунгіцидного ефекту потрібно використовувати більші концентрації робочих розчинів та збільшувати час дезінфекції, або підсилити антимікробні властивості іншою речовиною [9].

Проте, одним із важливих питань ефективного використання дезінфекційних засобів є попередження формування резистентності у деяких мікроорганізмів в ході довготривалого застосування препаратів. Запобігти даному явищу можна використовуючи дезінфікуючі засоби у поєднанні з іншими речовинами [7]. Механізм дії комбінованих дезінфектантів зумовлений тим, що за допомогою одного із компонентів комбінацій дезінфікуючого препарату нейтралізується система захисту клітини, після чого другий дезінфектант отримує практично безперешкодний доступ до головних мішеней бактеріальної клітини і, взаємодіючи з ними, інактивує клітину [5].

Метою даної роботи було визначення мінімальних антимікробних концентрацій комбінованих препаратів на основі ПГМГ-ГХ та ПГМГ-Ф по відношенню до тест-культур мікроорганізмів і встановити, яка з досліджуваних комбінацій має найефективнішу дію.

## Матеріали і методи

Визначення мінімальних інгібуючих та біоцидних концентрацій проводили за стандартною методикою серійних послідовних розведень [1]. Для цього до рідких поживних середовищ (м'ясо-пептонний бульйон для бактерій та сусло для дріжджів і грибів) додавали дезінфікуючі засоби з концентрацією діючих речовин у таких співвідношеннях (%): ПГМГ(1); ПГМГ(0,8) і  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  (0,2); ПГМГ(0,8) і  $\text{H}_2\text{O}_2$ (0,2); ПГМГ(0,8) і  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,1) та  $\text{H}_2\text{O}_2$ (0,1);  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,2);  $\text{H}_2\text{O}_2$ (0,2) так, щоб загальний об'єм становив 4,5 мл. Потім проводили розведення даного поживного середовища до зменшення концентрації дезінфікуючого засобу у два рази. Таким чином отримували серію послідовних розведень.

В кожне розведення вносили суспензію клітин мікроорганізму (з концентрацією клітин  $4-5 \times 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>) у кількості 0,5 мл. Мікроорганізми вирощували за температури: 37°C (*E. coli*), 30°C (*B. subtilis*, *S. aureus*, *C. albicans*), 28°C (*A. niger*) протягом 24 год. Як тест-культури використовували штами таких мікроорганізмів: бактерії – *Echerichia coli* IEM-1, *Bacillus subtilis* BT-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, дріжджі *Candida albicans* D-6 та гриби *Aspergillus niger* P-3. Попередню оцінку росту проводили за зміною мутності середовища і відмічали ті пробірки, де ріст був наявний. Мінімальну інгібуючу концентрацію (МІК) препаратів розраховували як середнє значення між концентраціями в останній пробірці, де ріст був відсутній і в першій, де ріст був помічений.

Із пробірок, де ріст не був виявлений суспензію висівали на щільні поживні середовища (м'ясо-пептонний агар для бактерій та сусловий агар для грибів та дріжджів). Усі культури крім *Aspergillus niger* висівали глибинним методом. Бактерії і дріжджі вирощували 24 год, *A. niger* – 48 год. Мінімальну бактерицидну концентрацію (МБК) визначали за таким же принципом, що і МІК, тобто за відсутністю росту клітин на щільному поживному середовищі.

## Результати та обговорення

В результаті досліджень встановили МІК та МБК досліджуваних розчинів за дією на бактерії (табл.1) та гриби (табл.2).

За стійкістю до дезінфікуючих засобів досліджувані культури бактерій розташовуються в такому порядку: спороутворювальні *B. subtilis*, грамнегативні *E. coli*, спори грибів, грампозитивні *S. aureus*.

*B. subtilis* в несприятливих умовах утворює термостійкі спори, які можуть витримувати кип'ятіння протягом 20 хв і є стійкими до дії багатьох існуючих дезінфікуючих засобів. Тому було доцільним дослідити дію комбінованих дезінфікуючих засобів на дану культуру. Встановлено, що всі комбіновані розчини концентрацією 9 мкг/мл мали ефективнішу дію на спороутворювальні бактерії порівняно з розчином ПГМГ. Це свідчить про те, що багатокомпонентні розчини мають вищу спороцидну активність.

Таблиця 1. МІК та МБК досліджуваних розчинів щодо бактерій (за ПГМГ)

Тест-культура		<i>E. coli</i>		<i>B. subtilis</i>		<i>S. aureus</i>	
Розчин (співвідношення діючих речовин)		МІК	МБК	МІК	МБК	МІК	МБК
		мкг/мл					
1	ПГМГ, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (4:1)	9	19	4,5	9	9	19
2	ПГМГ, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (4:1)	19	38	4,5	9	4,5	9
3	ПГМГ, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (4:0,5:0,5)	9	19	4,5	9	4,5	9
4	ПГМГ	19	38	19	38	9	19

Грампозитивна бактерія *E. coli* є санітарно-показовим мікроорганізмом, наявність якої на об'єктах свідчить про фекальне забруднення. По відношенню до неї найбільш ефективним виявився розчин ПГМГ з перекисом водню та ПГМГ з перекисом і персульфатом, оскільки бактерицидна дія спостерігалася при концентрації 19 мкг/мл, а інгібування – при 9 мкг/мл. У роботі [8] бактерицидна дія на різні штами *E. coli* спостерігалася при 7 мкг/мл, що може бути пов'язано з різним рівнем стійкості штамів *E. coli*. Також відмічено, що МБК розчину ПГМГ є нижчою ніж Катаміну АБ, Амфолану і N-цитилпіридину, бактерицидна дія яких спостерігалася за концентрацій, які були в 2-3 рази вищими. Такі результати можуть свідчити про те, що грамнегативні бактерії є менш чутливими до дії досліджуваних деззасобів, ніж грампозитивні.

Золотистий стафілокок *S. aureus* зустрічається у повітрі, на шкірі тварин, є мешканцем слизових оболонок носоглотки і шкіри. Окрім ентеротоксину, що викликає кишкові отруєння, стафілокок виробляє й інші токсини, що викликають різні захворювання у людини. Розчини ПГМГ з перекисом і персульфатом, ПГМГ з персульфатом проявили інгібування на *S. aureus* при концентрації 4,5 мкг/мл, а бактерицидну дію – при 9 мкг/мл, що вдвічі менше, ніж мінімальні концентрації розчину ПГМГ.

Розчини перекису і персульфату, які використовували для порівняння, виявили біоцидну дію при досить високих концентраціях (200 – 400 мкг/мл) порівняно з усіма іншими розчинами.

Дріжджі *C. albicans* можуть знаходитися на шкірі, у порожнині рота, слині й у мокротинні, однак за певних умов вони можуть викликати такі захворювання як

кандидози. Встановлено, що статична дія відносно них спостерігалася вже за концентрації 2,3 мкг/мл, а за досягнення 4,5 мкг/мл – фунгіцидна. Порівняно з результатами, наведеними в роботі [8] (за використання розчину ПГМГ), антимікробну дію комбінованих розчинів спостерігали за концентрацій, які були в 1,5 рази меншими. Отже, комбіновані розчини на основі ПГМГ мають вищу активність відносно *C. albicans*, ніж розчин полігексаметиленгуанідину.

**Таблиця 2. МІК та МБК досліджуваних розчинів щодо грибів (за ПГМГ)**

Тест-культура		<i>C. albicans</i>		<i>A. niger</i>	
Розчин (співвідношення діючих речовин)		МКГ/МЛ			
		МІК	МБК	МІК	МБК
1	ПГМГ, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (4:1)	<u>2,3</u>	<u>4,5</u>	43	75
2	ПГМГ, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (4:1)	<u>2,3</u>	<u>4,5</u>	75	150
3	ПГМГ, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (4:0,5:0,5)	<u>2,3</u>	<u>4,5</u>	<u>43</u>	<u>75</u>
4	ПГМГ	<u>4,5</u>	<u>9</u>	75	150

Що ж до мікроміцету *A. niger*, спори якого є стійкими до дії багатьох дезінфікуючих засобів, то ефективними виявилися значно більші концентрації. Фунгістатична дія настає при концентрації 43 мкг/мл, фунгіцидна – 75 мкг/мл (для розчинів ПГМГ з перекисом водню і ПГМГ з перекисом та (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>). Порівняно з результатами, наведеними в роботі [11] (190 мкг/мл для ПГМГ) встановлена нами мінімальна фунгіцидна концентрація є набагато нижчою, що свідчить про переваги використання комбінованих дезінфектантів на основі ПГМГ.

Найкращі результати відносно всіх тест-культур мікроорганізмів спостерігали для трьохкомпонентного розчину ПГМГ, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, але мінімальні інгібуючі та біоцидні концентрації розчину ПГМГ з перекисом були не набагато нижчими, а у більшості випадків такими, як і у попереднього розчину.

## Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено мінімальні бактеріостатичні і бактерицидні концентрації розчинів дезінфікуючих засобів для тест-культур *E. coli*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*. Серед досліджуваних розчинів, суміш ПГМГ, перексиду та персульфату виявила високий рівень антимікробної активності. Біоцидна дія до цих культур була відмічена при таких концентраціях: 19; 9; 9; 4,5 та 75 мкг/мл відповідно.

Комбіновані розчини на основі ПГМГ мають вищу активність по відношенню до тест-культур бактерій в порівнянні з розчинами індивідуальних речовин. Для того, щоб досягти фунгіцидної дії розчину його концентрація має бути не менше ніж 75 мкг/мл. Тому для повного знищення мікроорганізмів доцільно застосовувати більші концентрації, за яких гинуть представники різних груп мікроорганізмів.

## Література

1. Галынкин В.А., Заикина Н.А., Кочеровец В.И. и др. Основы фармацевтической микробиологии – СПб: «Проспект Науки», 2008., – 304с.;
2. Доценко В.А. Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли. Учебн. пос. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 496 с.;
3. Ефимов К.М., Гембицкий П.А., Снежко А.Г. Полигуанидины – класс малотоксичных дезсредств пролонгированного действия // Дезинфекционное дело. – 2000., – №4.;
4. Легеца К. М. Універсальні засоби дезінфекції: плюси та мінуси // Управління закладом охорони здоров'я. – 2010. – № 1. – С. 64-73
5. Лисиця А.В. Механізми бактерицидної дії полігексаметиленгуанідину // Наукові доповіді НУБіП. – 2011., №3 (25);
6. Малюга В. Д. Оптимизация выбора дезинфицирующих средств// Практика управления медицинским учреждением. – 2011. – №3.
7. Светлов Д. А. Бицидные препараты на основе производных полигексаметиленгуанидина // Жизнь и безопасность, 2005. – № 3-4.;
8. Светлов Д. А., Васильев О. Д., Макаревич Ю. М. Разработка технологии получения биоцидных композиций, содержащих гуанидин
9. Поликарпов Н. Действие ПАГов на микро- и макроорганизмы – две стороны одной медали. // Барьер безопасности. Экологический журнал. -2004. -№1. - с. 9-12.
10. Худяков А.А. Эффективная дезинфекция и подбор дезинфектанта // Ветеринария. – 2010. - № 2. – С. 18-22.
11. Artemova T.Z., Nedachin A.E., Zholdakova Z.I., at al., The problem in the reactivation of microorganisms on evaluating the efficacy of water disinfectants.// Gig. Sanit. – 2010. – Vol. 1. – p. 15-18.
12. Koffi-Nevry R., Manizan A. L., Tano K., at al. Assessment of the antifungal activities of polyhexamethylene-guanidine hydrochloride (PHMGH)-based disinfectant against fungi isolated from papaya (*Carica papaya* L.) fruit// African Journal of Microbiology Research. – 2011. – Vol. 5(24). – pp. 4162-4169.
13. Oulé M.K., Azinwi R., Bernier A.M., at al., Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections // Journal of Medical Microbiology. – 2008. – Vol. 57(12). – p. 1523-1528.
14. Pummi K., Kemppe E., Lammintausta K. Occupational sensitization to polyhexamethylene guanidine hydrochloride in a non-alcoholic hand rub. //Contact Dermatitis. – 2012. – Vol. 66(6). – p. 348-349.
15. Shipskii A.V., Afanas'ev V.V., Polikarpov N.A. at al. Comparative analysis of antimicrobial action of polyhexametylenguanide hydrochloride (Biopag) and chlorhexidine bigluconate upon potential infectious agent of suppurative-inflammatory diseases of maxillo-facial region and neck // Stomatologija (Mosk). – 2007. – Vol. 86(3). – p. 46-50.
16. Marinova E., Ditchev S. Requirements for hygienic design of technological equipment in the food industry/ Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. –Vol.2. – Is. 1, Pp. 36-42.

## References

1. Galynkin V.A., Zaikina N.A., Kocherovets V.I. (2008), *Osnovy farmatsevticheskoy mikrobiologii*, Sankt-Peterburg.
2. Dotsenko V.A. (2002), *Prakticheskoe rukovodstvo po sanitarnomu nadzoru za predpriyatiyami pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti, obshchestvennogo pitaniya i trgovki*, Sankt-Peterburg.
3. Efimov K.M., Gembitskiy P.A., Snezhko A.G. (2000), Poliguanidiny – klass malotoksichnykh dezсредstv prolongirovannogo deystviya, *Dezinfiksionnoe delo*, 4.
4. Leheza K. M. (2010), Universalni zasoby dezinfektsii: plusy ta minusy, *Upravlinnia zakladom okhorony zdorovia*, 1, pp. 64-73.
5. Lysytsia A.V. (2011), Mekhanizmy bakterytsydnoi dii poliheksametylenhuanidynu, *Naukovi dopovidi NUBiP*, 3(25).
6. Mal'yuga V. D. (2011), Optimizatsiya vybora dezinfitsiruyushchikh sredstv, *Praktika upravleniya meditsinskim uchrezhdeniem*, 3.



7. Svetlov D. A. (2005), Biotsidnye preparaty na osnove proizvodnykh poligeksametilenguanidina, *Zhizn' i bezopasnost'*, 3(4).
8. Svetlov D. A., Vasil'ev O. D., Makarevich Yu. M. (2004). *Razrabotka tekhnologii polucheniya biotsidnykh kompozitsiy, sodержashchikh guanidin.*
9. Polikarpov N. (2004), Deystvie PAGov na mikro- i makroorganizmy - dve storony odnoy medali, Bar'er bezopasnosti, *Ekologicheskii zhurnal*, 1, pp. 9-12.
10. Khudyakov A.A. (2010), Effektivnaya dezinfektsiya i podbor dezinfektanta, *Veterinariya*, 2, pp. 18-22.
11. Artemova T.Z., Nedachin A.E., Zholdakova Z.I. (2010), The problem in the reactivation of microorganisms on evaluating the efficacy of water disinfectants, *Gig. Sanit*, 1, pp. 15-18.
12. Koffi-Nevry R., Manizan A. L., Tano K. (2011), Assessment of the antifungal activities of polyhexamethylene-guanidine hydrochloride (PHMGH)-based disinfectant against fungi isolated from papaya (*Carica papaya* L.) fruit, *African Journal of Microbiology Research*, 5(24), pp. 4162-4169.
13. Oulé M.K., Azinwi R., Bernier A.M. (2008), Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections, *Journal of Medical Microbiology*, 57(12), pp. 1523-1528.
14. Pummi K., Kemppe E., Lammintausta K. (2012), Occupational sensitization to polyhexamethylene guanidine hydrochloride in a non-alcoholic hand rub, *Contact Dermatitis*, 66(6), pp. 348-349.
15. Shipskii A.V., Afanas'ev V.V., Polikarpov N.A. (2007), Comparative analysis of antimicrobial action of polyhexamethylenguanide hydrochloride (Biopag) and chlorhexidine bigluconate upon potential infectious agent of suppurative-inflammatory diseases of maxillo-facial region and neck, *Stomatologiya (Mosk)*, 86(3), pp. 46-50.
16. Marinova E., Dichev S. (2013), Requirements for hygienic design of technological equipment in the food industry, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(1), pp. 36-42.

## Liposomes as a remedy of targeted drug delivery

Inna Lych, Irina Voloshina, Anastasiya Peklo

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

---

**Keywords:**

Nanoparticle  
Liposome  
Immunoliposome  
Antibiotic

---

**Article history:**

Received 15.07.2013  
Received in revised form  
29.08.2013  
Accepted 3.09.2013

---

**Corresponding author:**

Inna Lich  
E-mail:  
tinna78@mail.ru

---

**ABSTRACT**

Often drugs poorly absorbed in the body because the body's immune system to prevent the spread of foreign pathogens. Nanotechnology can resist this at the molecular level and, thus, increase the effectiveness of treatment.

Liposomes as nanoparticles act as drug delivery to the target-organ. Liposomes have an empty space that can be filled either – what substances – antibiotics, hormones, enzymes, vitamins, vaccines, substances metabolic action, etc. Liposomes as compared to other dosage forms have many advantages: a unique ability to delivery the drug into the cell, biocompatibility, no allergic reactions, bioavailability, etc. The use of liposomes for topical treatment of several diseases including malignant tumors and intracellular infections, including malignant tumors and intracellular infections when optimizing potent drugs is crucial to increase their efficiency and improve the quality of life.

---

УДК 616:612.017.1; 615.45;

## Ліпосоми як засоби адресної доставки лікарських засобів

**Інна Лич, Ірина Волошина, Анастасія Пекло**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Поширений у сучасній науковій літературі термін «Нанотехнології» вперше запропонований у 1974 р. японським вченим N. Taniguchi, хоча історія цієї галузі почалася з 1959 р., коли лауреат Нобелівської премії Richard Feynman виступив на зустрічі Американського Фізичного Товариства у Каліфорнійському технологічному інституті з доповіддю «Там, внизу, ще багато місця». Це було першим кроком до проведення науково-практичних досліджень в масштабі нанорозмірів. До наночастинок слід відносити об'єкти з розмірами від 1 до 100 нм. Слід наголосити, що вивченням властивостей малих частинок вчені займалися раніше, не називаючи їх нанорозмірними [1,2].

На сьогодні розроблено велику кількість технологій для лікування різноманітних захворювань. Але, на жаль, більшість з них не є настільки ефективними, як це необхідно. Багато лікарських засобів погано засвоюються, оскільки імунна система

запобігає поширенню чужорідних елементів по крові. Нанотехнології дозволяють протистояти цьому на молекулярному рівні і тим самим збільшити ефективність лікування. Одна з важливих властивостей наночастинок – спрямована доставка лікарського засобу до органу мішені. На відміну від звичайного введення лікарської речовини, спрямована доставка дозволяє знизити дозу ліків і мінімізувати їх вплив на інші клітини [7].

За останні декілька років цілий ряд природних біомолекул були досліджені з метою вивчення можливості створення на їх основі наночастинок які будуть слугувати носіями для транспорту лікарського засобу [3, 12]. Деякі наноструктури, як біогенного (вірусні частинки, капсиди), так і не біогенного походження мають форму контейнера, що зумовлює їхнє застосування як засобів доставки терапевтичних чи діагностичних компонентів (у тому числі й інших наночастинок) до цільових клітин або органів. Специфічність доставки наноструктур до цільових клітин визначається використанням специфічних антитіл, рецепторів або лігандів [7].

Прикріплений до клітини-мішені вектор з ліками може бути захоплений клітиною шляхом ендоцитозу або шляхом злиття мембрани вектора (ліпосоми) з мембраною клітини. У будь-якому випадку ліки доставляються всередину клітини і за допомогою спеціальних прийомів можуть бути направлені в ядро, мітохондрії, ендоплазматичний ретикулум та інші органели. Концепція внутрішньоклітинної доставки ліків знаходиться в стадії активної розробки. Для її практичної реалізації важливими є знання про сигнальні послідовності білків, за допомогою яких вони направляються в різні клітинні структури. Важливими є знання про моторні білки клітини, які спрямовано переміщують певні вантажі на великі відстані всередині клітин і можуть бути використані для доставки лікарських речовин, генів і терапевтичних наночастинок [4, 5, 6].

Найчастіше для адресної доставки застосовують такі наночастинок: альбумін, ліпосоми, поліетиленглікольвмісні структури, фулерени, дендримери, хітозан, нанотрубки тощо. Використання біозон'югованих наночастинок дає змогу селективно діяти на пухлинні клітини, вивільняти та накопичувати лікарські засоби у необхідних місцях. Перспективним для доставки лікарських засобів є використання як ліпідних везикул нанодіапазону що отримали назву "ліпосоми" [8].

Ліпосоми – це сферичні ліпідні везикули, для побудови яких найчастіше використовують різноманітні лецитини (фосатидилхоліні), фосфатидилсерини і фосфатилілетаноламіни, що мають відносно невеликі гідрофільні «голівки», утворенні фосфогліцериновими важкими ефірними групами, та довгі гідрофобні «хвости», утворені протяжними вуглеводневими залишками жирних кислот. До складу ліпосом зазвичай включають холестерин, якому деяку амфільність надає наявність гідроксильної групи, що приєднана до об'ємної гідрофобної молекули цього стероїдного компонента майже усіх природних біологічних мембран (рис. 1.) [9, 15].

Порожній простір усередині ліпосоми

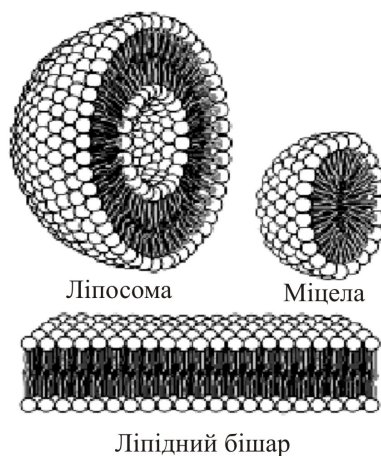


Рис. 1. Будова ліпосоми

може бути заповнений будь-якими речовинами. Саме цю здатність ліпосом включати самі різні речовини практично без обмежень відносно їх хімічної природи, властивостей і розміру молекул дала унікальну можливість для вирішення багатьох медичних проблем. Круг речовин, що включаються в ліпосоми, надзвичайно широкий – від неорганічних іонів і низькомолекулярних органічних сполук, великих білків і нуклеїнових кислот до широкого кола фармакологічно активних речовин [10].

Ліпосоми можна заповнити антибіотиками, гормонами, ферментами, імуномодуляторами, цитостатиками, противірусними і протигрибковими засобами, вітамінами, вакцинами, речовинами метаболічної дії і навіть генетичним матеріалом [11].

З використанням ліпосом можна здійснювати спрямовану доставку трансгенів і інших біологічно активних молекул, засновану на створенні кон'югатів ліпосом з антитілами або іншими лігандами. Конструкція, що включає моноклональні антитіла, або Fab-фрагменти моноклональних антитіл, отримала назву імуноліпосома (рис. 2) [16].

Відмінність фосfolіпідного складу біологічних мембран, що належать еукаріотам і прокаріотам, демонструють можливість диференційованого вибору відповідного фосfolіпідів для створення ліпосомальних засобів

При вузьконаправленому розгляді об'єкту вибору з мікробіологічних позицій можливо два підходи. Якщо ставиться задача створення антимікробного препарату для лікування інфекцій із внутрішньоклітинною локалізацією збудника, то переважний вибір пов'язаний з особливостями фосfolіпідного складу ураженої тканини-мішені. При створенні препаратів проти мікроорганізмів, для яких не характерне внутрішньоклітинне розташування, вибір фосfolіпідів може визначитися специфікою фосfolіпідного складу їх власних мембранних структур.

Розглядаючи способи взаємодії ліпосом із клітиною-мішенню, варто підкреслити, що подібність ліпідних оболонок з біомембранами принциповим образом є теоретичною основою їхнього контакту. У теперішній час відомі різні механізми взаємодії ліпосом з клітиною, основними з яких є ендцитоз, адсорбція, злиття ліпосомної мембрани з клітинною, проникнення ліпосоми через пори клітинної мембрани, контактний лізис та обмін ліпідами. Жоден з механізмів не виключає іншого і, як правило, всі ці шляхи поєднуються. Дія ліків багато в чому залежить від того, який з механізмів буде переважати. Так, ендцитоз ліпосом забезпечує попадання ліків у лізосомальний апарат клітини, а злиття – вихід внутрішнього вмісту в цитоплазму. При злитті ліпосоми можуть модифікувати мембрану,

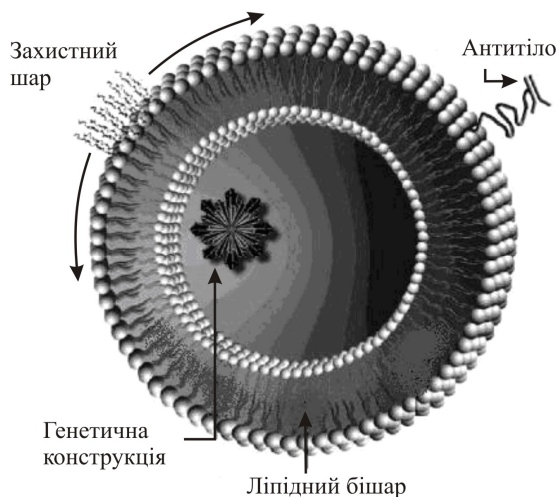


Рис. 2. Імуноліпосома

змінюючи її ліпідний склад, та виступати як носії чужих мембранних білків у інтактні клітини.

Взаємодія ліпосом з клітиною залежить від багатьох чинників – властивостей мембрани, типу клітин, температури, наявності або відсутності сироватки. Одним із головних факторів є ліпідний склад ліпосом, який визначає такі їх характеристики, як заряд та температура фазового переходу.

На сьогодні описані безліч методів одержання різних типів ліпосом, основними з яких є методи: озвучування, інжекції, екструзії, підлугування водних суспензій, диспергування плівок фосfolіпідів, видалення органічного розчинника, детергентів тощо.

Однією з важливих характеристик ліпосом, що дає можливість їх використання як контейнерів для ліків, є стабільність. У системі кровообігу вона залежить від багатьох факторів: ліполітичної активності плазми або поверхні клітин крові, обміну або переносу ліпідів мембрани ліпосоми на компоненти плазми та мембрани клітини крові, взаємодії з компонентами плазми тощо. У шлунково-кишковому тракті стабільність ліпосом за наявності хелатних солей і панкреатичних ліпаз забезпечується використанням ліпідів з високою температурою фазового переходу.

Надходження ліпосом в певні органи є перспективною і досі не вирішеною проблемою. Практично незалежно від способу введення відбувається захоплення ліпосом ретикуло-ендотеліальною системою (РЕС). При внутрішньо венному введенні більша їх частина потрапляє в печінку (насамперед до купферовських клітин), менша в селезінку. Крім того невелика кількість ліпосом потрапляє в нирки, легені, шлунок, мозок тощо. Місцеві ін'єкції призводять до накопичення достатньо високої кількості ліпосом у регіональних лімфатичних вузлах.

Збільшити час циркуляції ліпосом у крові та підвищити їх зв'язування з органом-мішенню можна блокуванням РЕС порожніми ліпосомами. Але такий підхід може виявитись не придатним для клінічного використання через можливий токсичний вплив при введенні великої кількості ліпосом.

Важливим кроком стала модифікація поверхні ліпосом полімерами з гнучким гідрофільним ланцюгом, найчастіше поліетиленгліколем (ПЕГ). Такі ліпосоми отримали назву «стерично стабілізовані». Для ПЕГ-ліпосом характерним є збільшення часу циркуляції в системі кровообігу то стабільність. Механізм дії ПЕГ досі залишається не зовсім зрозумілим. Імовірно, важливу роль відіграє електростатична взаємодія і гідрофільність ПЕГ-ліпосом. Гнучкі молекули полімеру створюють у примембранній ділянці підвищений осмотичний тиск, який перешкоджає зв'язуванню опсонинів з поверхнею ліпосом, відповідно, значно зменшується їх захоплення макрофагами. Таким чином ліпосоми уникають РЕС. Однак не зважаючи на численні препарати, що розробляються з використанням ПЕГ-ліпосом, дослідження їх дії ще триває. Так, отримано данні, що при щотижневих введеннях малих доз ліпосом, які містять ПЕГ-фосфатидилетаноламін, утворюються імуноглобуліни класу G проти ПЕГ, що може призвести до збільшення витоку лікарського препарату, активації фагоцитозу та зменшення часу активації [14].

Для отримання ліпосом відомі різні способи. Так, наприклад, вони можуть бути отримані способом дегідратації/регідратації, відповідно до якого ліпідні розчиняють в органічному розчиннику, такому як хлороформ, дихлорметан або спирт, такий як метанол чи етанол. Потім розчин висушують з використанням, наприклад, роторного випарника, після чого на стінці випарної колби утворюється плівка ліпідів. Додавання до сухої плівки води або водного розчину, такого як буфер, призводить до утворення

багатoshарових ліпосом. Утворенням саме цього продукту завершується перша стадія утворення везикул з використанням різних методик. Подальша обробка може призводити до дегідратації/регідратації везикул (ДРВ).



**Рис. 3. Етапи при отриманні ліпосомальних форм лікарських препаратів**

Згідно з даною схемою технологія виробництва ліпосом включає наступні основні критичні стадії:

1. Отримання субстанції ліпідів (клас чистоти С).
2. Отримання ліпідної плівки (клас чистоти В).
3. Процес гомогенізації ліпідної емульсії і включення лікарського засобу (клас чистоти В).
4. Відділення не включеного лікарського засобу (клас чистоти В).
5. Освітлювальна і стерилізуюча фільтрація (клас чистоти В).
6. Розлив препарату (клас чистоти А).
7. Ліофілізація препарату (клас чистоти А).
8. Контроль готового продукту.
9. Вивчення стабільності і режим зберігання.

Ліпосоми мають величезну кількість переваг в порівнянні з іншими лікарськими формами. Найбільш значимі з них:

1. *Унікальна здатність доставки лікарських препаратів всередину клітин.* Форми взаємодії ліпосом з клітинами можуть бути самими різними, найбільш проста: ліпосоми адсорбуються (прикріплюються) на поверхні клітини. Процес на цьому може закінчитися, а може піти далі: за певних умов клітина може поглинути ліпосому (цей процес "заковтування" називається ендоцитоз), і тоді разом з нею всередину клітини потрапляють речовини, що знаходяться усередині ліпосоми (внутрішньоклітинна доставка). Нарешті, вони можуть злитися з мембранами клітин і стати їх частиною. При цьому властивості клітинних мембран можуть змінюватися: наприклад, їх в'язкість і проникність, величина електричного заряду. Може також збільшуватися або зменшуватися кількість каналів, що проходять через мембрани. Таким чином, завдяки ліпосомам з'явився новий спосіб спрямованого впливу на клітину, який називається мембранною інженерією.
2. *Біосумісність:* спорідненість з мембранам клітин за хімічним складом. З точки зору біологічної сумісності ліпосоми ідеальні як переносники лікарських засобів, оскільки їх мембрана складається з природних фосфоліпідів, що складає від 20 до 80 % її маси.
3. *Відсутність алергічних реакцій:* ліпосоми, позбавлені властивостей антигена, надійно приховують свій "вантаж" від контакту з імунною системою і, відповідно, не викликають антигенної стимуляції.
4. *Захист лікарського засобу від деградації в організмі.* Як вже відзначалося, ліпосоми виступають своєрідним контейнером, надійно захищаючи свій вміст від ушкоджувальної дії зовнішніх чинників, зокрема від руйнування в шлунково-кишковому тракті, що забезпечує доставку засобу до місця призначення і продовження часу його дії.
5. Як виявилось, ці чудо – бульбашки мають унікальну здатність змінювати свою форму і розмір залежно від оточення. Пластичні мембранні сфери, що мають мікроскопічні розміри, легко проникають в міжклітинні проміжки і успішно обходять товщу епідермісу. Властивості ліпосом і їх поведінка визначаються, передусім, наявністю у них замкнутої мембранної оболонки. Незважаючи на молекулярну товщину (близько 4 нм), ліпідний бішар відрізняється винятковою механічною міцністю і гнучкістю. У рідкокристалічному стані бішару його компоненти мають високу молекулярну рухливість, так що в цілому мембрана поводить як досить рідка, текуча фаза, в якій відбувається броунівський рух молекул, ліпідів. Завдяки цьому ліпосоми зберігають цілісність при різних ушкоджувальних діях, а їх мембрана має здатність до самолікування структурних дефектів, що виникають в ній. В той же час гнучкість бішару і його плинність надають ліпосомам високу пластичність. Так, ліпосоми міняють розміри і форму у відповідь на зміну осмотичної концентрації зовнішнього водного розчину. При сильному осмотичному стресі цілісність бішару може порушитися, й ліпосоми можуть роздібитися на частки меншого розміру.
6. *Зміна фармакокінетики лікарських засобів і підвищення терапевтичної ефективності.* Ця властивість безпосередньо пов'язана з попередньою. Відомо, що в багатьох випадках лікарський засіб при введенні в організм може швидко втрачати активність під дією інактивуючих агентів. Включення таких препаратів в ліпосоми значно підвищує їх терапевтичну ефективність, оскільки, з одного

боку, засіб, що знаходиться в ліпосомі, захищений її мембраною від дії несприятливих чинників, у тому числі ферментів, що збільшує ефективність препаратів, схильних до біодеструкції у біологічних рідинах, а з іншої – та ж мембрана не дозволяє токсичному препарату перевищити допустиму концентрацію у біологічних рідинах організму. Ліпосома в даному випадку грає роль сховища, з якого препарат вивільняється поступово, в потрібних дозах і впродовж необхідного проміжку часу.

7. *Зниження загальнотоксичної дії на організм: захист клітин від токсичної дії ліків, що вміщені в ліпосоми.* Відомо, що розмір наночасток більше діаметру пор капілярів і об'єм їх розподілу обмежується областю введення. При внутрішньовенному введенні ліпосоми не виходять за межі кровотоку, тобто погано проникають в органи і тканини. Відповідно, різко знижується токсична дія субстанції, що асоціюється з наночастками. Окрім цього, не секрет, що багато лікарських засобів мають низький терапевтичний індекс. Це означає, що концентрація, в якій вони мають лікувальну дію, мало відрізняється від концентрації, при якій препарат стає токсичним. Той факт, що ліпосоми не затримуються такими органами, як серце, нирки, мозок, а також клітинами нервової системи, дозволяє за рахунок використання ліпосомних лікарських форм значно знизити кардіотоксичність, нефротоксичність і нейротоксичність цінних препаратів, вживаних для лікування захворювань.
8. *Здатність до біодеградації.* Ліпосоми порівняно легко руйнуються в організмі, вивільняючи доставлені речовини.
9. *Ефект пасивного націлювання:* спрямована доставка і накопичення ліків у вогнища запалення, пухлинах і інших патологічно змінених областях. Цьому сприяє проникнення ліпосом через пори капілярів в уражені області, оскільки судини мікроциркуляторного русла в "гарячих" точках перфоровані, що створює умови для виходу цих наночасток за їх межі. У нормі цього не відбувається, оскільки розміри ліпосом більші, ніж пори капілярів, за рахунок чого вони утримуються в порожнині судин і не виходять за їх межі [12].

Привертає увагу такий напрямок як вакцинація. Ліпосоми мають виразні адювантні властивості, тобто здатні підсилювати імунну відповідь на заданий імуноген. Ліпосомні вакцини забезпечують стимуляцію не лише гуморального, а й клітинного імунітету, при цьому є характерним переключенням від Th-2 до Th-1 типу відповіді із виразною продукцією інтерферону  $\gamma$  та активацію CD-8+ -клітин [13].

Одна з переваг ліпосом – можливість доставки до імунокомпетентних клітин одночасно антигенів та імуностимуляторів, що може значно посилити імунну відповідь.

Імунна відповідь також визначається шляхами введення вакцини в організм. Потужна імунна відповідь може бути отримана при внутрішньоочеревинній і підшкірній імунізації. Можливе також пероральне введення (при інтраназальній імунізації забезпечується системна імунна відповідь).

Не залишається без уваги і косметика. Одним з основних факторів, що визначають ефективність дії лікарських косметичних препаратів є ступінь проникнення активних інгредієнтів в органи і тканини, зокрема в шкіру. Для підвищення надходження активних речовин в шкіру розроблені специфічні транспортні системи, одними з яких є ліпосоми.



В даний час в асортименті ліпосомної косметичної продукції є креми для щоденного догляду за шкірою, креми, що запобігають її старінню, засоби для догляду за шкірою після гоління, сонцезахисні креми, засоби для засмаги, тощо. Основу всіх цих препаратів становить водна дисперсія ліпосом, як правило, багат шарових, які завдяки здатності утримувати воду є прекрасним зволожуючим агентом. Для посилення корисних ефектів в рецептуру вводять добавки різних біологічно активних речовин, таких як вітаміни, білкові екстракти, фруктові кислоти, тощо.

Основною перевагою ліпосом – є повна проникність діючих речовин у глибокі шари епідермісу і дерми в повному обсязі, що дає можливість знизити їх концентрацію та взаємодію з білками шкіри і ліпідами клітинних мембран, транспортування діючої речовини безпосередньо всередину клітини та здатність знижувати роздратування, викликаного деякими косметичними інгредієнтами (наприклад, консервантами).

Ліпосомальна косметика досить широко представлена як на зарубіжному, так і на Російському ринку. Засновниками ліпосомальної косметики вважаються такі відомі французькі компанії, як *Christian Dior* та *L'Oréal*. Ще одна французька компанія *Academie* розробила нову серію препаратів для корекції фігури, в якій проникнення БАД для схуднення забезпечується поліпшеною системою доставки на основі ліпосомальних технологій – сферулентів, що представляють собою багат шарові ліпосоми. Науково-дослідний центр Швейцарської фірми *Milad Opiz* включив до складу багатьох засобів професійної косметики ліпосоми як засобу для доставки активних компонентів.

У Росії найбільш відомими компаніями, що виробляють транспортні системи для доставки косметичних препаратів є: лабораторія «Низар» (м. Москва), НВО «Пульс» (м. Ставрополь), ГНЦ ВБ "Вектор" (м. Новосибірськ) і ВАТ «АртЛайф» (м. Томськ). Ліпосоми, які пропонують використовувати в якості компонентів в косметичній промисловості, розрізняються складом ліпідів і розміром, а також біодобавками. Часто їх торгова назва співзвучна назві фірми-виробника, наприклад, ровісоми (*Rovi*, Німеччина), драгосоми (*Dragoso*, Австрія), нізасоми («Низар», Росія) або назвою серії продукції «альпосоми» із серії косметики «Альпіка» (НВО « Пульс », Росія). Але зустрічаються й інші варіанти, наприклад, сферосоми, дермасоми, ніосоми тощо.

Також у теперішній час ліпосоми використовують і у харчовій промисловості. Здатність ліпосом солюбілізувати речовини у воді, захищати їх від несприятливих факторів середовища і вивільняти ці речовини в потрібний час і передбачуваним чином може бути використана в технологічних процесах харчової промисловості.

Так, в сироварінні використання ферментів у ліпосомальній формі дало змогу скоротити час дозрівання сиру на 30-50 %. Крім того, завдяки більшій дисперсності ліпосомальних препаратів значно покращилися смакові якості сиру і його консистенція.

Хлібобулочні і кондитерські вироби, що містять ліпосоми, які добре утримують вологу, не черствіють і тривалий час зберігають товарний вигляд. Додавання ліпосом в дріжджове тісто захищає клітини дріжджів від загибелі при заморожуванні. Включення в ліпосоми смакових і ароматичних добавок також покращує споживчі властивості кондитерських виробів.

Таким чином, біологічні властивості ліпосом забезпечують дуже широкий діапазон їх використання в медицині, косметичній та харчовій промисловості.

## Література

1. Цимбалюк В.І., Чекман І.С., Кремець К.Г. Перспективи використання нанотехнологій в нейрохірургії / Український нейрохірургічний журнал – 2011. – №2. – С. 4 – 7.
2. Чекман І.С. Нанонаука: історичний аспект, перспективи досліджень / Український медичний часопис. – 2009. – №3 (71). – С. 86 – 91.
3. Дубовий Д.В. Адресна доставка і транспорт ліків за допомогою нанотехнологій / Український науково-медичний молодіжний журнал. – 2010. – №3. – С. 34 – 35.
4. Чекман І.С. Науково-практичні аспекти наномедицини / Сучасні інфекції. – 2010. – №4. – С. 16 – 26.
5. Чекман І.С. Нанонаука в Україні: до проблеми дослідження / Сучасні проблеми токсикології. – 2011. – №1 – 2. – С. 16 – 21.
6. Чекман І.С., Загородний М.І. Наномедицина, нанофармакологія: фармакотерапевтичний аспект / Галицький лікарський вісник. – 2011. – №2. Т.18 – С. 159 – 165.
7. Чекман І.С., Полова Ж. М., Гребельник А. І. Наночастинки у лікарських формах: аспекти фармакології та фармацевтичної технології / Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2012. – №1 (26). – С. 3 – 10.
8. Y. Obata, G. Ciofani, V. Raffa et al. Evaluation of cationic liposomes composed of an amino acid-based lipid for neuronal transfection / Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine. – 2010. – Vol. 6, Is. 1. – P. 70 – 77.
9. Barani H., Montazer M. A Review on Applications of Liposomes in Textile Processin// Journal of Liposome Research. – 2008. – №8. – P. 249 – 262.
10. Григорєва Г.С. Реальна нанофармакологія: становлення, міфи та ліпосоμοфармакології / Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2008. – №4(5). – С. 83 – 98.
11. Велика М.М., Шевельова Н.Ю. Ліпосомальні технології в антимікробній хіміотерапії: огляд літератури / Клінічна фармація. – 2008. – Т.12, №4. – С. 29 – 33.
12. Тутыхина И.Л., Шмаров М.М., Логунов Д.Ю., Народицкий Б.С., Гинцбург А.Л. Конструирование и перспективы использования в медицине рекомбинантных аденовирусных наноструктур / Российские нанотехнологии. – 2009 – №11. – С. 82 – 91.
13. Третьякова О.С., Заднипрый И.В. Липосомы как идеальные средства доставки лекарственных препаратов / Здоровье ребенка. – 2009. – №3. – С. 118 – 121.
14. Галицька С.М., Никольський І.С. Біологічні властивості ліпосом та їх практичне використання / Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54№5. – С. 99 – 108.
15. Krausgruber T., Blazek K., Smallie T., Alzabin S., Lockstone H., Sahgal N., Hussell T., Feldmann M. and Udalova I. IRF5 promotes inflammatory macrophage polarization and TH1-TH17 responses / Nature Immunology. – 2011. – № 23. – P. 45 – 56.
16. Бабаев А.А., Ежова Г.П., Новикова Н.А., Новиков В.В. Генная терапия: коррекция генетической информации. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Хранение и обработка информации в биологических системах». – Н. Новгород, 2007 – 86 с.

## References

1. Tsymbaliuk V.I., Chekman I.S., Kremets K.H. (2011), Perspektvyvy vykorystannia nanotekhnolohii v neirokhirurhii, *Ukrainskyi neirokhirurhichnyi zhurnal*, 2, pp. 4 – 7.
2. Chekman I.S. (2009), Nanonauka: istorychnyi aspekt, perspektyvy doslidzhen, *Ukrainskyi medychnyi chasopys*, 3(71), pp. 86 – 91.
3. Dubovyi D.V. (2010), Adresna dostavka i transport likiv za dopomohoiu nanotekhnolohii, *Ukrainskyi naukovo-medychnyi molodizhnyi zhurnal* 3, pp. 34 – 35
4. Chekman I.S. (2010), Naukovo-praktychni aspekty nanomedycyny, *Suchasni infektsii*, 4, pp. 16 – 26.
5. Chekman I.S. (2011), *Nanonauka v Ukraini: do problemy doslidzhennia, Suchasni problemy toksykolohii*, 1(2), pp. 16 – 21.

6. Chekman I.S., Zahorodnyi M.I. (2011), Nanomedycyna, nanofarmakolohiia: farmakoterapevtychnyi aspekt, *Halytskyi likarskyi visnyk*, 2, pp. 159–165.
7. Chekman I.S., Polova Zh. M., Hrebelnyk A. I. (2012), Nanochastynky u likarskykh formakh: aspekty farmakolohii ta farmatsevtychnoi tekhnolohii, *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia*, 1(26), pp. 3–10.
8. Y. Obata., G. Ciofani., V. Raffa. (2010), Evaluation of cationic liposomes composed of an amino acid-based lipid for neuronal transfection, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 6(1), pp. 70–77.
9. Barani, H., Montazer, M. (2008), A Review on Applications of Liposomes in Textile Processin, *Journal of Liposome Research* 8, pp. 249–262.
10. Hryhorieva H.S. (2008), Realna nanofarmakolohiia: stanovlennia, mify ta liposomofarmakolohii, *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia*, 4(5), pp. 83–98.
11. Velyka M.M., Shevelova N.Yu. (2008), Liposomalni tekhnolohii v antymikrobnii khimioterapii: ohliad literatury, *Klinichna farmatsiia*, 4, pp. 29–33.
12. Tutykhina I.L., Shmarov M.M., Logunov D.Yu., Naroditskiy B.S., Gintsburg A.L. (2000), Konstruirovaniie i perspektivy ispol'zovaniya v meditsine rekombinantnykh adenovirusnykh nanostruktur, *Rossiyskie nanotekhnologii*, 3, pp. 82–91.
13. Tret'yakova O.S., Zadnipyanyy I.V. (2009), Liposomy kak ideal'nye sredstva dostavki lekarstvennykh preparatov, *Zdorov'e rebenka*, 3, pp. 118–121.
14. Halytska C.M., Nikolskyi I.S. (2008), Biolohichni vlastyivosti liposom ta yikh praktychne vykorystannia, *Fiziolohichniy zhurnal*, 54(5), pp. 99–108.
15. Krausgruber T., Blazek K., Smallie T., Alzabin S., Lockstone H., Sahgal N., Hussell T., Feldmann M. and Udalova I. (2011), IRF5 promotes inflammatory macrophage polarization and TH1-TH17 responses, *Nature Immunology*, 23, pp. 45–56.
16. Babaev A.A., Ezhova G.P., Novikova N.A., Novikov V.V. (2007), Gennaya terapiya: korrektsiya geneticheskoy informatsii. *Uchebno-metodicheskiiy material po programme povysheniya kvalifikatsii «Khraneniie i obrabotka informatsii v biologicheskikh sistemakh»*, Novgorod.

## Study of combined disinfectants in conditions close to practical application

**Tetyana Mordych**

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### ABSTRACT

**Keywords:**

Disinfection  
Polyhexamethyleneguanidine  
PHMG  
Biocide

---

**Article history:**

Received 20.06.2013  
Received in revised form  
28.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

**Corresponding author:**

Tetyana Mordych  
E-mail:  
tetyanamordich@mail.ru

**Introduction.** A large number of disinfectant solutions on the market of Ukraine are not very effective and do not meet the requirements. One of the most promising compounds that have antimicrobial properties are polyhexamethyleneguanidines (PHMG).

**Materials and Methods.** To determine the effective work of the solutions in a production conditions were used combined solution of PHMG and hydrogen peroxide, 0.5% solution of PHMG and 3 % hydrogen peroxide's solution. Area's processing of different materials was made after prior application of test cultures, concentrations of which was 102 CFU/ml. Analysis of the test solution on processing surfaces were performed by flushing at regular intervals.

**Results.** The researches of efficiency of the combined drugs in processing of tile showed that the drug has high bacteriostatic effect for a long time. The best effect against yeasts was 0.5 % solution of PHMG. Researches of disinfecting properties of drugs on a wooden surfaces showed that the best biocidal effect has a combined solution. High efficiency of up to test cultures showed a combined solution and 0.5 % solution of PHMG on ceramic surface.

**Conclusions.** Combined medication based on PHMG and hydrogen peroxide is effective against bacterial and fungal microflora. Best performance of the solution is in the processing of wood surface. A solution based on PHMG able to form on the treated surface biocidal thin film.

---

УДК 648.14

## Дослідження дії комбінованого дезінфікуючого препарату в умовах наближених до практичного застосування

**Тетяна Мордич**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

## Вступ

Якісна дезінфекція є запорукою виробництва високоякісної продукції. Навколишнє середовище (підлога, стіни, поверхні апаратів та столів) може бути джерелом мікробного зараження продукту. Внаслідок цього, вироблена продукція не відповідає вимогам і підприємство має великі економічні збитки.

Зростання вимог до споживчих властивостей сучасних засобів дезінфекції призвело до того, що в асортименті вітчизняних та зарубіжних дезінфектантів збільшується кількість нових засобів, створених на основі четвертинних амонієвих сполук, солей амінів, похідних гуанідинів тощо. Ці дезінфекційні засоби крім універсальності, активності щодо широкого спектру мікроорганізмів, відрізняються значно нижчими токсичністю, корозійною здатністю, не мають різких запахів, не викликають подразнення слизових оболонок та шкіри, є безпечними при зберіганні, транспортуванні, використанні [1].

Одними з найперспективніших сполук, що мають антимікробні властивості є полігексаметиленгуанідини (ПГМГ). На сьогодні вчені досліджують можливість їх використання як антисептиків для обробки рук [2], знезараження води [3] та навіть при лікуванні щелепно-лицьових захворювань [4]. Також відмічено низький рівень формування резистентності у мікроорганізмів відносно даних сполук [5]. Враховуючи те, що ПГМГ мають ряд переваг [6], створення комбінованих дезінфікуючих засобів на їх основі і дослідження антимікробних властивостей є актуальним.

Метою роботи було дослідження антимікробної дії в умовах, приближених до виробничих, а саме: підлога (кахель), стіл (дерев'яна поверхня) та стіни (плитка).

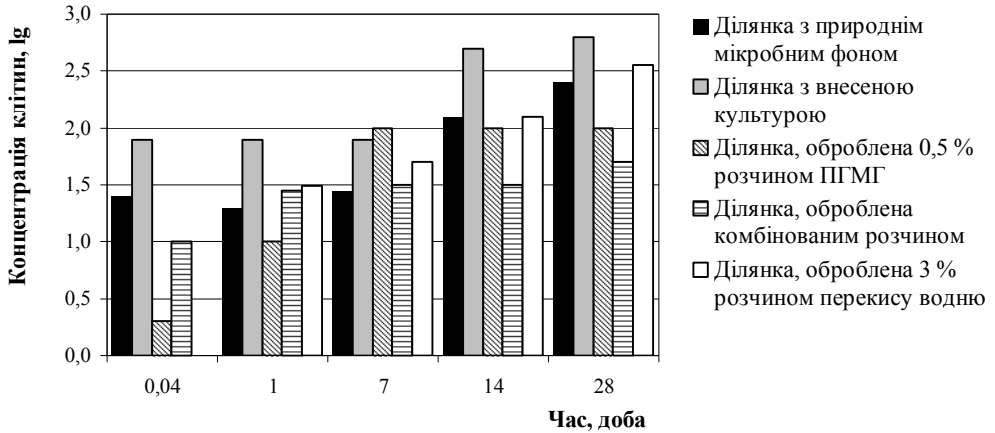
## Матеріали і методи

Для визначення ефективності дії досліджуваних розчинів у виробничих умовах при обробці поверхонь із різних матеріалів у лабораторному приміщенні кафедри біотехнології і мікробіології, проводили обробку стіни (плитка), підлоги (кахель) та столу (дерев'яна поверхня) комбінованим розчином ПГМГ та перекису водню, концентрацією 0,8 та 0,2% відповідно, 0,5% розчином ПГМГ та 3% розчином перекису водню. Досліджувані об'єкти розбили на ділянки площею 1 м<sup>2</sup> (1 – контрольна ділянка з природнім мікробним фоном лабораторії, 2 – контрольна – із внесеною культурою відомої концентрації, 3 – оброблена 0,5%-им розчином ПГМГ, 4 – розчином ПГМГ та перекису водню 0,8 та 0,2% концентрації та 5 – оброблена 3% розчином перекису водню). Перед обробкою на робочі ділянки нанесли досліджувану культуру концентрацією до 10<sup>2</sup> КУО/мл. Потім провели протирання ділянок досліджуваними біоцидними розчинами. Мікробний аналіз ділянок стінки, підлоги та столу проводили через 1 год, 24 год, 7 діб, 14 діб та 28 діб методом змиву за допомогою ватних тампонів.

## Результати та обговорення

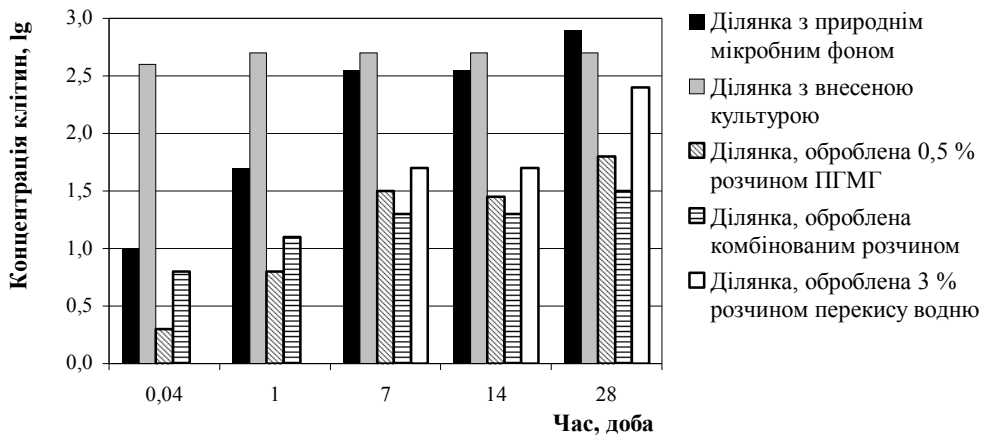
Для оцінки дії комбінованого препарату на різних поверхнях нами була проведена обробка стін (плитка), підлоги (кахель) та столу (дерев'яна поверхня) лабораторії кафедри біотехнології та мікробіології. Результати дослідів представлені на рисунках 1–9.

Дослідження ефективності комбінованого препарату при обробці кахелю показало, що препарат володіє високим бактеріостатичним ефектом, пригнічуючи ріст та розмноження мікроорганізмів на тривалий час. 0,5% розчин ПГМГ бактерицидно діє на культуру *E. coli* до 7 добової експозиції із зараженим об'єктом (рис 1), далі його властивості знижуються. 3% розчин перекису водню діє бактерицидно лише протягом доби.



**Рис. 1.** Дія комбінованого препарату на кахелі при нанесенні культури *Escherichia coli* ( $N_{\text{поч}}=3 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>)

Із рис 2. спостерігаємо, що концентрація клітин на ділянках оброблених дезінфікуючими засобами нижча концентрації клітин мікробного фону на підлозі. Тому можна сказати, що досліджувана комбінація ПГМГ та перекису ефективно проти спорової культури *B. subtilis*, та біостатично діє на сторонню мікрофлору.



**Рис. 2.** Дія комбінованого препарату на кахелі при нанесенні культури *Bacillus subtilis* ( $N_{\text{поч}}=4 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>)

При нанесенні на досліджувані ділянки спори грибної культури *P. chrysogenum* (рис 3) спостерігається фунгістатична дія запропонованих розчинів протягом 7 діб. Найкраще дезінфікує поверхню із грибною мікрофлорою 0,5% розчин ПГМГ. Спостерігається пролонгована дія та стійкість розчину завдяки утворенні на поверхні біоцидної наноплівки плівки.

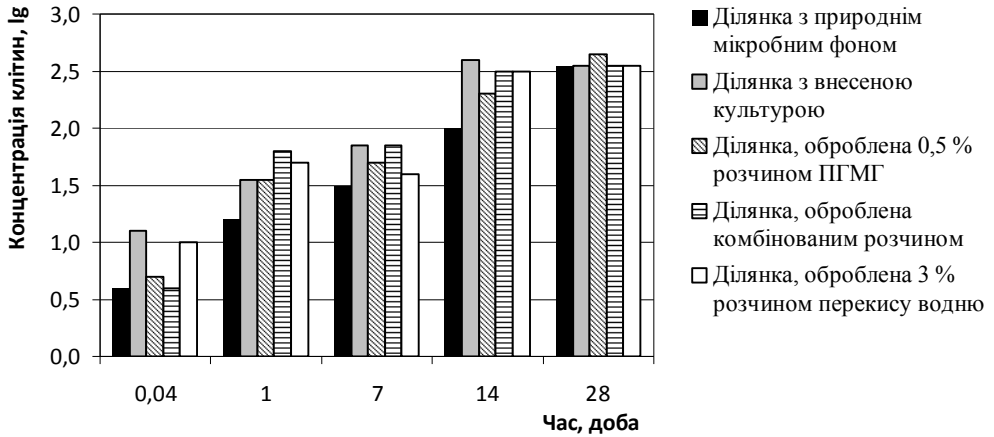


Рис. 3. Дія комбінованого препарату на кахелі при нанесенні культури *Penicillium chrysogenum*  
 $N_{\text{поч}}=6 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>

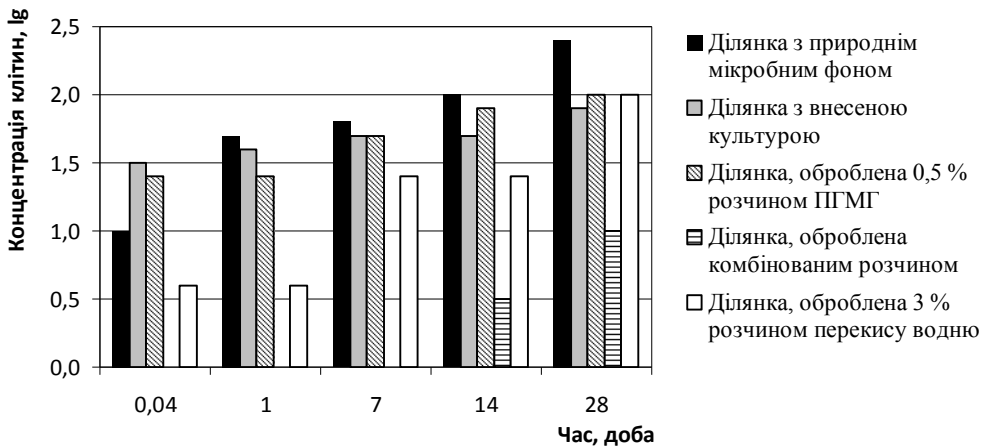
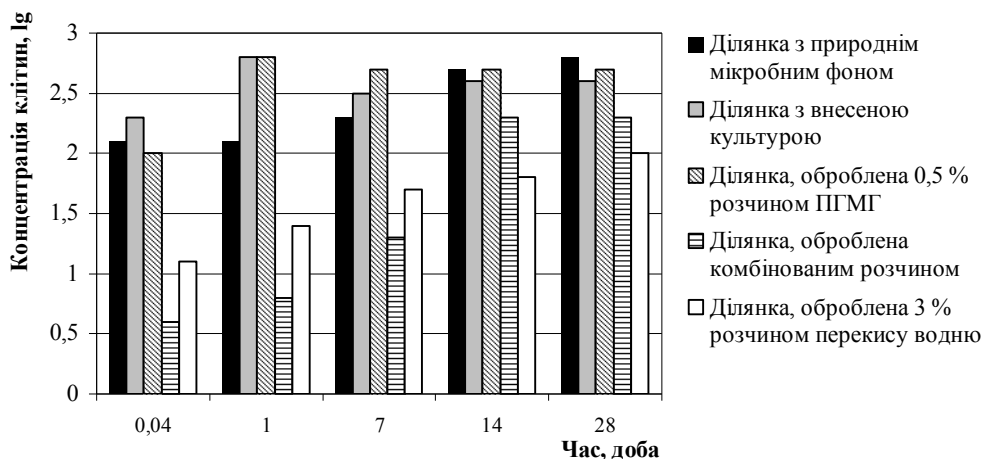


Рис. 4. Дія комбінованого препарату на дерев'яній поверхні при нанесенні культури *Escherichia coli*  
 $N_{\text{поч}}=4 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>

Дослідження дезінфікуючих властивостей препаратів на дерев'яній поверхні показали кращі результати біоцидної та біостатичної дії. Нанесена культура відомої концентрації *E. coli* найбільш чутлива до дії комбінованого препарату. Суміш має

високий бактериостатичний ефект. На ділянках оброблених 0,5% розчином ПГМГ спостерігається менша концентрація клітин, ніж на ділянках з природнім мікробним фоном, що говорить про високу ефективність даного засобу. 3% розчин перекису водню діє бактерицидно до 1 доби проведення експерименту, потім спостерігаємо зниження активності.

На рис. 5 відмічено, що найкраще на спорову культуру *B. subtilis* діє комбінований розчин. 0,5% розчин ПГМГ не впливає на ріст та розмноження бактерій. 3% розчин перекису водню діє бактерицидно протягом першої доби проведення мікробіологічного експерименту, що пояснюється його здатністю розкладатися при довготривалому контакті із повітрям, та втрачати свої антисептичні властивості.



**Рис. 5.** Дія комбінованого препарату на дерев'яній поверхні при нанесенні культури *Bacillus subtilis*  
 $N_{\text{поч}}=12 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>

Дослідження дії комбінованого препарату на грибну мікрофлору (рис. 6) показало, що дана суміш найкраще дезінфікує дерев'яну поверхню протягом усього експерименту. 0,5% розчин ПГМГ та 3% розчин перекису водню володіють слабким фунгістатичним ефектом, пригнічуючи ріст та розмноження мікроорганізмів лише протягом 1 доби.

Дію комбінованого препарату на плитці (стіна) при нанесенні культури *E. coli* (рис 7) можна охарактеризувати, як високу бактерицидну. Наприкінці досліду концентрація клітин на ділянках оброблених 0,5% розчином ПГМГ та комбінованим розчином перевищує концентрацію клітин природної мікрофлори.

Концентрація клітин на ділянці із природнім мікробним фоном стін лабораторії менша ніж на ділянках підлоги та столу. Тому спостерігаються кращі результати дезінфекції досліджуваними розчинами. Концентрація клітин спорової культури *Bacillus subtilis* (рис. 8) нанесеної на досліджувані ділянки перевищує початкову концентрацію, але дія розчинів є високо бактериостатична. На початку досліду найкраще діє комбінований розчин на основі ПГМГ та перекису водню. 0,5% розчин ПГМГ не справляється із високою мікробною занасіненістю поверхні. 3% розчин перекису водню діє бактериостатично на перших етапах мікробіологічного експерименту.



Як і у попередніх дослідженнях при вивченні дезінфікуючих властивостей розчинів при обробці підлоги (кахель) та столу (дерев'яна поверхня) лабораторії, у дослідженні на стінах (плитка) із нанесеною грибною культурою відомої концентрації, було встановлено, що розчини діють фунгістатично лише до 7 доби проведення експерименту (рис. 9). Для більш довготривалої дезінфекції потрібно збільшувати концентрації робочих розчинів. Найкращими антимікробними властивостями проти грибних культур володіють препарати на основі полігексаметиленгуанідинових сполук – комбінований розчин та 0,5% розчин ПГМГ.

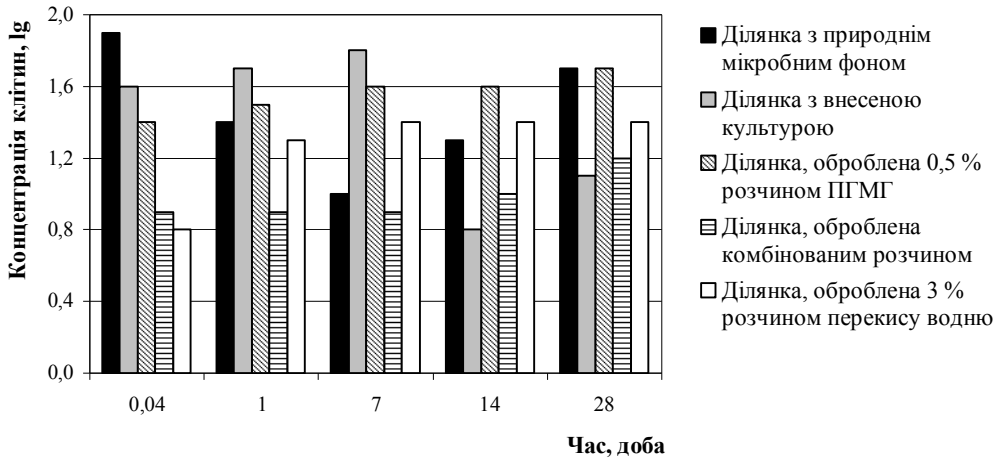


Рис. 6. Дія комбінованого препарату на дерево при нанесенні культури *Penicillium chrysogenum*  
 $N_{\text{поч}}=5 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>

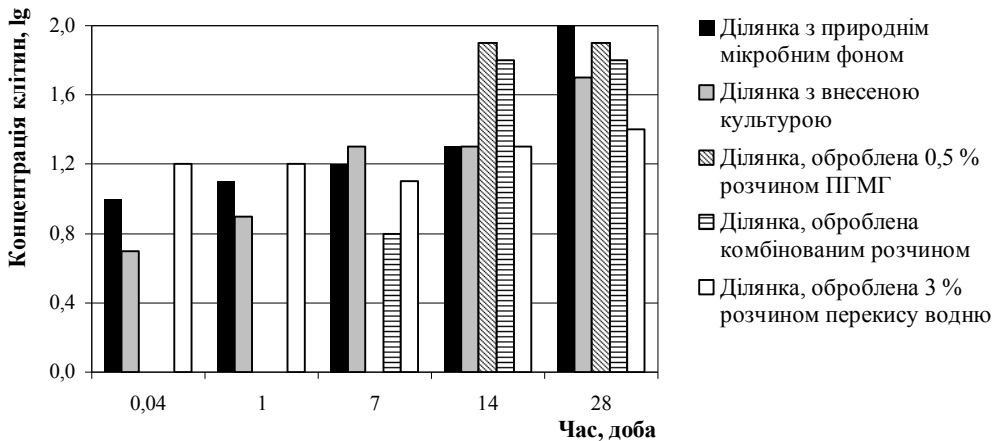


Рис. 7. Дія комбінованого препарату на плитці при нанесенні культури *Escherichia coli*  
 $N_{\text{поч}}=2 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>

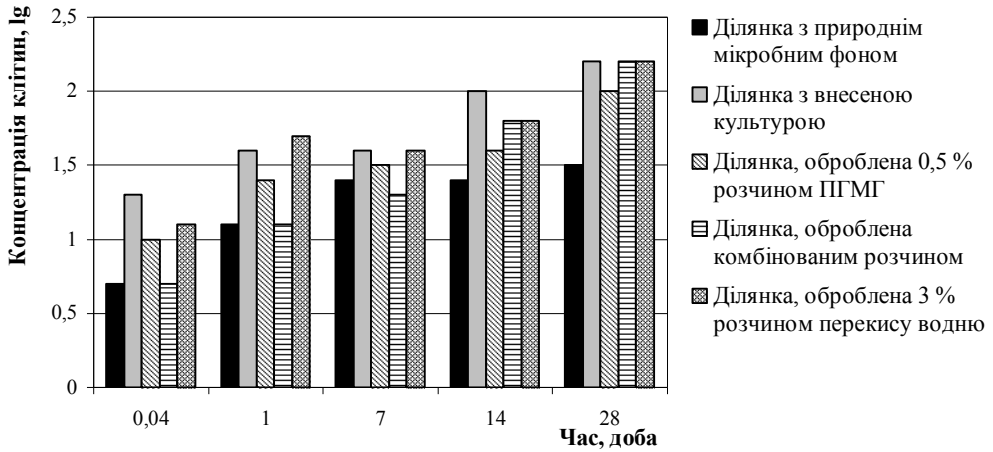


Рис. 8. Дія комбінованого препарату на плитці при нанесенні культури *Bacillus subtilis*  $N_{поч}=8 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>

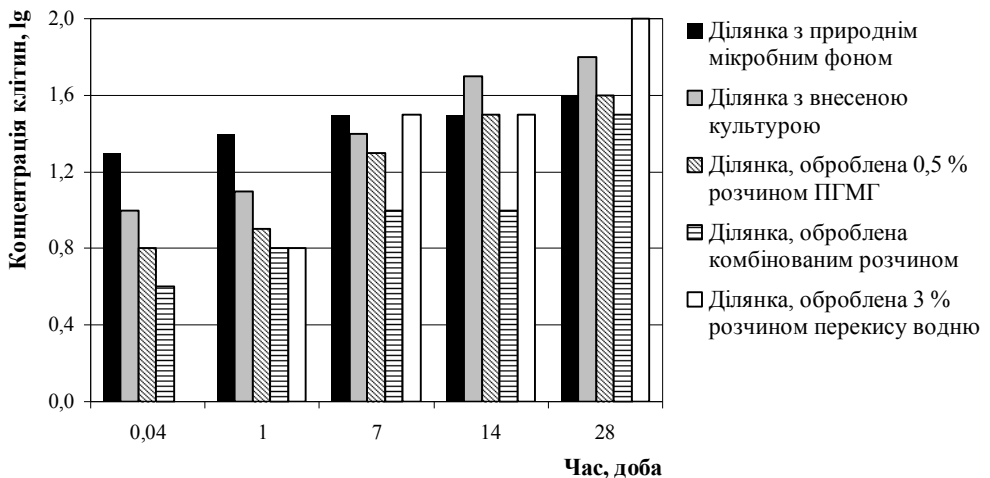


Рис. 9. Дія комбінованого препарату на плитці при нанесенні культури *Penicillium chrysogenum*  $N_{поч}=7 \cdot 10^4$  КУО/см<sup>3</sup>

### ВИСНОВКИ

1. При обробці досліджуваними препаратами поверхонь різних типів найкраще дезінфікується дерев'яна поверхня. Це пояснюється тим, що на відміну від плитки, дерево завдяки своїй структурі краще просочується дезінфікуючими розчинами.

2. Комбінований препарат на основі ПГМГ та перекису водню є ефективним проти бактеріальної та грибною мікрофлори. Після обробки методом протирання стін, підлоги та столу мікробна занасіненість значно зменшилась.
3. 3% розчин перекису водню ефективний лише для короткотривалої дезінфекції. Антисептик втрачає свої властивості після доби нанесення розчину на досліджувані об'єкти, що пояснюється його здатністю швидко розкладатися при контакті із повітрям.
4. Препарат на основі солей полігексаметиленгуанідину – 0,5% розчин, діє ефективно проти бактеріальної мікрофлори. Найкраща протимікробна дія препарату спостерігається при обробці дерев'яної поверхні.
5. Відмічена стійка довготривала дія розчинів ПГМГ, завдяки здатності утворювати на оброблювальній поверхні тонку біоцидну плівку.

### Література

1. Малюга В. Д. Оптимизация выбора дезинфицирующих средств / Практика управления медицинским учреждением. – 2011. – №3.
2. Artemova T.Z., Nedachin A.E., Zholdakova Z.I., at al., The problem in the reactivation of microorganisms on evaluating the efficacy of water disinfectants / *Gig. Sanit.* – 2010. – Vol. 1. – Pp. 15-18.
3. Pummi K., Kemppi E., Lammintausta K. Occupational sensitization to polyhexamethylene guanidine hydrochloride in a non-alcoholic hand rub / *Contact Dermatitis.* – 2012. – Vol. 66(6). – Pp. 348-349.
4. Shpiskii A.V., Afanas'ev V.V., Polikarpov N.A. at al. Comparative analysis of antimicrobial action of polyhexametyluanide hydrochloride (Biopag) and chlorhexidine bigluconate upon potential infectious agent of suppurative-inflammatory diseases of maxillo-facial region and neck / *Stomatologiya (Mosk).* – 2007. – Vol. 86(3). – p. 46-50.
5. Oulé M.K., Azinwi R., Bernier A.M., at al., Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections / *Journal of Medical Microbiology.* – 2008. – Vol. 57(12). – Pp. 1523-1528.
6. Светлов Д. А. Бицидные препараты на основе производных полигексаметиленгуанидина. // *Жизнь и безопасность*, 2005. – № 3-4.
7. Linyan Feng, Fuwang Wu, Jing Li, Yueming Jiang, Xuewu Duan. Antifungal activities of polyhexamethylene biguanide and polyhexamethylene guanide against the citrus sour rot pathogen *Geotrichum citri-aurantii* in vitro and in vivo / *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 61, Is. 2-3, 2011, Pp. 160-164.
8. C.Y. Leung, Y.C. Chan, L.P. Samaranyake, C.J. Seneviratne. Biocide resistance of *Candida* and *Escherichia coli* biofilms is associated with higher antioxidative capacities / *Journal of Hospital Infection*, Vol. 81, Is. 2, . 2012, Pp. 79-86.

### References

1. Malyuga V. D. (2011), Optimizatsiya vybora dezinfitsiruyushchikh sredstv, *Praktika upravleniya meditsinskim uchrezhdeniem*, 3.
2. Artemova T.Z., Nedachin A.E., Zholdakova Z.I. (2010), The problem in the reactivation of microorganisms on evaluating the efficacy of water disinfectants, *Gig. Sanit.*, 1, pp. 15-18.
3. Pummi K., Kemppi E., Lammintausta K. (2012), Occupational sensitization to polyhexamethylene guanidine hydrochloride in a non-alcoholic hand rub, *Contact Dermatitis*, 66(6), pp. 348-349.
4. Shpiskii A.V., Afanas'ev V.V., Polikarpov N.A. (2007), Comparative analysis of antimicrobial action of polyhexametyluanide hydrochloride (Biopag) and chlorhexidine bigluconate upon potential infectious agent of suppurative-inflammatory diseases of maxillo-facial region and neck, *Stomatologiya (Mosk)*, 86(3), pp. 46-50.
5. Oulé M.K., Azinwi R., Bernier A.M. (2008), Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections, *Journal of Medical Microbiology*, 57(12), pp. 1523-1528.

6. Svetlov D. A. (2005), Biotsidnye preparaty na osnove proizvodnykh poligeksametilenguanidina, *Zhizn' i bezopasnost'*, 3(4).
7. Linyan Feng., Fuwang Wu., Jing Li., Yueming Jiang., Xuewu Duan. (2011), Antifungal activities of polyhexamethylene biguanide and polyhexamethylene guanide against the citrus sour rot pathogen *Geotrichum citri-aurantii* in vitro and in vivo, *Postharvest Biology and Technology*, 61(2-3), pp. 160-164.
8. P.Y. Leung., Y.P. Chan., L.P. Samaranayake., P.J. Seneviratne. (2012), Biocide resistance of *Candida* and *Escherichia coli* biofilms is associated with higher antioxidative capacities, *Journal of Hospital Infection*, 81(2), pp. 79-86.

## Simulation of compression of juice chips mixtures in diffusive device

**Dmytro Lyulka, Mykola Pushanko**

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Diffusion  
Chips  
Juice  
Pressure  
Filtration

---

#### Article history:

Received 25.06.2013  
Received in revised form  
20.08.2013  
Accepted 03.04.2013

---

#### Corresponding author:

Dmytro Lyulka  
E-mail:  
lulkadm@ukr.net

**Introduction.** Analyzed the distribution of pressure of juice chips mixtures and equations for determining the filter under compressive effort that moves the solid phase.

**Materials and methods.** Studied of juice chips mixtures in industrial diffusers, which is a two-phase system. It has beet chips and juice and is characterized by the specific content strand volume diffusion space.

**Results.** Resolved boundary value problem sealing layer of juice chips mixtures makes it possible to identify the impact of a number of factors on the distribution of pressure in the reservoir and the process of filtering the juice through a layer of chips and obtained the variation of pressure from time to time for any fixed section layer and the variation of pressure height layer for any fixed period of time. The equation describing the change in the parameters characterizing the state of juice chips mixtures at different stages of her life in vehicles. Pressure distribution in of juice chips mixtures under operating systems of transport in devices of different types affect the filtering ability of the chip layer and thus forms the temperature fields in the apparatus , since most of these chips is heated by heat transfer from the heated chips juice.

**Conclusions.** The results recommended using when developing new and upgrading of existing transport systems diffusion facilities and installations.

---

УДК 664.1.033.4

## Моделювання процесу стискання сокостружкової суміші в дифузійних апаратах

**Дмитро Люлька, Микола Пушанко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

## Вступ

Вилучення цукрози із бурякової стружки методом екстрагування в дифузійних апаратах безперервної дії пов'язане з утворенням сокостружкової суміші з різним вмістом твердої фази. Структурно-механічні властивості таких сумішей впливають на характер протитечійного переміщення твердої фази і фільтраційну здатність шару суміші, яка змінюється при зміні тисків на неї робочими органами транспортних систем.

## Матеріали і методи

Досліджували сокостружкову суміш в промислових дифузійних апаратах, яка являє собою двохфазну систему. Вона складається з бурякової стружки та соку і характеризується величиною питомого наповнення стружкою об'єму дифузійного простору. У апаратів різних типів ця величина різна і коливається в межах 400...850 кг/м<sup>3</sup>. Тверда фаза суміші складається з окремих стружинок і має пористу структуру через яку фільтрується рідка фаза (сік). В процесі роботи дифузійного апарату сокостружкова суміш піддається механічному впливу різної інтенсивності, що значно впливає на процес екстрагування. Для оцінки цього впливу і визначення ефективності процесу необхідно визначити локальний напрямок руху рідини в апараті, адже величина силового впливу перед робочим органом і після нього різна. Це можливо лише у випадку, якщо відомі розподіл тиску навколо транспортуючих елементів при їх переміщенні в сокостружковій суміші, фільтраційні характеристики середовища.

Для виявлення впливу розподілу тиску в шарі сокостружкової суміші на його фільтраційну здатність використаємо метод математичного моделювання процесу стискання пористого середовища.

## Результати та обговорення

Для побудови математичної моделі процесу стискання сокостружкової суміші зробимо наступні припущення:

- шар бурякової стружки повністю насичений соком, стан якого в порах вважається вільним, нестисненим і гідравлічно неперервним;
- шар стружки приймається лінійно деформованим, напруження в якому миттєво викликають його деформації;
- шар стружки не структурований і зовнішній тиск, що прикладається до нього, моментально повністю передається на сік;
- фільтрація соку в порах шару стружки повністю підкоряється закону Дарсі.

Приймаємо, що в початковий момент часу сокостружкова суміш знаходиться в статичному стані, тобто тиск соку в порах стружки рівний нулю.

Зовнішній тиск, прикладений до виділеного об'єму сокостружкової суміші буде:

$$P = P_{II} + P_C, \quad (1)$$

де  $P_{II}$  – надлишковий тиск в порах;  
 $P_C$  – тиск, що передається на частинки бурякової стружки.

З формули (1) виходить, що для будь-якого моменту часу на будь-якій глибині шару сума тиску в поровому соці і тиску, що передається на бурякову стружку, дорівнює зовнішньому тиску.

В перший момент часу  $\tau_1$  зовнішній тиск  $P$  повністю передається на поровий сік, але в наступні проміжки часу тиск в соці  $P_c$  зі зміною гідростатичного тиску  $H$  буде зменшуватись, а тиск, що діє на стружку  $P_{II}$ , зростати до тих пір, поки не стане рівним зовнішньому тиску (рис. 1).

Для елементарного шару  $dx$  на глибині  $x$  в об'ємі сокостружкової суміші збільшення вмісту соку  $q$  дорівнює зменшенню пористості шару  $n$ :

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -\frac{\partial n}{\partial t}, \quad (2)$$

де  $q$  – витрата соку в напрямку  $x$ ;  
 $n$  – об'єм соку в міжстружковому просторі шару  $dx$ .

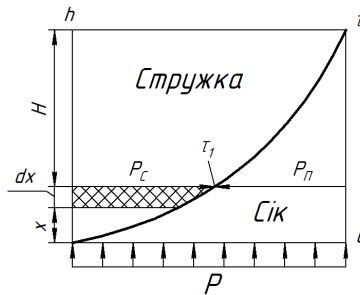


Рис. 1. Схема стиснення сокостружкової суміші

Залежність (2) являє собою умову нерозривності руху соку в шарі сокостружкової суміші. За законом фільтрації Дарсі для випадку направлено руху соку (вздовж осі  $x$ ) отримаємо:

$$q = -k_\phi \cdot \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (3)$$

де  $k_\phi$  – коефіцієнт фільтрації;  
 $H$  – напір в соці.  
 Звідси:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -k_\phi \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial x^2}. \quad (4)$$

Приймаючи до уваги, що напір в соці  $H$  дорівнює тиску в соці  $P_{II}$ , розділеному на його густину  $\rho_{II}$  і, врахувавши рівняння (1), отримаємо:

$$P_{II} = P - P_c, \quad H = \frac{P_{II}}{\rho_{II}}, \quad H = \frac{P - P_c}{\rho_{II}},$$

звідки:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = -\frac{1}{\rho_{II}} \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}.$$

З врахуванням (4) маємо:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{k_{\Phi}}{\rho_{II}} \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}. \quad (5)$$

Для перетворення правої частини рівняння (2) введемо поняття коефіцієнта пористості шару сокостружкової суміші  $e$ , яке визначимо через:

$$e = \frac{n}{m}, \quad (6)$$

тоді:

$$n + m = 1. \quad (7)$$

З виразів (6) і (7) отримуємо:

$$n = \frac{e}{1+e}, \text{ і } \frac{\partial n}{\partial t} \approx \frac{1}{1+e_{cep}} \cdot \frac{\partial e}{\partial t}. \quad (8)$$

Тут в знаменнику виразу (8) нехтуємо зміною  $e$  в порівнянні з одиницею і приймаємо деяке  $e_{cep}$ .

Введемо також коефіцієнт стисливості шару  $m_0$ , який дорівнює відношенню зміни коефіцієнта пористості до діючого тиску:

$$m_0 = \frac{e_0 - e_i}{P_{Ci}}. \quad (9)$$

Для якогось проміжного значення  $P_{Ci}$  маємо:

$$e_i = e_0 - m_0 \cdot P_{Ci}, \quad (10)$$

де  $e_0$  – початковий коефіцієнт пористості.

Диференціюючи рівняння (10) по  $t$ , отримаємо:

$$\frac{\partial e}{\partial t} = -m_0 \cdot \frac{\partial P_C}{\partial t}.$$

Отже:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{m_0}{1+e_{cep}} \cdot \frac{\partial P_C}{\partial t}. \quad (11)$$

Тоді рівняння (2) можна записати з врахуванням (5) і (11) у вигляді:



$$\frac{k_{\phi} \cdot (1 + e_{cep})}{m_0 \cdot \rho_{II}} \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2} = \frac{\partial P_C}{\partial t}.$$

Позначивши множник в лівій частині через  $a$ , отримаємо в кінцевому вигляді диференціальне рівняння одновимірної задачі фільтраційного ущільнення сокостружкової суміші:

$$\frac{\partial P_C}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}, \quad (12)$$

де

$$a = \frac{k_{\phi} \cdot (1 + e_{cep})}{m_0 \cdot \rho_{II}}. \quad (13)$$

Величина  $a$  називається коефіцієнтом ущільнення, який відображає вихідні умови задачі по характеристиці ущільнення сокостружкової суміші і самого процесу фільтраційного ущільнення.

**Вирішення крайової задачі фільтраційного ущільнення сокостружкової суміші.** Для однозначного вирішення рівняння (12) доповнюємо його крайовими умовами стискання шару суміші товщиною  $2h$  при двохсторонній фільтрації екстрагенту (вгору і вниз) (рис. 2).

Вибираємо початок координат посередині шару. В цьому випадку функція  $P_C(x, t)$  є парною відносно  $x$  для будь-якого фіксованого  $t$ , тому дана задача є симетричною і для неї при  $x=0$  можна записати умову симетрії у вигляді (перша гранична умова):

$$\frac{\partial P_C(0, t)}{\partial x} = 0 \quad (14)$$

Оскільки розглядаємо фільтрацію соку через шар, то друга гранична умова при  $x=h$  може бути записана у вигляді:

$$P_C(h, t) = P = const, \quad (15)$$

бо сік вільно виходить через фільтрувальну поверхню  $x=h$ . За початкову умову задачі приймемо положення про те, що в момент часу  $t=0$  по глибині шару було рівномірно розподілений ущільнюючий тиск  $P_0=const$ :

$$P_C(x, 0) = P_0 = const. \quad (16)$$

Тоді, крайова задача може бути сформульована у вигляді:

$$\frac{\partial P_C(x, t)}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 P_C(x, t)}{\partial x^2}, \quad (t > 0, -h \leq x \leq h), \quad (17)$$

$$\frac{\partial P_C(0, t)}{\partial x} = 0, \quad (18)$$

$$P_C(h, t) = P = const, \quad (19)$$

$$P_C(x, 0) = P_0 = const. \quad (20)$$

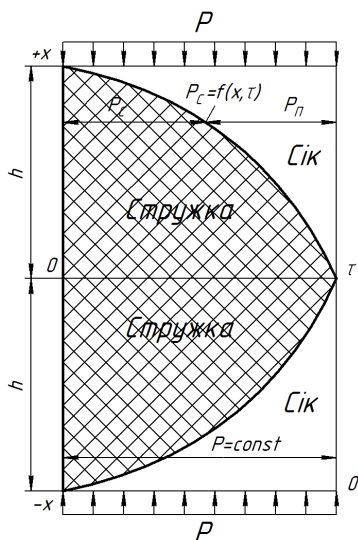


Рис. 2. Стискання шару суміші при двохсторонній фільтрації екстрагента

Вирішення задачі проведемо методом розділення змінних (методом Фур'є). Часткове вирішення рівняння (17) подамо у вигляді добутку функцій, кожна з яких залежить тільки від одного аргументу  $x$  або  $t$ :

$$P_c(x, t) = c \cdot \theta(t) \cdot \psi(x), \quad (21)$$

Підставимо вираз (21) в (17):

$$\theta_t(t) \cdot \psi(x) = a \cdot \theta(t) \cdot \psi_{xx}(x),$$

звідки:

$$\frac{\theta_t(t)}{\theta(t)} = a \cdot \frac{\psi_{xx}(x)}{\psi(x)}, \quad (22)$$

де:

$$\theta_t(t) = \frac{\partial \theta(t)}{\partial t}, \quad \psi_{xx}(x) = \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2}.$$

Вираз (22) повинен справджуватися при будь-яких значеннях  $x$ ,  $t$ . Це можливо тільки в тому випадку, якщо права і ліва його частини дорівнюють деякій постійній величині:

$$\frac{\theta_t(t)}{\theta(t)} = F, \quad (23)$$

$$a \cdot \frac{\psi_{xx}(x)}{\psi(x)} = F. \quad (24)$$

Інтегруючи вираз (23), отримаємо:

$$\theta(t) = e^{F \cdot t} . \quad (25)$$

Так як при проходженні нескінченно великого проміжку часу ( $t \rightarrow \infty$ ) величина  $P_C(x, t)$  приймає кінцеве значення, а саме  $P_C \rightarrow P = const$ , отже, з фізичних міркувань величина  $F$  може бути тільки від'ємною. Оскільки величина  $F$  поки довільна постійна за числовим значенням, то можна прийняти  $F = -a \cdot k^2$ , де  $a$  – параметр диференційного рівняння (17),  $a > 0$ ;  $k$  – деяка постійна, що визначається з граничних умов.

Тоді отримаємо:

$$\theta(t) = e^{-a \cdot k^2 \cdot t} , \quad (26)$$

а рівняння (24) може бути представлено у вигляді:

$$\psi_{xx}(x) + k^2 \cdot \psi(x) = 0 . \quad (27)$$

Вирішенням рівняння (27) в загальному вигляді буде вираз:

$$\psi(x) = A \cdot \sin kx + B \cdot \cos kx . \quad (28)$$

Тоді часткове вирішення рівняння фільтраційного ущільнення буде мати вигляд:

$$P_C(x, t) = (A \cdot \sin kx + B \cdot \cos kx) \cdot e^{-a \cdot k^2 \cdot t} . \quad (29)$$

З умови симетрії (18) виходить, що:

$$\frac{\partial P_C(0, t)}{\partial x} = \lim_{x \rightarrow 0} (A \cdot k \cdot \cos kx - B \cdot k \cdot \sin kx) \cdot e^{-a \cdot k^2 \cdot t} = A \cdot k \cdot e^{-a \cdot k^2 \cdot t} = 0 ,$$

звідки  $A=0$ .

Задовольнимо другу граничну умову. Для спрощення розрахунку тимчасово приймемо  $P=0$ , тобто ущільнення проходить під дією сили тяжіння шару суміші.

Отже:

$$P_C(h, t) = B \cdot \cos(k \cdot h) \cdot e^{-a \cdot k^2 \cdot t} = 0 ,$$

звідси виходить, що  $\cos(k \cdot h) = 0$ , тобто  $k_n \cdot h = (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2}$ , отже  $k_n = (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{h}$ ,

де  $n=1, 2, \dots$ , а  $k$  має нескінченну кількість рішень. Отже, загальне вирішення являє собою суму всіх часткових вирішень:

$$P_C(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \cos \left[ (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right] \cdot \exp \left[ -(2 \cdot n - 1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2} \right] \quad (30)$$

Постійні  $B_n$  знаходимо з початкової умови:

$$P_c(x, 0) = P_0 = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \cos k_n x. \quad (31)$$

Система функцій  $\cos k_n x$  є ортогональною, тому:

$$I = \int_{-h}^h \cos(k_n x) \cdot \cos(k_m x) dx = \begin{cases} 0, m \neq n \\ h + \frac{\sin 2 \cdot k_n \cdot h}{2 \cdot k_n}, m = n \end{cases}; \quad (32)$$

оскільки нескладно показати, що:

$$I = \int_{-h}^h \cos^2(k_n x) dx = h + \frac{\sin 2 \cdot k_n \cdot h}{2 \cdot k_n}. \quad (33)$$

Використаємо формулу (32) для знаходження  $B_n$ . Помножимо обидві частини рівності (31) на  $\cos k_m x$  і проінтегруємо в межах від  $-h$  до  $h$ :

$$P_0 \int_{-h}^h \cos(k_m x) dx = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \int_{-h}^h \cos(k_n x) \cdot \cos(k_m x) dx.$$

З врахуванням (32) і (33) отримаємо:

$$\frac{2 \cdot P_0}{k_n} \cdot \sin k_n \cdot h = B_n \cdot \left( h + \frac{\sin 2 \cdot k_n \cdot h}{2 \cdot k_n} \right),$$

так як  $k_n \cdot h = (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2}$ , то  $\sin 2 \cdot k_n \cdot h = 0$ .

Отже звідси:

$$B_n = \frac{2 \cdot P_0}{k_n \cdot h} \cdot \sin k_n \cdot h \quad (34)$$

Таким чином загальне вирішення даної задачі можна записати так:

$$P_c(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \cdot P_0}{k_n \cdot h} \cdot \sin(k_n \cdot h) \cdot \cos(k_n \cdot h \cdot x) \cdot e^{-a \cdot k_n^2 \cdot t}, \quad (35)$$

або з врахуванням того, що  $\sin k_n \cdot h = (-1)^{n-1}$  при  $k_n \cdot h = (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2}$  для (35) отримаємо:

$$\frac{P_c(x, t)}{P_0} = 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \cos \left[ (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right] \cdot \exp \left[ - (2 \cdot n - 1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2} \right] \quad (36)$$

Якщо зовнішній тиск не дорівнює нулю, а дорівнює  $P$ , так як це виходить з умови задачі, то вирішення ( 3.36) можна записати у вигляді:

$$\frac{P - P_C(x, t)}{P - P_0} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \frac{4}{(2 \cdot n - 1) \cdot \pi} \cdot \cos \left[ (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right] \cdot \exp \left[ -(2 \cdot n - 1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2} \right] \quad (37)$$

звідки:

$$P_C(x, t) = P - (P - P_0) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \frac{4}{(2 \cdot n - 1) \cdot \pi} \cdot \cos \left[ (2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right] \cdot \exp \left[ -(2 \cdot n - 1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2} \right] \quad (38)$$

Для вирішення практичних задач обмежимося першим членом ряду, тобто прийемо  $n=1$ , звідси отримаємо:

$$P_C(x, t) = P - (P - P_0) \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2}} \quad (39)$$

У випадку прикладання великого зовнішнього тиску  $P \gg P_0$  рівняння (39) прийме вигляд:

$$P_C(x, t) = P \cdot \left( 1 - \frac{4}{\pi} \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h} \right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2}} \right) \quad (40)$$

Отримане аналітичне рішення (40) крайової задачі ущільнення шару сокостружкової суміші дає можливість виявити вплив цілого ряду факторів на процес розподілу тиску в шарі і процес фільтрації соку через шар стружки.

З виразу (40) нескладно отримати закон зміни тиску  $P_C$  від часу для будь-якого фіксованого перерізу шару  $x = h_1 = const$ ,  $0 \leq h_1 \leq +h$ :

$$P_C(h_1, t) = P \cdot (1 - A \cdot e^{-B \cdot t}) \quad (41)$$

де  $A$  і  $B$  – деякі постійні числа для даного значення.

Аналогічно можна отримати закон зміни тиску по висоті шару для будь-якого фіксованого проміжку часу  $t=t_1$ :

$$P_C(x, t_1) = P \cdot \left[ 1 - A_1 \cdot \cos \left( \frac{\pi \cdot x}{2 \cdot h} \right) \right] \quad (42)$$

де  $A_1$  – деяке постійне число для даного значення  $t_1$ .

З рівняння (1) можна визначити розподіл тиску в екстрагенті в будь-якому перерізі шару для будь-якого моменту часу при заданому зовнішньому навантаженню  $P$ , обравши перед цим значення  $P_C$  з виразу (40).

Отримане вирішення (40) дозволяє визначити швидкість фільтрації соку в будь-якому перерізі шару для будь-якого моменту часу.

З рівняння (5) виходить, що:

$$q = \frac{k_{\phi}}{\rho_{\Pi}} \cdot \frac{\partial P_C}{\partial x}$$

Таким чином, щоб визначити витрату соку (об'ємну швидкість фільтрації) необхідно про диференціювати по  $x$  рівняння (40). В результаті отримаємо:

$$q = \frac{k_{\phi}}{\rho_{\Pi}} \cdot P \cdot \frac{2}{h} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot h} \cdot x\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot a}{4 \cdot h^2} \cdot t} \quad (43)$$

З рішення (40) видно, що зміни фізико-механічних властивостей сокоотружкової суміші, які враховані параметром  $a$ , впливають на розподіл тисків  $P_C$  і  $P$  аналогічно зміні тривалості процесу.

## Висновки

Одержані рішення описують перебіг зміни параметрів, що характеризують стан сокоотружкової суміші на різних етапах її перебування в апаратах. Визначальний характер розподілу тисків в сокоотружковій суміші під дією робочих органів транспортних систем в апаратах різних типів впливає на фільтраційну здатність шару стружки і відповідно формує температурні поля в апаратах, оскільки в більшості з них нагрівання стружки відбувається за рахунок передачі тепла стружці від нагрітого соку.

На основі отриманих результатів математичного моделювання процесу стискання пористого середовища можна проводити профілювання робочої поверхні елементів транспортних при розробленні нових та модернізації існуючих промислових екстракторів різних типів і продуктивності.

## Література

1. Bosse D., Reinhold H. Tower 2000 - A new tower extraction concept / Zuckerindustrie. – 1999. – Vol. 124, Nr. 5. – Pp. 396-400.
2. Göddertz L. Developments in tower extraction: a new dimension / Zuckerindustrie. SugarIndustry. – 2001. – Vol. 126, Nr. 10. – Pp. 812-815.
3. Василяка А., Верхола Л., Ладановский М. Пути повышения тепловой и технологической эффективности диффузионных установок/ Сахар и свекла, 2011 г., №1, –С. 22-24.
4. Joanna Kawa-Rygielska, Witold Pietrzak, Piotr Regiec, Piotr Stencel. Utilization of concentrate after membrane filtration of sugar beet thin juice for ethanol production / Bioresource Technology, Volume 133, 2013, Pp. 134-141
5. Nigel Day. Why centrifuges play an important role in the production of sugar / Filtration & Separation, Volume 41, Issue 8, October 2004, Pp. 28-30
6. Sobczyński J. Ocena eksploatacji instalacji ekstraktora korytowego współpracującego z zaparzalnikiem w Cu krowni Miejska Górka / Gazeta Cukrownicza – 2010 – 4 – Pp. 103–105.
7. Верхола Л.А., Пушанко Н.Н. Гидродинамические процессы в колонных диффузионных установках / Цукор України – 2008. –№6. –С. 33-41.
8. Люлька Д.Н., Серегин А.А. Зависимость интенсивности массоотдачи в системе «свековичная стружка – диффузионный сок» от конструкции транспортных систем колонных диффузионных аппаратов / Сахар, 2010 г., №3, –С. 47-48.

9. Пушанко М.М., Парахоня А.М. Розподіл питомого навантаження стружки в об'ємі колонних дифузійних апаратів / Цукор України – 2012. – №9. – С. 12-16.
10. Houcine Mhemdi, Olivier Bals, Nabil Grimi, Eugène Vorobiev. Filtration diffusivity and expression behaviour of thermally and electrically pretreated sugar beet tissue and press-cake / Separation and Purification Technology, Volume 95, 2012, Pp. 118-125
11. M. Loginov, K. Loginova, N. Lebovka, E. Vorobiev. Comparison of dead-end ultrafiltration behaviour and filtrate quality of sugar beet juices obtained by conventional and “cold” PEF-assisted diffusion / Journal of Membrane Science, Volume 377, Issues 1–2, 2011, Pp. 273-283
12. Крамар В.Г. Вдосконалення пресово-дифузійної технології сокодобування в цукровому виробництві. автореферат дисертації кандидата технічних наук, спец. 05.18.12. - К., 2003.
13. Goots V., Gubenia O., Lukianenko B. Modeling of cutting of multilayer materials / Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies. – Vol. 2. – Is. 3. Pp. 294-298.

## References

1. Bosse D., Reinhold H. Tower (1999), 2000 - A new tower extraction concept, *Zuckerindustrie*, 124(5), pp. 396-400.
2. Göddertz L. (2001). Developments in tower extraction: a new dimension, *Zuckerindustrie, SugarIndustry*, 126(10), pp. 812-815.
3. Vasilyaka A., Verkhola L., Ladanovskiy M. (2011), Puti povysheniya teplovoy i tekhnologicheskoy effektivnosti diffuzionnykh ustanovok, *Sakhar i svekla*, 1, pp. 22-24.
4. Joanna Kawa-Rygielska, Witold Pietrzak, Piotr Regiec, Piotr Stencel. (2013), Utilization of concentrate after membrane filtration of sugar beet thin juice for ethanol production, *Bioresource Technology*, 133, pp. 134-141.
5. Nigel Day (2004), Why centrifuges play an important role in the production of sugar, *Filtration & Separation*, 41(8), pp. 28-30.
6. Sobczyński J.(2010), Ocena eksploatacji instalacji ekstraktora korytowego współpracującego z zaparzalnikiem w Cukrowni Miejska Górka, *Gazeta Cukrownicza*, 4, pp. 103–105.
7. Verkhola L.A., Pushanko N.N. (2008), Gidrodinamicheskie protsessy v kolonnykh diffuzionnykh ustanovkakh, *Tsukor Ukrainy*, 2008, 6, pp. 33-41.
8. Lyulka D.N., Seregin A.A. (2010), Zavisimost' intensivnosti massootdachi v sisteme «sveklovichnaya struzhka – diffuzionny sok» ot konstruksii transportnykh sistem kolonnykh diffuzionnykh apparatov, *Sakhar*, №3, pp. 47-48.
9. Pushanko M.M., Parakhonia A.M. (2012), Rozpodil pytomoho navantazhennia struzhky v ob'єmi kolonnykh dyfuziinykh aparativ, *Tsukor Ukrainy*, 9, pp. 12-16.
10. Houcine Mhemdi, Olivier Bals, Nabil Grimi, Eugène Vorobiev (2012), Filtration diffusivity and expression behaviour of thermally and electrically pretreated sugar beet tissue and press-cake, *Separation and Purification Technology*, 95, 2012, pp. 118-125.
11. M. Loginov, K. Loginova, N. Lebovka, E. Vorobiev (2011), Comparison of dead-end ultrafiltration behaviour and filtrate quality of sugar beet juices obtained by conventional and “cold” PEF-assisted diffusion, *Journal of Membrane Science*, 377(1–2), pp. 273-283.
12. Kramar V.H. (2003), *Vdoskonalennia presovo-dyfuziinoi tekhnologii sokodobuvannia v tsukrovomu vyrobnytstvi. Avtoreferat dysertatsii kandydata tekhnichnykh nauk*, 05.18.12, Kyiv.
13. Goots V., Gubenia O., Lukianenko B. (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(3), pp. 294-298.

## Effect of drying methods and regimes of microstructure change in plant materials

Vitaliy Shutyuk

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Drying  
Microstructure  
Apple  
Pomace  
Carrot

---

#### Article history:

Received 21.07.2013  
Received in revised form  
31.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

#### Corresponding author:

Vitaliy Shutyuk  
E-mail:  
schutyuk@i.ua

**Introduction.** Study of the kinetics of drying with change of the products microstructure at the same time, allows to simulate the change of their physical and biological properties more efficiently.

**Materials and methods.** Apples "Symyrenko" and carrots "Abaco" were investigated. Convective drying in an oven DNG-9035A was conducted. Temperature drying agent was  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ , microwave power field - 250 watts. Microstructure of raw materials was determined per microscope Konus Biorex-3 with size increasing 40... 100. Photomicrographs were made per camera Sigeta UCMOS 5100 5.1MP

**Result.** Analysis of research microstructural changes of plant material during drying per most common ways of dehydration in laboratory conditions is conducted. Changing of microstructure of apple and carrot pomace during convective and microwave drying methods are defined. At convective drying raw materials is dried more evenly as opposed to tributaries high frequency drying. The using only microwave drying for apple and carrot pomace significantly shortens the duration of process, but the quality of the resulting product deteriorates due to partial charring. The results allow to reduce the number of experimental studies for optimize the process.

---

УДК 664.854

## Вплив способів та режимів сушіння на зміну мікроструктури рослинної сировини

Віталій Шутюк

Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина



## Вступ

Процес сушіння харчових продуктів супроводжується фізичними й хімічними змінами. До фізичних змін головним переважно належать макро- та мікросміни розміру, форми та внутрішньої структури продукту [8, 11]. Ступінь та характер даних змін залежить від режимів та способів сушіння. Так конвективний спосіб сушіння рослинної сировини супроводжується численними розривами стінок клітин, формуванням великої кількості мікропорожнин та зменшенням поперечного перерізу клітин порівняно з сирими продуктами [2, 7, 9]. Структура висушених сублімацією продуктів складається з нерегулярно розміщених порожнин, порушених стінок клітин. [18]. Інтенсивність переміщення молекул розчиненої речовини впливає на утворення структури поверхні порожків, що в свою чергу визначає їхню функціональність [14].

## Матеріали та методи

Досліджувались яблучні вичавки і морква під час сушіння конвективним і мікрохвильовим способами.

Досліди з сушіння конвективним способом проводилися в сушильній шафі DNG-9035A з об'ємом камери 30 л. Сушарка дає змогу забезпечити температуру сушильного агента в діапазоні +5...300 °C з дискретністю її завдання 0,1 °C та стабільністю  $\pm 1$  °C. Для мікрохвильового оброблення використовувалась модернізована мікрохвильова піч Scarlett SC-1701 з робочим об'ємом 17 л і максимальною споживчою потужністю НВЧ-випромінювача 700 Вт. Установка має шість рівнів регулювання потужності НВЧ-випромінювача та можливість подавати в камеру нагріте повітря з сушильної шафи DNG-9035A для спільного процесу сушіння.

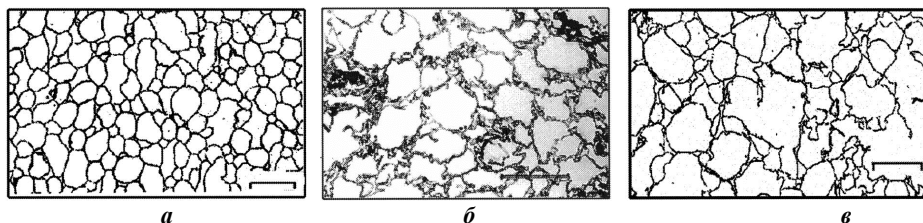
Мікроструктура сировини вивчалась за допомогою на мікроскопу Konus Biogex-3 з величиною збільшення 40...100x, а мікрофотографії виконувались за допомогою професійної цифрової фотокамери Sigeta UCMOS 5100 5.1MP з розширенням 2592×1944 пікселів.

Досліджувались яблука сорту Симиренко, які зберігались за температури 5 °C. В усіх експериментах протягом певного періоду часу використовували яблука однієї партії. З огляду на ефект дозрівання для експериментів вибирали тверді яблука, які промивали, натирали та вичавлювали сік. Моркву сорту Абако типу Шантанне, зберігали за температури 5 °C. Перед сушінням її мили і нарізали кружечками (діаметр 0,02 м, товщина 0,005 м).

Температура сушильного агента в усіх дослідах становила  $(65\pm 2)$  °C, потужність мікрохвильового поля – 250 Вт. Витрати сушильного агента дорівнювала  $(0,001\pm 0,0002)$  м<sup>3</sup>/с з початковою температурою  $(19\pm 1)$  °C та відносною вологістю 40...45 % повітря. Початковий вміст сухих речовин в яблучних вичавках сорту Симиренко становив 15, моркві сорту Абако – 18 %. Сушіння здійснювалось до рекомендованої кінцевої вологості згідно з відповідними технічними умовами (для яблучних вичавок – не більше 8 %, моркви – 14 %).

## Результати та обговорення

Процес сушіння істотно позначається на будову тканини сирого яблука [1, 3, 10, 16]. Так під час конвективного сушіння усадкові напруження викликають численні пориви стінок клітин і формування малих порожнин (рис. 1). В наслідок цього розмір клітин значно зменшується порівняно з клітинами сирого яблука. Як видно з мікрофотографій (див. рис. 1), порожнини висушеного зразка мають подовжену форму, а стискання і руйнування клітин призводить до їхнього фальцювання й жолоблення. В одночас кінцева будова яблука, висушеного сублімацією, формується під час заморожування, характеризується значним порушенням клітин і крихкою структурою без будь-якої домінуючої форми.



**Рис. 1. Мікроструктура яблука:**

*a* – свіжого (маркер – 300 мкм);  
*б, в* – висушеного відповідно в конвективній (маркер – 100 мкм) та сублімаційній сушарці (маркер – 150 мкм).

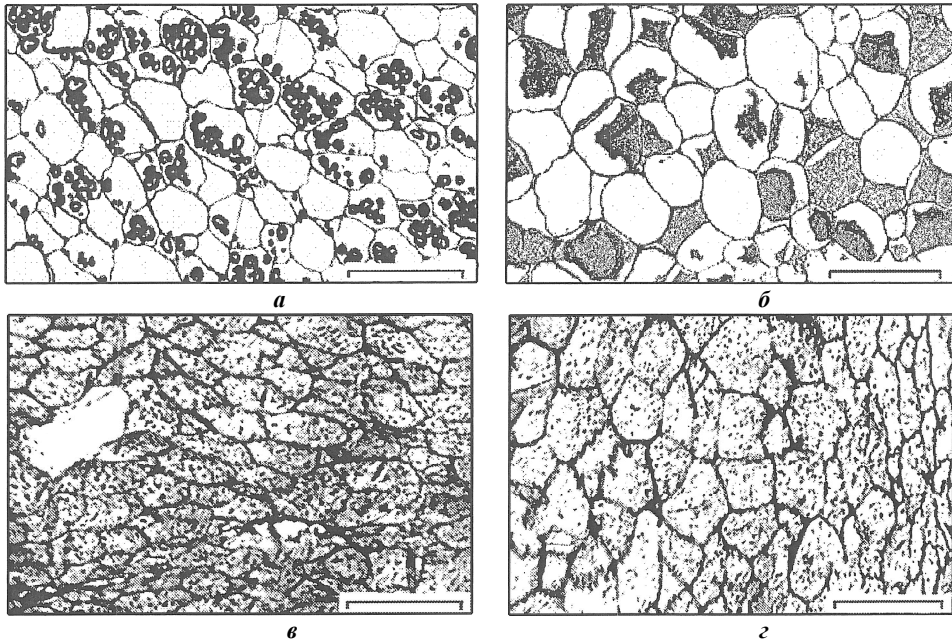
Режими сушіння також значно впливають на мікроструктуру картоплі [11, 12]. Процес відбілювання, який передує сушінню, спричиняє роздування клітин за рахунок драгливання крохмалю (рис. 2, *б*). Але, як видно з фотографії, не всі клітини заповненні крохмалем повністю. Конвективне сушіння супроводжується стисканням клітин, проте їх серйозного їхнього ушкодження не спостерігається. Порушується цілісність приблизно 12 % клітин, інші ж просто під час сушіння скорочуються. Цей ефект пояснюється невеликим розміром клітин і наявністю крохмалю, який зміцнює їхню будову. Під час сублімаційного сушіння картоплі, основний руйнівний вплив на мікроструктуру продукту справляє процес заморожування (див. рис. 2, *з*). У результаті сублімаційного сушіння утворюється пористий і тендітний продукт високої якості.

Ступінь руйнування тканин картоплі залежить від режимів оброблення значно більше ніж тканини яблука. Тому вибір режимів попереднього оброблення і сушіння позначається на властивостях готового продукту.

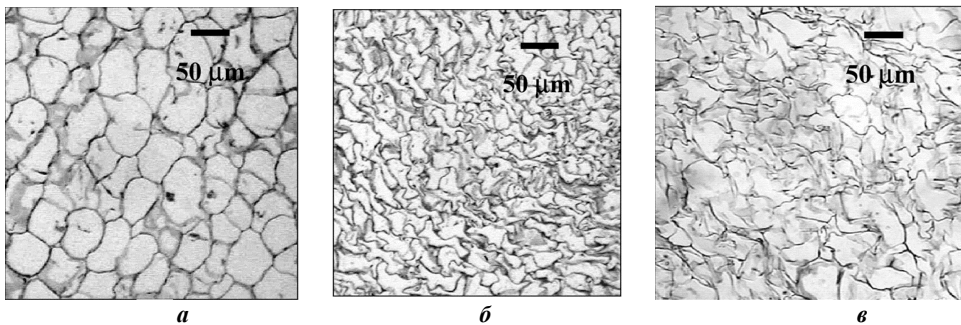
Зміни мікроструктури клітин моркви [13, 17, 20], висушеної гарячим повітрям та перегрітою парою значно відрізняються (рис. 3). Клітина моркви висушеної гарячим повітрям зазнала більшу деформацію клітини ніж перегрітою парою низького тиску. Це спричинено сильним ушкодженням клітин гарячим повітрям, тоді як сушіння парою розширює клітини, в результаті чого утворюється пористий продукт.

Ефект сушіння рослинної сировини конвективним і мікрохвильовим способами вивчали численні дослідники [3, 4, 5, 6, 15, 19]. Доведено, що коротший час сушіння мікрохвильовим способом сприяє меншому стисканню тканин продуктів завдяки створенню внутрішнього тиску пари (рис.4). Формування шару кірки на поверхні

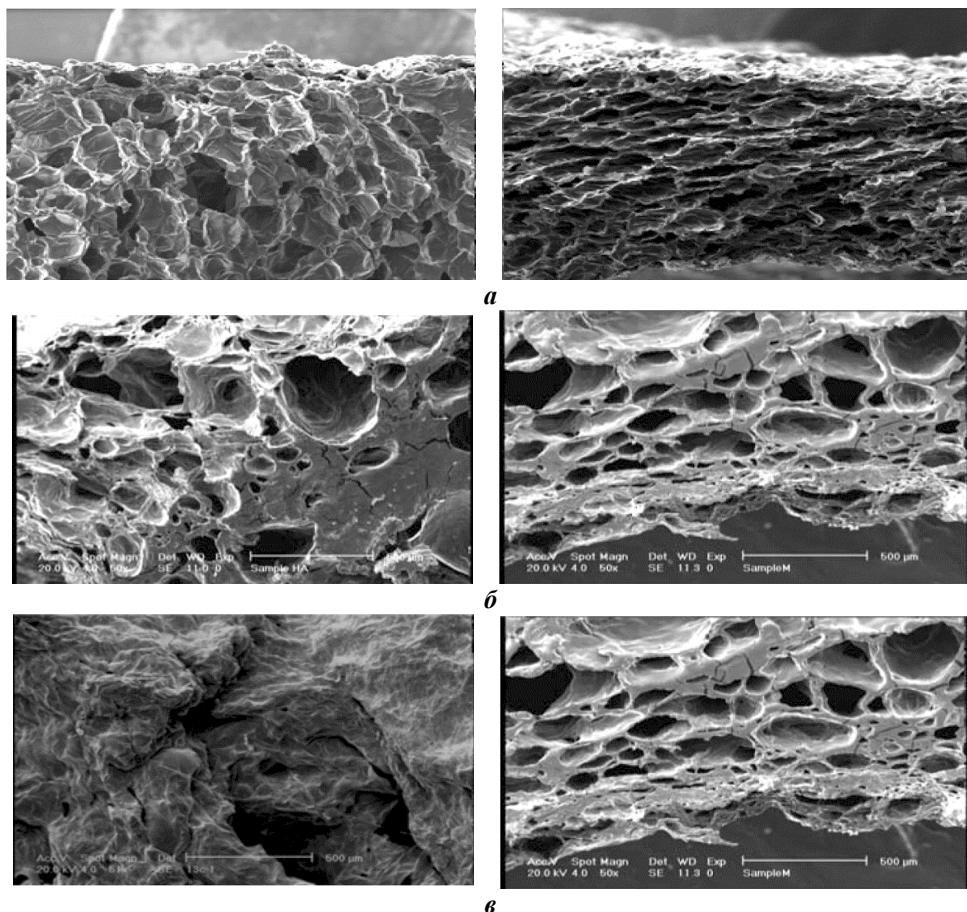
висушених матеріалів у результаті переміщення розчинених речовин збільшує механічну міцність висушених матеріалів, особливо суниці [3].



**Рис. 2. Мікроструктура картоплі (маркер – 300 мкм):**  
*a* – сирої;  
*б* – відбіленої;  
*в, г* – висушеної відповідно у конвективній та сублимаційні сушарках



**Рис. 3. Мікроструктура моркви:**  
*a* – свіжої;  
*б, в* – висушеної відповідно повітрям в конвективній сушарці та перегрітою парою низького тиску



**Рис. 4. Мікроструктура плодів і ягід, висушених конвективним способом (фото ліворуч) та мікрохвильовим способом (фото праворуч):**

*a* – яблуко

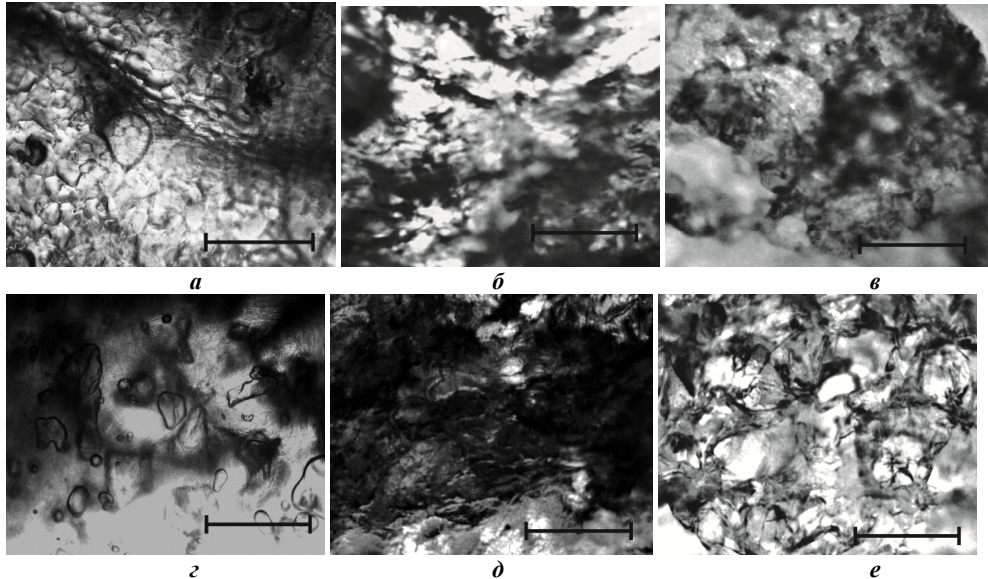
*б* – суниця

*в* – томат

Проведені дослідження з сушіння моркви та яблучних вичавок (рис. 5). Досліди з сушіння моркви показали, що у процесі конвективного сушіння тканина просушується більш нерівномірно (див. рис. 5, б) на відміну від сушіння струмами високої частоти (див. рис. 5, в). Така закономірність простежується і під час сушіння яблучних вичавок (див. рис. 5, д, е). Це пов'язано з особливостями процесу вилучення вологи даними способами. Як відомо, при сушінні СВЧ матеріал нагрівається одночасно по всьому об'єму, тому волога рівномірніше вилучається з продукту. У разі сушінні конвективним способом нерівномірно руйнується цитоплазматична оболонка рослинних клітин, відбувається частковий гідроліз протопектину й інактивуються ферменти.

Використання виключно мікрохвильового сушіння для яблучних вичавок і моркви значно скорочує тривалість процесу, проте через часткове обуглення тканин

якість отриманої продукції погіршується. У даному разі однією з основних причин, що впливає на якість сушеної продукції, є необхідність зміни діапазону потужності НВЧ-випромінювача, зумовленої періодичністю роботи установки. НВЧ-випромінювач лабораторної установки має дискретне шестипозиційне регулювання потужності, що не може достатньою мірою забезпечити необхідну зміну режиму сушіння.



**Рис. 5. Мікроструктура (маркер – 100 мкм):**  
морква – сирі (а), висушена конвективним способом (б)  
та струмами високої частоти (в);  
яблучні вичавки – сирі (з), висушені конвективним способом (д)  
та токами високої частоти (е)

## Висновки

Дослідження кінетики сушіння одночасно зі зміною мікроструктури продукту сприяє якіснішому моделюванню зміни його фізичних і біологічних властивостей. Пропоновані математичні моделі, сприятимуть значному скороченню кількості експериментальних досліджень для оптимізації процесу сушіння.

Усвідомлення того, як змінюється чи формується типова мікроструктура продукту під час сушіння, як впливає зміна мікроструктури на морфологію, поверхневі властивості та якість продукту, дає змогу конкретніше зрозуміти основні принципи сушіння харчових продуктів, контролю їхньої якості, відновлення, відбору умов проведення процесу й більш ефективного проектування сушильних установок.

## Література

1. Askari G.R., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. Investigation of effect of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying / *Drying Technology* 2008.– 26.– P. 1362–1368.
2. Castro L., Aguilera J.M. Fracture Properties and Microstructure of Low-Moisture Starch Probes / *Drying Technology* 2007.– 25. P. 147–152.
3. Contreras C., Marti'n-Esparza M.E., Chiralt A., Marti'nez-Navarrete N. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry / *Journal of Food Engineering*, 2008.– 88 (1). P. 55–64.
4. Drying technologies in food processing/edited by Xiao Dong Chen, Arun S. Mujumdar / 2008 Blackwell Publishing Ltd. P. 350.
5. Doymaz I. Air-drying characteristics of tomatoes / *Journal of Food Engineering* 2007.– 78 (4). P. 1291–1297.
6. Giri S.K., Prasad S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms./ *Journal of Food Engineering*. 2007.– 78. P. 512–521.
7. Guine R. DE P.F. Influence of drying method on density and porosity of pears / *Food and Bioproducts Processing* 2006.– 84 (3). P. 179–185.
8. Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziems A. Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps / *Journal of Texture Studies*, 2004.– 35. P. 621–633.
9. Krokida M., Marouli Z. Quality changes during drying of food materials.– *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*; Mujumdar, A., Ed.; Science Publishers, Inc.: Enfield, NH, USA. 2000. P. 61–98.
10. Lewicki P.P., Grzegorz P. Effect of Drying on Microstructure of Plant Tissue / *Drying Technology*, 2003.– 21. P. 657–683.
11. Lewicki P., Pawlak G. Effect of mode of drying on microstructure of potato / *Drying Technology*, 2005.– 23. P. 847–869.
12. Markowski M., Stankiewicz I., Zapotoczny P., Borowska J. Effect of variety on drying characteristics and selected quality attributes of dried carrots / *Drying Technology* 2006.– 24. P. 1011–1018.
13. Marques L.G., Prado M.M., Freire J.T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits / *LWT-Food Science and Technology*, 2009.– 42. P. 1232–1237.
14. Piotrowski D., Lenart A., Wardzynski A. Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries / *Journal of Food Engineering*, 2004.– 65 (4). P. 519–525.
15. Prothon F., Ahrne' L., Funebo T., Kidman S., Langton M., Sjolholm I. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics / *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. - 2001.– 34. P. 95–101.
16. Reyes A., Vega R., Bustos R., Araneda C. Effect of Processing Conditions on Drying Kinetics and Particle Microstructure of Carrot.– *Drying Technology*, 2008.– 26. P. 1272–1285.
17. Tao T., Peng X.F., Lee D.J. Structure of crack in thermally dried sludge cake / *Drying Technology*, 2005.– 23. P. 1555–1568.
18. Zhanga M., Tangb J., Mujumdar A.S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables / *Trends in Food Science & Technology*, 2006.– 17. P. 524–534.
19. Zielinska M.; Markowski M. Drying behavior of carrots dried in a spout-fluidized bed dryer / *Drying Technology*, 2007.– 25. P. 261–270.
20. Шутюк В.В., Василенко С.М., Бессараб О.С. Математичне моделювання сушіння харчових продуктів перегрітою парою / *Наукові праці НУХТ*. - 2013. - № 49. - С. 120-126.

## References

1. Askari G.R., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. (2008), Investigation of effect of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying, *Drying Technology*, 26, pp. 1362–1368.
2. Castro L., Aguilera J.M. (2007), Fracture Properties and Microstructure of Low-Moisture Starch Probes, *Drying Technology*, 25, pp. 147–152.
3. Contreras PP., Marti'n-Esparza M.E., Chiralt A., Marti'nez-Navarrete N. (2008), Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry, *Journal of Food Engineering*, 88(1), pp. 55–64.
4. Arun S. Mujumdar. (2008), Drying technologies in food processing.
5. Doymaz I. (2007), Air-drying characteristics of tomatoes, *Journal of Food Engineering*, 78(4), pp. 1291–1297.

6. Giri S.K., Prasad S. (2007), Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms, *Journal of Food Engineering*, 78, pp. 512–521.
7. Guine R. DE P.F. (2006), Influence of drying method on density and porosity of pears, *Food and Bioproducts Processing*, 84(3), pp. 179–185.
8. Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziemer A. (2004), Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps, *Journal of Texture Studies*, 35, pp. 621–633.
9. Krokida M., Marouli Z. (2000), Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences; Mujumdar, A., Ed, Science Publishers, USA*, pp. 61–98.
10. Lewicki P.P., Grzegorz P. (2003), Effect of Drying on Microstructure of Plant Tissue, *Drying Technology*, 21, pp. 657–683.
11. Lewicki P., Pawlak G. (2005), Effect of mode of drying on microstructure of potato, *Drying Technology*, 23, pp. 847–869.
12. Markowski M., Stankiewicz I., Zapotoczny P., Borowska J. (2006), Effect of variety on drying characteristics and selected quality attributes of dried carrots, *Drying Technology*, 24, pp. 1011–1018.
13. Marques L.G., Prado M.M., Freire J.T. (2009), Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits, *LWT-Food Science and Technology*, 42, pp. 1232–1237.
14. Piotrowski D., Lenart A., Wardzynski A. (2004), Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries, *Journal of Food Engineering*, 65(4), pp. 519–525.
15. Prothon F., Ahrne' L., Funebo T., Kidman S., Langton M., Sjöholm I. (2001), Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 34, pp. 95–101.
16. Reyes A., Vega R., Bustos R., Araneda P.P. (2008), Effect of Processing Conditions on Drying Kinetics and Particle Microstructure of Carrot, *Drying Technology*, 26, pp. 1272–1285.
17. Tao T., Peng X.F., Lee D.J. (2005), Structure of crack in thermally dried sludge cake, *Drying Technology*, 23, pp. 1555–1568.
18. Zhanga M., Tangb J., Mujumdar A.S., Wang S. (2006), Trends in microwave related drying of fruits and vegetables, *Trends in Food Science & Technology*, 17, pp. 524–534.
19. Zielinska M., Markowski M. (2007), Drying behavior of carrots dried in a spout-fluidized bed dryer, *Drying Technology*, 25, pp. 261–270.
20. Shutiuk V.V., Vasylenko S.M., Bessarab O.S. (2013), Matematychni modeliuvannia sushinnia kharchovykh produktiv perehritoiu paroiu / *Naukovi pratsi NUHT [Scientific works of NUHT]*, 49, pp. 120-126.

## Aerodynamic resistance nonwoven filter material

**Evgen Kharchenko, Evgen Dmitruk, Andriy Sharan**

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Filter  
Permeability  
Air  
Aerodynamic  
Resistance  
Grain

**Introduction.** Determination of aerodynamic resistance of unfabric filtration materials is very topical and consists in a necessity to development methods of calculations filters aspiration and pneumotransport equipment.

**Materials and methods.** The 24 unfabric filtration materials were investigated. The aerodynamic resistance were researched by reaching air and measuring their aerodynamic resistance with next mathematical treatment experimental information.

**Results.** Filtration materials have line character of aerodynamic resistance from specific loading of air on a filter surface. Unfabric filtration materials with an identical closeness can have different aerodynamic descriptions and on the contrary filtration materials with different closeness can have identical aerodynamic descriptions. Aerodynamic resistance of materials does not depend on their closeness substantially. The main description of unfabric materials which influence to aerodynamic resistance is ventileness. Mathematical dependence is shown out for calculation aerodynamic resistance unfabric filtration materials which takes into account ventileness of materials. Results recommend to use for calculations filters-cyclones at projection aspiration and pneumotransport equipment.

---

#### Article history:

Received 15.06.2013  
Received in revised form  
30.08.2013  
Accepted 03.04.2013

---

#### Corresponding author:

Evgen Kharchenko  
E-mail:  
a-537@ukr.net

---

УДК 664.6/7

## Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів

**Євген Харченко, Євген Дмитрук, Андрій Шаран**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

### Вступ

Фільтри та фільтри-циклони широко використовують в багатьох галузях, в тому числі і на елеваторах та зернопереробних підприємствах, де здійснюють очищення повітря від пилу.

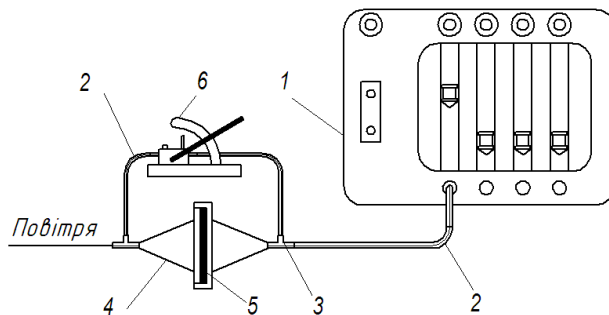


Існуючі методи розрахунку [Володин Н.П. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. – М.: Колос, 1984; Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна. – Одеса-Київ, 1995] та підбору фільтрів базуються на визначенні питомого навантаження по повітрю на одиницю площі фільтрувальної поверхні при цьому не враховуються аеродинамічні та структурні властивості фільтрувальних матеріалів. Останнім часом набули широкого розповсюдження неткані фільтрувальні матеріали, які замінили фільтрувальні тканини і є основним фільтруючим елементом в конструкціях багатьох повітряних фільтрів зернозберігальних та зернопереробних підприємств. Відмінність між нетканним матеріалом та тканиною полягає в тому, що тканина є результатом роботи ткацького верстату і має в основі основу та уток, а нетканний матеріал отримують шляхом «зв'язування» [5]. В свою чергу неткані матеріали поділяється на каркасні та безкаркасні. Каркасні матеріали в своїй структурі мають каркас (сітку), який збільшує тривалість роботи матеріалу за рахунок меншого зношування під час експлуатації. Усі неткані фільтрувальні матеріали характеризують двома основними характеристиками: щільністю та повітропроникністю [5]. Як впливає каркас на аеродинамічний опір нетканних матеріалів при проходженні через нього повітря в літературних джерелах не відмічається. Необхідно провести досліджень з метою встановлення закономірностей зміни аеродинамічного опору при проходженні повітря через нетканний матеріал каркасної та безкаркасної структури.

## Матеріали та методи

Для дослідження аеродинамічного опору нетканних фільтрувальних матеріалів створено лабораторну установку, яку наведено на рисунку 1.

Установка складається із аспіратора М-822, яким вимірювалась витрата повітря за ротаметром з витратою до 20 л/хв (1,2 м<sup>3</sup>/год). До аспіратора М-822 приєднувався за допомогою з'єднувальної трубки фільтротримач ИРА-20 закритого типу. До та після фільтротримача встановлено трійники до яких приєднувався мікроманометр ММН-2400. Аеродинамічний опір фільтрувальних матеріалів визначали як різницю тисків до та після фільтрувального матеріалу.



**Рис. 1.** Схема дослідної установки для дослідження аеродинамічного опору нетканних фільтрувальних матеріалів:

1 – аспіратор М-822; 2 – з'єднувальні трубки; 3 – трійник; 4 – фільтротримач ИРА-20;  
5 – фільтрувальний матеріал; 6 – мікроманометр ММН-2400.

Усі з'єднувальні елементи герметизувалися за допомогою липкої стрічки та хомутів.

Враховуючи, що при просмоктуванні повітря фільтротримач ИРА-20 також створює аеродинамічний опір, перед дослідженнями проведено визначення аеродинамічного опору самого фільтротримача ИРА-20.

Аеродинамічний опір фільтру можна розглядати як суму аеродинамічного опору фільтротримача та фільтрувального матеріалу, тому аеродинамічний опір фільтрувальних матеріалів визначали за формулою:

$$H_{\phi m} = H_0 - H_{\phi d} \quad (1)$$

де  $H_{01}$  - аеродинамічний опір нетканого фільтрувального матеріалу, Па;  $H_0$  - аеродинамічний опір фільтротримача і фільтрувального матеріалу, Па;  $H_{\phi d}$  - аеродинамічний опір фільтротримача, Па.

Витрату повітря змінювали від 2 (0,12 м<sup>3</sup>/год) до 18 л/хв (1,08 м<sup>3</sup>/год) за допомогою крана, яким обладнано аспіратор М-822, з кроком в 2 л/хв.

Після визначення витрати повітря,  $Q$ , розраховували питоме навантаження,  $q$ , на фільтрувальний матеріал за формулою:

$$q = \frac{Q}{f} \quad (2)$$

де  $q$  – питоме навантаження на фільтрувальний матеріал, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с,  $Q$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/с,  $f$  – площа фільтрувального матеріалу, м<sup>2</sup>.

Робочу площу фільтрувального матеріалу приймали рівною 0,001884 м<sup>2</sup>.

Після визначення опору фільтрувального матеріалу та розрахунків питомого навантаження на фільтрувальний матеріал будували залежності в координатах  $H_{\phi m} = f(q)$ .

Щільність фільтрувальних матеріалів визначали шляхом зважування шматків фільтрувальних матеріалів розмірами 100 × 100 мм на технічних вагах ТВЕ-200 3 класу точності з наступним перерахунком на густину (г/м<sup>3</sup>).

Математична обробка окремих серій досліджень, порівняння розрахункових і вимірних даних виконувалася на ПК з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Для зручності аналізу і практичного використання отримані дані викладені у вигляді графіків, формул та таблиць.

Коефіцієнт кореляції визначали за формулою:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

де,  $x$ ,  $y$  – ознаки об'єкта.

Дослідженню підлягали 24 неткані фільтрувальні матеріали українського та закордонного виробництва із каркасною та безкаркасною структурою, які мали різну щільність та повітропроникність. Дійсні значення питомого навантаження на фільтрувальний матеріал фільтрів зернопереробних підприємств лежать в межах від 0,04 до 0,12 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с, тому діапазон досліджень обрано таким, що відповідає реальним умовам експлуатації фільтрувальних матеріалів на підприємствах.

## Результати та обговорення

Встановлено, що аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів має лінійний характер (рис. 2, 3), це підтверджується дослідженнями інших дослідників [3]. Лінійний характер аеродинамічного опору матеріалу пояснюється тим, що при ламінарному русі повітря в мікропорах матеріалу підкоряється закону Дарсі.

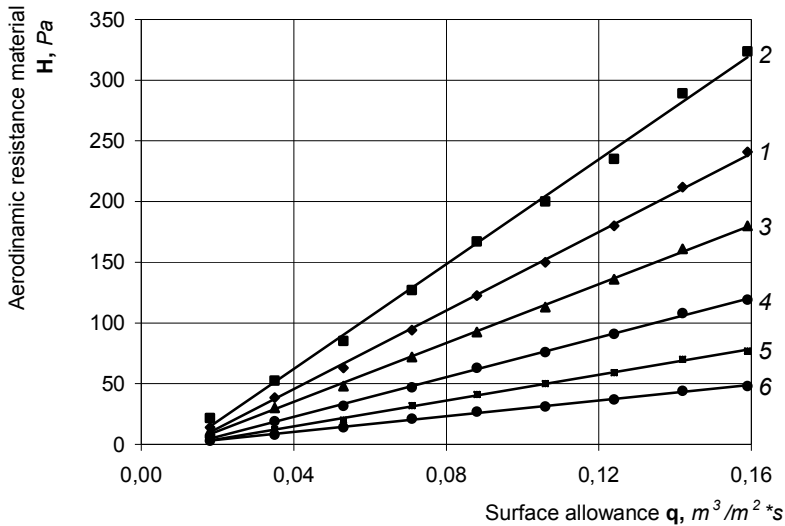


Рис. 2. Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів з каркасною структурою.

Щільність матеріалу,  $g/m^2$ : 1 – 508; 2 – 548; 3 – 415; 4 – 538; 5 – 464; 6 – 524

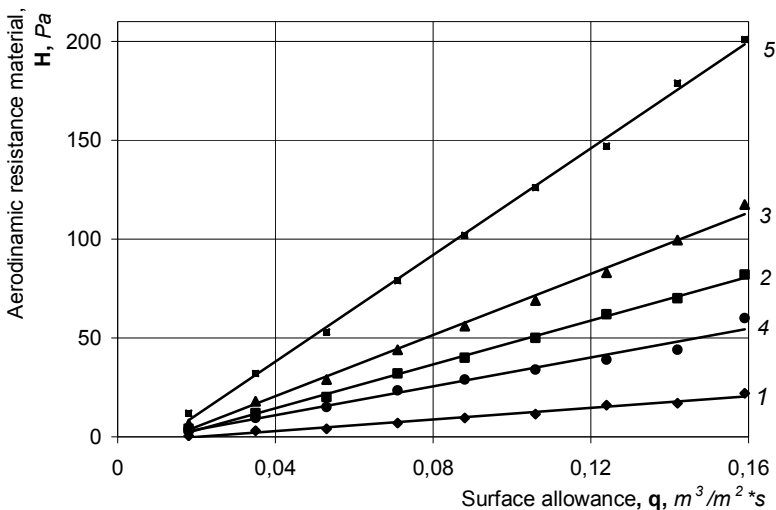
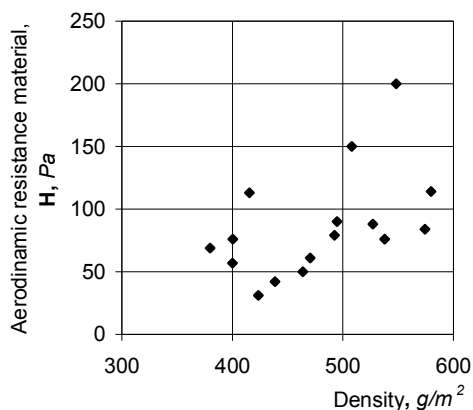


Рис. 3. Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів з безкаркасною структурою:

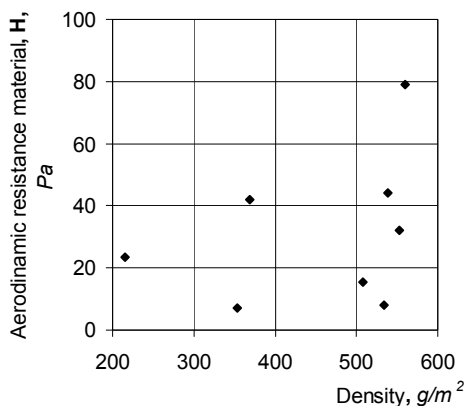
Щільність матеріалу,  $g/m^2$ : 1 – 353,1; 2 – 552,8; 3 – 538,5; 4 – 215,7; 5 – 560,1

Між щільністю нетканих фільтрувальних матеріалів та їх аеродинамічним опором існує слабкий кореляційний зв'язок, що підтверджують розрахунки коефіцієнтів кореляції при сталому питомому навантаженні: для каркасних нетканих матеріалів (рис.4) коефіцієнт кореляції становить 0,50, а для безкаркасних нетканих матеріалів (рис.5) коефіцієнт кореляції становить 0,32.

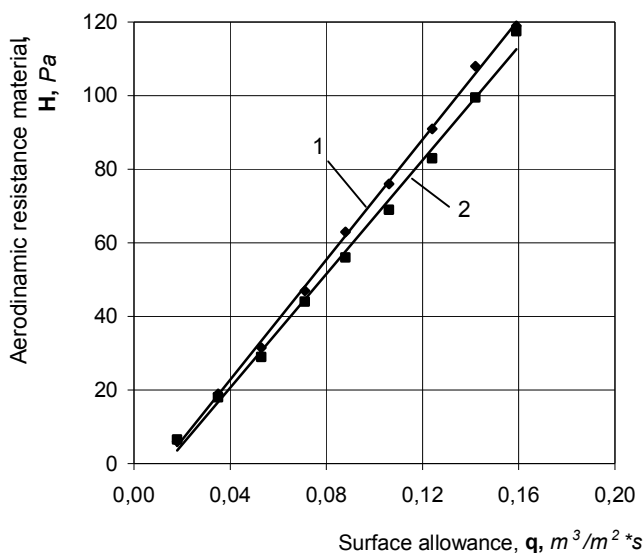
Низькі значення розрахованих коефіцієнтів кореляції свідчать про незначну залежність між щільністю матеріалу та його аеродинамічним опором.



**Рис. 4.** Кореляційне поле щільності каркасних нетканих матеріалів та їх аеродинамічного опору, питоме навантаження  $0,106 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ .



**Рис. 5.** Кореляційне поле щільності безкаркасних нетканих матеріалів та їх аеродинамічного опору, питоме навантаження  $0,071 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ .



**Рис. 6.** Аеродинамічні характеристики фільтрувальних матеріалів з різною структурою та однаковою щільністю:

- 1 – матеріал з каркасною структурою, щільність  $537,9 \text{ г}/\text{м}^2$ ;
- 2 – матеріал із безкаркасною структурою, щільність  $538,5 \text{ г}/\text{м}^2$ .

Дослідженнями встановлено, що фільтрувальні матеріали, які мають різну структуру та однакову щільність, можуть мати однакові аеродинамічні характеристики (рис. 6).

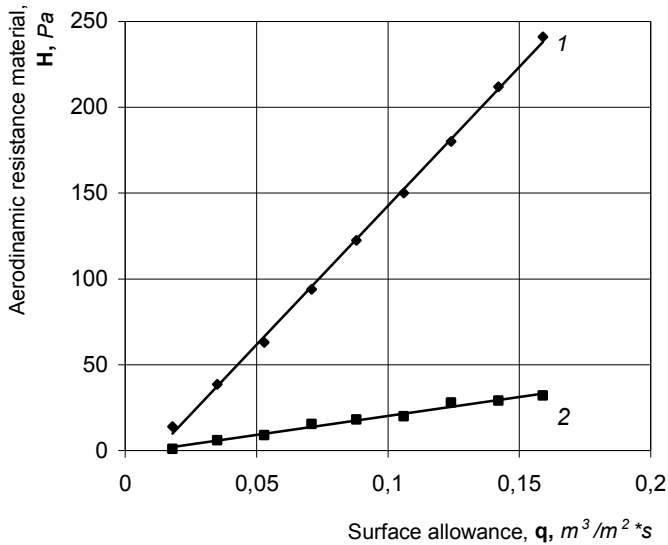


Рис. 7. Порівняння аеродинамічних характеристик матеріалів з різною структурою: 1 – каркасний матеріал, щільність 508 г/м<sup>2</sup>; 2 – без каркасний матеріал, щільність 508 г/м<sup>2</sup>.

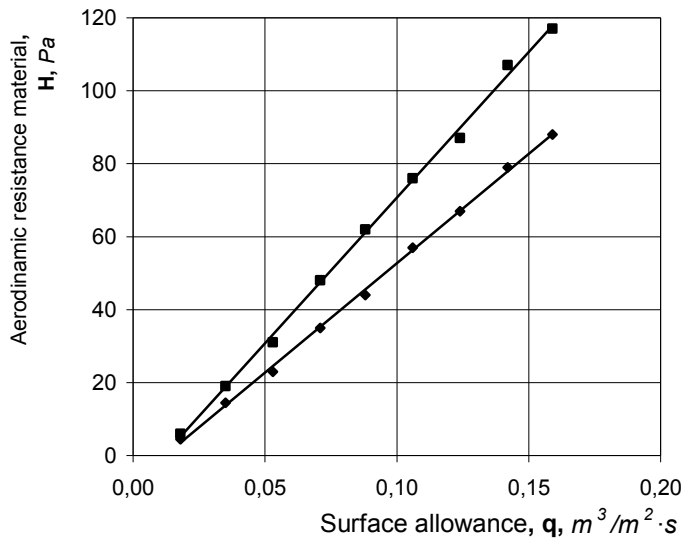


Рис. 8. Порівняння аеродинамічних характеристик каркасних нетканних матеріалів з щільністю 400 г/м<sup>2</sup>.

Порівняння матеріалів з різною структурою (рис. 7) свідчить, маючи однакову щільність аеродинамічні характеристики матеріалів також різні. Результати

порівняльного аналізу (рис. 8) свідчать про те, що незважаючи на однакову структуру та щільність аеродинамічні характеристики матеріалів також можуть бути різні.

Результати досліджень, які наведені на рис. 6, 7 та 8 свідчать про те, що щільність нетканих матеріалів незначно впливає на аеродинамічні характеристики матеріалів набагато більший вплив здійснює здатність матеріалу пропускати через себе повітря тобто повітропроникність. Відмінності в аеродинамічних характеристиках, які наведено на рис. 6,7 та 8 можна пояснити тим, що фільтрувальний матеріал може мати однакову масу 1 м<sup>2</sup> площі, але за рахунок ущільнення структури шляхом спресовування або обробки поверхні матеріалу (каландрування тощо) його здатність пропускати повітря буде різною.

Слід розрізняти повітропроникність та питома навантаження. Повітропроникність і питома навантаження на фільтрувальний матеріал мають

однакову розмірність ( $\frac{M^3}{M^2 \cdot c}$ ), але ці поняття є різними за змістом.

Повітропроникність – це кількість повітря, яке проходить через одиницю площі фільтрувального матеріалу за визначений проміжок часу при фіксованому аеродинамічному опорі матеріалу.

ГОСТ Р ИСО 9237 – 99 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости» встановлює такі значення аеродинамічного опору: для матеріалів, що використовуються для одягу – 100 Па, для технічних матеріалів – 200 Па.

Питома навантаження – це кількість повітря, яке проходить через одиницю площі фільтрувального матеріалу за визначений проміжок часу. Питома навантаження на відміну від повітропроникності може приймати різні значення, оскільки воно не обмежене ніякими іншими факторами, що можна бачити з рис. 2...8.

Залежність аеродинамічного опору від питомого навантаження має лінійний характер і описується рівнянням виду:

$$H = k \cdot q \text{ або } H = k \cdot \frac{Q}{F} \quad (4)$$

де  $H$  – опір матеріалу, Па;  $q$  – питома навантаження, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с;  $Q$  – витрати повітря, м<sup>3</sup>/с;  $F$  – площа фільтрувального матеріалу, м<sup>2</sup>;  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт  $k$  являє собою тангенс кута нахилу лінії регресії до осі абсцис. Відповідно до цього із збільшенням величини повітропроникності нахил аеродинамічної характеристики до осі абсцис зменшується відповідно коефіцієнт  $k$  також зменшується. Саме цим можна пояснити різний нахил аеродинамічних характеристик на рис. 2 та 3.

Проаналізувавши аеродинамічні характеристики нетканих фільтрувальних матеріалів, встановлено, що коефіцієнт  $k$  залежить від повітропроникності і має степеневий характер (рис. 9).

Залежність коефіцієнту  $k$  від повітропроникності, яку наведено на рис. 9 описується наступною формулою:

$$k = 200,1 \cdot q_n^{-0,997} \quad (5)$$

де,  $q_n$  – повітропроникність фільтрувального матеріалу при аеродинамічному опорі 200 Па, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с.

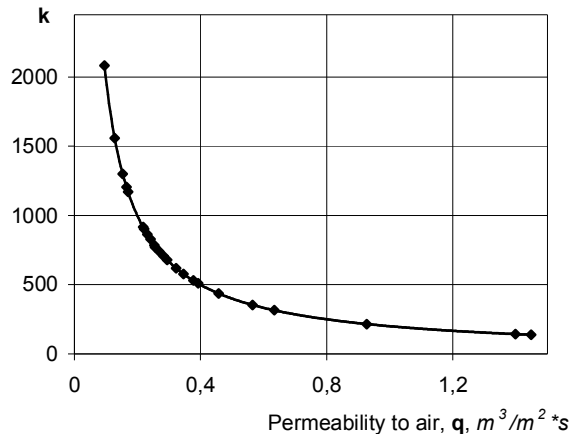


Рис. 9. Залежність коефіцієнта  $k$  від повітропроникності

Коефіцієнт кореляції між дослідними даними і даними, які отримано за формулою 5 становить 0,99, що свідчить про високий зв'язок між досліджуваними ознаками.

Залежність повітропроникності та коефіцієнту  $k$  дає можливість отримати комплексну емпіричну залежність аеродинамічного опору нетканих фільтрувальних матеріалів виду:

$$H = f(q_n) \cdot \frac{Q}{F} \quad (6)$$

Підставляючи формулу 5 у рівняння 4 отримуємо формулу для розрахунку аеродинамічного опору нетканих фільтрувальних матеріалів:

$$H = 10(200,1 \cdot q_n^{-0,997}) \cdot \frac{Q}{F} \quad (7)$$

Формула 7 пов'язує опір нетканого фільтрувального матеріалу із питомим навантаженням на матеріал і повітропроникністю матеріалу незалежно від структури матеріалу. Наведена формула може використовуватися для розрахунку аеродинамічного опору нетканих фільтрувальних матеріалів для роботи фільтрів на чистому повітрі.

## Висновки

Аеродинамічні характеристики нетканих фільтрувальних матеріалів мають лінійний характер. Щільність матеріалів суттєво не впливає на їх аеродинамічний опір, на опір матеріалів суттєво впливає повітропроникність. Неткані фільтрувальні матеріали можуть мати однакову щільність і мати різну аеродинамічну характеристику і навпаки. Отримано залежність, що пов'язує повітропроникність із питомим навантаженням та опором матеріалу.

### Література

1. Adrian Chappell, George L. Heritage. Using illumination and shadow to model aerodynamic resistance and flow separation: An isotropic study / *Atmospheric Environment*, Vol. 41, Is. 28, 2007, Pp. 5817-5830
2. Adrian Chappell, Scott Van Pelt, Ted Zobeck, Zhibao Dong. Estimating aerodynamic resistance of rough surfaces using angular reflectance / *Remote Sensing of Environment*, Vol. 114, Is. 7, 2010, Pp. 1462-1470
3. A.D. Zewdu. Aerodynamic properties of tef grain and straw material / *Biosystems Engineering*, Vol. 98, Is. 3, 2007, Pp. 304-309
4. Веселов С.А., Веденьев В.Ф. Вентиляционные и аспирационные установки предприятий хлебопродуктов. – М.: Колос, 2004. – 240 с.
5. Турчанинова Т.П. Техника и технология бестарного хранения муки. – М.: Пищепромиздат, 2009. – 540 с.
6. Шопин В.М. Исследование процессов выделения дисперсного углерода из аэрозольных потоков. – Омск, Российский химический журнал, 2007, №4.
7. Maitri Thakur, Bobby J. Martens, Charles R. Hurburgh. Data modeling to facilitate internal traceability at a grain elevator / *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 75, Is. 2, 2011, Pp. 327-336

### References

1. Adrian Chappell., George L. Heritage. (2007), Using illumination and shadow to model aerodynamic resistance and flow separation: An isotropic study, *Atmospheric Environment*, 41(28), pp. 5817-5830.
2. Adrian Chappell., Scott Van Pelt., Ted Zobeck., Zhibao Dong. (2010), Estimating aerodynamic resistance of rough surfaces using angular reflectance, *Remote Sensing of Environment*, 114(7), pp. 1462-1470.
3. A.D. Zewdu. (2007), Aerodynamic properties of tef grain and straw material, *Biosystems Engineering*, 98(3), pp. 304-309.
4. Veselovpp.A., Veden'ev V.F. (2004), Ventilyatsionnye i aspiratsionnye ustanovki predpriyatiy khleboproduktov, Kolos, Moscow.
5. Turchaninova T.P. (2009), *Tekhnika i tekhnologiya bestarnogo khraneniya muki*, Moscow.
6. Shopin V.M. (2007), Issledovanie protsessov vydeleniya dispersnogo ugleroda iz aerazol'nykh potokov, *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 4.
7. Maitri Thakur., Bobby J. Martens., Charles R. Hurburgh. (2011), Data modeling to facilitate internal traceability at a grain elevator, *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(2), pp. 327-336.



## Analysis of explosive situations in the food industry

Natalya Volodchenkova<sup>1</sup>, Oleksandr Hivrich<sup>1</sup>, Oleg Levchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv

---

### Keywords:

Accident  
Dust  
Explosion  
Grain  
Flour

---

### Article history:

Received 19.06.2013  
Received in revised form  
19.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

### Corresponding author:

Natalya Volodchenkova  
E-mail:  
volna22@bigmir.net

---

### ABSTRACT

**Introduction.** Explosions and fires are the cause of destruction and damage to buildings and equipment, and the consequences - this injury and loss of food production staff of enterprises.

**Materials and methods.** Analysis was performed by businesses storage and processing of grains, cereals, flour and other raw materials. We analyzed the statistical data and current scientific literature.

**Results.** Analyzes: processes, equipment and structural elements of the food business.

Established risk of accidents in the food industry, depending on the specific operation. Reasonably possible the risk of explosions.

Results suggest use in developing measures to improve work safety and prevention of accidents.

---

УДК 614.8:614.83 (664)

## Аналіз вибухонебезпечних ситуацій на підприємствах харчової промисловості

Наталія Володченкова<sup>1</sup>, Олександр Хіврич<sup>1</sup>,  
Олег Левченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

<sup>2</sup> Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ

### Вступ

Для створення реальної небезпеки (небезпечної ситуації), необхідна причина або умова, своєрідний "пусковий механізм", при якому потенційна небезпека переходить в реальну. Логічним процесом розвитку небезпеки, реалізації потенційної загрози є тріада "джерело небезпеки – причина (умови) – небезпечна ситуація". Причиною виникнення аварій (аварійних ситуацій) на виробництві є можливі вибухи і пожежі, які можуть викликати нещасні та смертельні випадки серед обслуговуючого персоналу та населення, що мешкає у зоні можливого впливу таких небезпек та завдати значних матеріальних та екологічних збитків.

## Матеріали і методи

Аналіз виконувався по підприємствам зберігання і переробки зерна, зернових культур, борошна та іншої сировини. При аналізі використано сучасні наукові джерела з питань охорони праці, вибухонебезпеки, та статистичні дані по охороні праці, небезпечним ситуаціям на підприємствах України та світу за 2010-13 роки.

## Результати та обговорення

Виходячи з цього проблемного питання, джерелами таких небезпек на харчових виробництвах є використання в якості палива природного газу та зберігання і обертання (використання) у великій кількості зерна, зернових культур, борошна та іншої сировини. На даних підприємствах вибухи та пожежі виникають, як правило в результаті утворення горючого і вибухонебезпечного середовища, як у середині апаратів, обладнання комунікацій, так і всередині виробничих приміщень.

До основних факторів, що виникають при таких небезпеках належать:

- відкрите полум'я та високотемпературні продукти вибухового горіння;
- уламки при руйнуванні обладнання, будівельних конструкцій та споруд;
- повітряна вибухова (ударна) хвиля та надлишковий тиск в зоні вибуху і у

прилеглих зонах;

- непридатне для дихання середовище.

Газоподібні продукти вибухового горіння аеросупензій органічного пилу мають температуру більше 1000 °С. Пряма термічна дія продуктів вибухового горіння викликає опіки різного ступеня. До важких травм приводить вдихання високотемпературних токсичних газів, що утворюються при вибуху. Займання конструкцій виробничих будівель і споруд сировини і готової продукції внаслідок дії полум'я аеросупензії, що горить, може викликати розвиток пожежі, що приводить до додаткового матеріального збитку і інших важких наслідків. Травмування людей можуть відбуватися при руйнуванні виробничого устаткування, будівель, споруд, при розльоті осколків і уламків устаткування, будівельних конструкцій і споруд, при обваленні покриттів, перекриттів і стін будівель. [1, 2]

Розглядаючи безпосередньо вище згадуванні процеси виробництва, можна виділити, що найбільш вибухонебезпечними є силоси і бункери. Це обумовлено тим, що з силосами та бункерами часто напряму зв'язані норії, дробарки та інше вибухонебезпечне обладнання у яких під час первинної обробки сировини у наслідок тертя зерна о стінки самопливних труб, бункерів, взаємодії робочих органів машин і взаємного тертя зерна здійснюється утворення органічного пилу. У внутрішніх вільних об'ємах норій, сепараторах, в бункерах і силосах під час руху зерна постійно утворюється пилоповітряна суміш, концентрація якої знаходиться в вибухонебезпечних межах.

При вибуху в силосі можливе формування повітряної вибухової хвилі та викид значних об'ємів вибухонебезпечної суміші, полум'я та продуктів горіння у виробничі приміщення, що призводить до подальших вибухів і руйнування силосів.

Руйнівна дія вибуху багатократно зростає у разі з'єднання силосів між собою вентиляційними та перепускними вікнами.

На млинах весь процес виробництва борошна побудований на багаторазовому дробленні зерна і крупок в вальцових верстатах, бичевих машинах, при цьому також утворюється велика кількість дрібнодисперсного органічного пилу.

Дроблення і змішування відповідних компонентів складає основу технологічного процесу комбікормових заводів. При цьому продукти розмелу, комбікорм і його дрібні компоненти, рахуючись по усіх технологічних лініях утворюють пилоповітряну суміш в машинах, бункерах і самопливних трубах. Таким чином, утворення дрібнодисперсного пилу і пилоповітряної суміші – неминуче явище в технологічних процесах підприємств по зберіганню і переробці зерна, виготовлення хліба та хлібобулочних виробів.

Вміст пилу в робочій зоні машин може змінюватися у широких межах. Наприклад в оббивальній машині концентрація пилу може складати від 1 до 49 г/м<sup>3</sup>, в валкових верстатах – від 10 до 258 г/м<sup>3</sup>.

За даними обставинами технологічне обладнання вищенаведених підприємств за умовами пилоутворення можна поділити на дві групи.

До першої групи слід віднести обладнання, у якому утворення пилоповітряної суміші обумовлено технологічним регламентом і виключити її утворення практично неможливо. Це ситовіальні машини, повітряні сепаратори, аспіраційні колонки, пневмотранспортні мережі.

До другої групи слід віднести валкові верстати, дробарки, оббивальні машини, разєви. Утворення пилоповітряної суміші у даному обладнанні є побічним явищем, яке необхідне для відповідної стадії технологічного процесу.

Пилоповітряна суміш, яка утворюється в технологічному обладнанні і бункерах в подальшому, у наслідок недостатньої герметизації, а також неефективної роботи аспіраційних систем проникає у вільні об'єми виробничих приміщень.

Пил, який міститься у повітрі, повільно осідає на стінах, підлозі, будівельних конструкціях і утворює шар пилу, який легко здіймається – аерогель. Небезпека аерогелю полягає у тому, що у наслідок пориву наскрізного вітру, струсу, обмітання аерогель піднімається у повітря і створює у локальному об'ємі вибухонебезпечну пилоповітряну суміш (аерозоль). Аналіз аварій (аварійних ситуацій) показує, що скупчення дрібнодисперсних продуктів також є джерелом утворення вибухонебезпечної суміші в об'ємі виробничих приміщень, особливо при локальних спалахах аерогелю на будь-якої ділянці виробництва.

В умовах виробництва потенційно небезпечними джерелами займання пилоповітряної суміші можуть бути електроустановки, несправне обладнання та ін. Не можна виключати небезпеку займання пилу від електроламп, що не захищені спеціальними ковпаками.

Велику небезпеку являють джерела займання, які утворюються у разі проведення вогневих робіт (електро-, газозварювання).

Іншим джерелом займання є самозаймання скупчених продуктів виробництва. Маса зерна і інших продуктів переробки, що зберігаються в силосах, бункерах і складах у наслідок біологічних процесів, поганій теплопровідності, здатності самозігріватися, утворюючи при цьому осередки, де температура може підвищуватися до температури самозаймання. Горіння в осередку, що утворився у масі продукту, особливо в силосі, в умовах обмеженого потрапляння повітря, може привести до утворення порожнечі при обрушенні якої створюються сприятливі умови для розвитку вибуху пилоповітряної суміші. [3, 4]

Найбільш частіше самозігрівання приводить до займання в масі рослинної сировини. Крім того, результати технічних розслідувань вибухів свідчать, що цей окислювальний процес при обмеженому доступі повітря у об'єм бункерів, супроводжується також виділенням горючих газів (оксиду вуглецю, водню, метану), які в свою чергу здатні утворювати вибухонебезпечні газоповітряні суміші.

Не можна виключати небезпеку спалаху пилоповітряної суміші через розряди статичної електрики. Електричні розряди можуть виникати під час дробіння зерна і інших продуктів, при взаємному терті дрібних частинок і можуть накопичуватися на ізольованих частинах машин, самопливних труб, циклонах, ременях приводу, досягаючи при цьому значення потенціалу до 3000 В. Найбільшу небезпеку при цьому являють вальцьові верстати і молоткові дробарки. Встановлено, що потенціал статичної електрики на продуктах дроблення досягає до 3300 В.

Пил у стані аерозолію може набути потужний заряд, який здатен викликати іскри з високою енергією (пилові блискавки), достатньою для займання пилоповітряної суміші. Пилові вихорі, при яких можливе появлення блискавки, виникають під час обрушення борошна і пилу у силосах.

Таким чином на підприємствах, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки та виготовлення хліба та хлібобулочних виробів, будь яке теплове джерело є небезпечним і повинно бути прийнятим до уваги під час розробки заходів щодо запобігання вибухам.

В умовах виробництва займання пилоповітряної суміші, як правило, відбувається усередині обладнання або бункерів і силосів, тобто у замкнутих або напівзамкнутих просторах. При цьому кількість високотемпературних газоподібних продуктів, які утворюються під час горіння суміші, а також значення надлишкового тиску буде залежить від концентрації пилу у даному об'ємі.

У випадках, коли суміш бідна, тиск може незначно підвищитися і високотемпературні гази, які будуть утворені, не викликатимуть руйнувань оболонок технологічного обладнання. Якщо пило-повітряна суміш займається у будь-якому обмеженому об'ємі виробничого приміщення, то процес вибухоутворення на суміжні ділянки виробництва розповсюджуватися не буде, тобто у даному випадку має місце локальний вибух (хлопок).

Але у випадку, коли концентрація відповідає оптимальному співвідношенню пилу і окислювача, процес горіння пилоповітряної суміші у замкнутому об'ємі призводить до підвищення тиску до максимального рівня і як наслідок руйнуванню технологічного обладнання.

У напівзамкнутих об'ємах, при аналогічних умовах, величина тиску буде залежить від величини відкритих перетинів, через котрі будуть видалятися газоподібні продукти. А якщо процес горіння аналогічної пилоповітряної суміші буде відбуватися у вільному необмеженому просторі, тиск не буде набувати значних величин, у наслідок того, що газоподібні продукти вільно поширюються у всі сторони.

Таким чином можна констатувати, що вищенаведені процеси горіння пилоповітряної суміші, яка утворюється у технологічному процесі на підприємствах, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки та виготовлення хліба і хлібобулочних виробів, можуть завершитися, як без подальшого розвитку, так і перерости у серію потужних пилових вибухів. При цьому останнє явище буде відбуватися таким чином:

- під час спалаху, пилова хмара, що горить і продукти згорання будуть являти собою рухоме джерело займання, яке досягнувши нових вибухонебезпечних зон викликати у них пилові вибухи. При цьому високотемпературні гази, що будуть утворюватися, здатні переводити у зважений стан скупчення пилу на ділянках, що розташовані поблизу, конструкціях, технологічному обладнанні та займати їх, що у свою чергу буде призводити до вибуху пилу вже в повному об'ємі виробничого приміщення.

Аналогічна ситуація може виникати при руйнуванні будь-якого апарата або бункера, внаслідок утворення у ньому первинного вибуху, коли відбувається викид продуктів вибуху і полум'я у приміщення у котрому є скупчення пилу або дрібнодисперсних продуктів.

Аналіз причин аварій (аварійних ситуацій), пов'язаних із пилоповітряними вибухами, свідчить про те, що первинні вибухи або спалахи відбувалися в технологічному обладнанні, бункерах або силосах і тільки у декількох випадках первинний спалах відбувався безпосередньо у частині об'єму виробничого приміщення. [5, 6]

Таким чином можна виділити основні фактори, які сприяють виникненню, розвитку і розповсюдженню запалювання сировини та продуктів її переробки, ініціювання вибухів пилоповітряної суміші, газоповітряної суміші або гібридних сумішей по виробничих ділянках і переростанню первинного вибуху до серії потужних вибухів пилоповітряної суміші. До них слід віднести:

- підвищена запиленість основних і допоміжних виробничих приміщень;
- наявність розвинутого зв'язку між окремими технологічними апаратами, спорудами, приміщеннями і будівлями;
- наявність дрібнодисперсного продукту або пилу в магістралях і комунікаціях, які поєднують різноманітне технологічне обладнання і виробничі ділянки.
- відкрите полум'я;
- розжарені поверхні елементів конструкції, електрична дуга, іскри, краплі розплавленого металу тощо під час проведення вогневих робіт;
- іскри від ударів чи тертя; розжарені поверхні елементів конструкції у разі несправності обладнання чи попадання в обладнання металічних предметів, іскри в несправному електрообладнанні;
- розряди статичної електрики;
- осередки самозапалення внаслідок самозігрівання зерна та зернопродуктів;
- високотемпературні агенти сушіння зерна, осередки загорання в зерносушарках.

Під час функціонування підприємств, які спеціалізуються на роботі з зерновими культурами і продуктами їх переробки можливі різні ситуації, що призводять до виникнення вибухів.

Так виникнення вибуху в бункері або силосі обумовлено наступним:

- під час розвантаження або очищення бункера (силосу) і потрапляння в нього джерела займання;
- під час займання пило-повітряної суміші полум'ям вибуху, що відбувся в обладнанні, яке з'єднане з цим бункером (силосом);
- при здуванні пилу зі стінок струменем продуктів горіння або повітряною вибуховою хвилею від вибуху, який відбувся зовні бункеру (силосу), наприклад в норії, самопливній трубі, аспіраційному трубопроводі або сусідньому бункері (силосі);
- під час відпуску продукту, при обрушенні зводу, як що в бункері (силосі) є осередок займання.

Як правило вибух у бункері (силосі) призводить до значних руйнувань у наслідок того, що при цьому утворюються великі об'єми газоподібних продуктів горіння, які у подальшому викидаються у виробничі приміщення.

Вибух у системі аспірації можливий у наслідок займання скупченого пилу в трубопроводах або циклонах під час проведення зварювальних робіт без зупинки

обладнання або під час тертя (биття) лопаток вентилятора о корпус, якщо вентилятор розташований на лінії нагнітання, при потраплянні продуктів вибуху із аспіраційного силосу або технологічного обладнання.

Під час вибуху в аспіраційній мережі, як правило руйнуються трубопроводи і газоподібні продукти горіння викидаються у приміщення.

Аналогічні ситуації можуть виникати і в системах пневмотранспортування.

Виникнення вибухів у дробарці, вальцювому верстаті обумовлено потраплянням в них металевих предметів, їх заклинюванням і інтенсивному іскроутворенню.

У вальцювому верстаті, крім того, займання пилоповітряної суміші може бути викликано перекосом розмельних вальців. Як свідчить статистика аварія (аварійна ситуація), як правило виникає під час роботи дробарки у холосту, при відсутності продукту в наддробарному бункері. Найбільш ймовірно, що при повному завантаженні у вільному об'ємі дробарки концентрація горючого продукту перевищує верхню концентраційну межу вибуху.

Вибухи у виробничих приміщеннях, як правило відбуваються у наслідок розвитку первинних вибухів у середині технологічного обладнання і наявності в ньому, а також на будівельних конструкціях приміщення скупчення пилу. Під час вибуху пилу у середині приміщення відбувається руйнування будівельних конструкцій. При цьому ступінь руйнування буде залежить від наявності конструкцій, що легко скидаються, їх площі та ін. У разі відсутності таких можливе повне руйнування стін і перекриттів будівлі. Як наслідок конструкції, що обрушуються можуть стати причиною травмування або загибелі виробничого персоналу, пошкодити обладнання і перекриття нижніх поверхів.

Проведений аналіз дозволяє виділити найбільш поширені місця виникнення джерел займання та вибухів в технологічних спорудах та будівлях наступні:

- норії – пробуксовка, зворотній хід, перекошення та збігання норійної стрічки, обривання та удари ковшів по викривлених трубах норій, зношення підшипників вала привідного барабана або редуктора, потрапляння сторонніх металічних предметів, розряди статичної електрики на стрічках;

- турбовітроводуки (вентилятори) – потрапляння сторонніх металічних предметів, зношення підшипників, удари та відрив лопаток, порушення;

- зерносушарки – підвищення температури агента сушки та сировини, несправність автоматики; засміченість сировини та обладнання;

- повітропроводи (аспіраційні, гравітаційні) – розряди статичної електрики;

- матеріалопроводи (самопливи, пневмотранспорт) – розряди статичної електрики;

- силоси (бункери, мінісховища) – зберігання сировини та продуктів переробки з підвищеною вологістю та засміченістю, перевищення термінів зберігання, невиконання очисних заходів перед завантаженням, відсутність (несправність) приладів температурного та газового контролю, проведення вивантаження сировини, що самозагорялося, з порушенням заходів безпеки;

- циклонні – потрапляння сторонніх металевих предметів, розряди статичної електрики;

- дробарки – потрапляння сторонніх металічних предметів, відрив молотків, зношення підшипників, запресування сировини, розряди статичної електрики;

- вальцеві станки – потрапляння сторонніх металічних предметів, перекошення валків, розряди статичної електрики.

- змішувачі – розряди статичної електрики, потрапляння сторонніх металічних предметів;

- фільтри – розряди статичної електрики;
- клітки на сходах і шахти ліфтів.

Крім пилоповітряних вибухів, характерними є вибухи паро-, газоповітряних та гібридних сумішей [7].

Наслідки вибуху визначаються залежно від умови розміщення вибухонебезпечних продуктів. Якщо продукти розміщуються поза приміщеннями, то приймається, що аварія розвивається за сценарієм вибуху у відкритому просторі.

Якщо технологічний апарат з вибухонебезпечними продуктами розміщений в будівлях, то аварія розвивається за сценарієм вибуху в замкнутому об'ємі.

Найбільш типовими аварійними ситуаціями вважаються:

- руйнування апарату або трубопроводу зі змішаними газами або рідинами;
- втрата герметичності трубопроводів (розрив зварного шва, прокладки, відрив штуцера);
- розлив рідин по підлозі приміщення або по рельєфу місцевості;

Наслідками таких аварій (аварійних ситуацій) можуть бути:

- витік газу і загазованість повітря в приміщенні;
- утворення вибухонебезпечних концентрацій газоповітряної суміші;
- загибель обслуговуючого персоналу від асфіксії;
- займання газоповітряної суміші та виникнення пожежі.
- вибух газоповітряної суміші в приміщенні або апараті.

Горючі гази можуть займатися або вибухати, якщо вони змішані в певних співвідношеннях з повітрям і нагріті не нижче температури їх займання. Займання і подальше мимовільне горіння газоповітряної суміші при певних співвідношеннях газу і повітря можливо при наявності джерела вогню (навіть іскри).

Розрізняють нижню і верхню межі вибуховості - мінімальне і максимальне процентний вміст газу в суміші, при яких може статися займання її і вибух.

При вибуховому згоранні пилоповітряної, газоповітряної або гібридної суміші в замкнутому об'ємі в дефлаграційному режимі тиск може підвищуватися від 700 кПа до 900 кПа, що перевищує його допустиме значення для устаткування і споруд більш ніж в 10, а для будівельних конструкцій будівель більш ніж в 140 разів.

Вражаюча дія повітряної вибухової хвилі визначається в основному надлишковим тиском у фронті і області стиснення, часом дії і швидкістю руху фронту хвилі. Виробничі будівлі одержують серйозні пошкодження при тиску фронту повітряної вибухової хвилі понад 5 кПа.

Імовірність вибуху газоповітряної суміші та його небезпека визначаються:

- межами вибухової концентрації парів рідин і газів у відсотках до обсягу газоповітряної суміші, наприклад, пропан 3-7%; пропілен 3,5-8,5%; етан 4,0-9,2%;
- температурою займання - нижньою межею температури, при якій можливе їх займання від стороннього джерела запалювання;
- щільністю парів і газів по відношенню до щільності повітря;
- температурою самозаймання;
- мінімальної енергією запалювання або еквівалентом критичної енергії електричної іскри, необхідної для ініціювання детонації.

Займання хмари газоповітряної суміші відбувається при наявності джерела запалювання. Спочатку швидкість поширення полум'я відносно невелика і складає для більшості вуглеводневих газів 0,32-0,40 м / с. При настільки малих швидкостях горіння утворення детонаційної хвилі в вибухових речовинах не відбувається.

## Висновки

Обґрунтування небезпек об'єктів харчової промисловості та причин виникнення на них аварій (аварійних ситуацій) дозволить розробити та обґрунтувати ефективні заходи щодо підвищення рівня безпеки праці та мінімізації ризику виникнення аварій (аварійних ситуацій).

Це актуально при удосконаленні нормативної бази в Україні з даної проблеми, а саме розробки методики визначення зон руйнувань, які використовуються під час розробки планів локалізації та ліквідації наслідків аварій (аварійних ситуацій) (ПЛАС), що в свою чергу обумовлює потребу удосконалення методичного апарату з визначення меж зон руйнувань промислових об'єктів і нормативне його затвердження.

## Література

1. Giby Joseph. Combustible dusts: A serious industrial hazard / Giby Joseph, CSB Hazard Investigation Team // *Journal of Hazardous Materials*, Volume 142, Issue 3, p. 589-591.
2. Abuswer M. A quantitative risk management framework for dust and hybrid mixture explosions / Meftah Abuswer, Paul Amyotte, Faisal Khan // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 26, Issue 2, 2013, p. 283-289.
3. Левченко О.Г. Дослідження стійкості промислових об'єктів щодо дії повітряної вибухової хвилі // О.Г. Левченко, Н.В. Володченкова // *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів сьомої науково-методичної конференції*, Київ, 2012 / НТУУ "КПІ", – с. 97-99.
4. Левченко О.Г. Аналіз причин виникнення вибухів на промислових підприємствах / О.Г. Левченко, Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич // *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки : збірник матеріалів восьмої науково-методичної конференції*. – К., 2013 / НТУУ "КПІ", – с. 76-78.
5. Калачова І. Статистичний бюллетень. Травматизм на виробництві в 2010 – 2011 роках / Калачова І. –К.: Госкомстат України, 2012.
6. Стрелюхіна, А. Н. Аналіз причин аварій на об'єктах мукомольної промисловості / Аналізуємо случившеся. Извлекаем уроки / А. Н. Стрелюхіна, С. А. Мачихин // *Безопасность труда в промышленности*. – 15/10/2001. – N 10. – с.19-22.
7. Evtushenko O., Volodchenkova N. The distribution of occupational injury in the food industry in Ukraine/ *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. – 2013. - Vol. 2. - Is. 2. - Pp. 138-141.

## References

1. Giby Joseph (2012), Combustible dusts: A serious industrial hazard, Giby Joseph, CSB Hazard Investigation Team, *Journal of Hazardous Materials*, 142(3), pp. 589-591.
2. Abuswer M., Meftah A., Paul A., Faisal K. (2013), A quantitative risk management framework for dust and hybrid mixture explosions, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(3), pp. 283-289.
3. Levchenko O.H., Volodchenkova N.V. (2012), Doslidzhennia stiikosti promyslovykh obiektiv shchodo dii povitrianoi vybukhovoi khvyli, *Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky: zbirnyk materialiv somoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, Kyiv, pp. 97-99.
4. Levchenko O.H., Volodchenkova N.V. (2013), Analiz prychnyn vynyknennia vybukhiv na promyslovykh pidpriemstvakh, *Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky: zbirnyk materialiv vosmoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, pp. 76-78.
5. Kalachova I. (2012), Statystychniy byulleten. *Travmatizm na proizvodstve v 2010 – 2011 godakh*. Goscomstat Ukrayiny.
6. Strelyukhina A. N., Machikhin C. A. (2001), Analiz prichin avariiv na obyektakh mukomol'noy promyshlennosti, *Analiziruemo sluchivsheesya. Izvlekaemo uroki*, *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 10, pp. 19-22.
7. Evtushenko O., Volodchenkova N. (2013). The distribution of occupational injury in the food industry in Ukraine, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(2), pp. 138-141.



## The efficiency in the strategic indicators system of dairy processing enterprises

Larisa Protasova, Anatoly Schehorskyy

Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine

---

### ABSTRACT

**Keywords:**

Strategic  
Efficiency  
Dairy  
Enterprises

---

**Article history:**

Received 12.06.2013  
Received in revised form  
20.07.2013  
Accepted 26.09.2013

---

**Corresponding author:**

Larisa Protasova  
e-mail:  
Larisa\_protasova@ukr.net

The peculiarities of the strategic index system development is presented in the article. The methodology for calculating the efficiency integral index of dairy processing enterprises is considered. The main component method is applied. The selection of efficiency indexes for integral index calculation is done on example of the balanced index system for the following groups: «Finance», «Clients», «Business processes», «Personnel». Here, the efficiency indexes, which are included into the group «Business processes», are selected within the stages of the chain for cost creation by the dairy processing enterprises. The integral efficiency index of dairy processing enterprises is used as «the strategic landmark», which aims to direct the management personnel at setting goals, grounding the selection of optimum development strategy and its realization, evaluation of the results obtained. The importance of such approach is conditioned by the fact, that the diversity of the proposed analytical researches of internal and external environment is the basis for the enterprise selection of the development direction, setting strategic goals and strategic alternative determination. All this makes the planning process complex.

---

УДК 65.012.2(075)

## Ефективність діяльності в системі стратегічних показників молокопереробних підприємств

Лариса Протасова, Анатолій Щехорський

Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна

### Вступ

Показник ефективність діяльності підприємства розглядається науковцями як «найголовніший критерій виживання підприємства в умовах несприятливого і несталого зовнішнього середовища» [2, с. 89]. Досягнення запланованого рівня ефективності діяльності підприємства є можливим завдяки його розвитку і,

одночасно, забезпечуватиме обґрунтований вибір перспективного напрямку такого розвитку. Аналіз діяльності підприємства і визначення стратегії його розвитку на основі окремо взятих показників ефективності діяльності свідчить про неповноту формування інформаційного базису прийняття планових управлінських рішень. З метою уникнення зазначеного недоліку на практиці успішно використовують інтегральні показники. Відповідно, позитивна динаміка інтегрального індексу ефективності протягом періоду стратегічного планування свідчить про позитивні тенденції – про розвиток, значення інтегрального індексу ефективності по завершенню періоду планування – про досягнення / недосягнення стратегічних цілей. Інтегральний індекс ефективності являється узагальнюючим показником, відбір показників для розрахунку якого залежить від запровадженої на підприємстві системи стратегічних показників.

Особливості побудови та впровадження систем показників, рекомендації щодо формування системи цілей, визначення на їх основі показників, розробки заходів реалізації цілей висвітлено у дослідженнях Р. Каплана, Д. Нортона, Н.-Г. Ольве, Ж. Рой, М. Веттера, І. Коболда, Дж. Лаурі, М. О. Кизима, І. Б. Немировського, Г. М. Тарасюк та ін. Розкриттю сутності та особливостей розрахунку показників ефективності, проведенню оцінки та аналізу ефективності діяльності підприємств, обґрунтуванню напрямів та факторів її підвищення присвячено праці Дж. Гібсона, Е. Денісона, Р. Солоу, В. Г. Онокало, А. М. Турило, В. А. Харченко та ін. Теоретичні та практичні аспекти проведення інтегральної оцінки діяльності підприємств, методики розрахунку інтегральних показників розкриті у роботах М. С. Абрютіної, В. Айвазяна, В. В. Вітлінський, О. І. Олексюка, С. Ф. Покропивного та ін.

Подальших досліджень потребують підходи до розробки системи показників стратегічного планування та розрахунку інтегрального індексу ефективності діяльності (на основі показників ефективності, що включені до складу такої системи) з врахуванням галузевих особливостей функціонування та розвитку суб'єктів господарювання. У відповідності з цим постає завдання розкрити особливості формування системи стратегічних показників та визначити сукупність показників, що слугують основою розрахунку інтегрального індексу ефективності діяльності молокопереробних підприємств; розкрити призначення інтегрального індексу ефективності в процесі стратегічного планування та підхід до його розрахунку.

## **Матеріали та методи**

Застосовано системний підхід при розробці сукупності стратегічних показників, що всебічно та науково обґрунтовано відображають процеси функціонування та розвитку молокопереробних підприємств. Сукупність показників ефективності, що є складовими системи стратегічних показників та слугують основою розрахунку інтегрального індексу ефективності, сформовано з врахуванням результатів статистико-економічного та стратегічного аналізу молокопереробних підприємств та галузі. Інтегральний індекс ефективності розраховано з використанням методу головних компонент.

## **Результати та обговорення**

Результати теоретичних та емпіричних досліджень дають підстави розглядати систему стратегічних показників як сукупність взаємоузгоджених та збалансованих показників, що в комплексі характеризують досягнуті результати діяльності та

тенденції розвитку і визначають стан підприємства на перспективу. Така сукупність показників розкриває ключові аспекти діяльності і розвитку підприємства та інтегрується в процес стратегічного планування.

При розробці системи стратегічних показників, характерної для молокопереробних підприємств, застосовано системний підхід з двох позицій, а саме:

- побудови системи показників, як комплексу збалансованих показників, що дає можливість отримати всебічну характеристику досліджуваного підприємства. Вважаємо, основою вибору та узгодження груп і показників в розрізі кожної групи, повинен виступати спосіб формалізації стратегії. З цією метою на практиці успішно використовується збалансована система показників (ЗСП), як інструмент «конкретизації, представлення та реалізації стратегії» [4], базовими перспективами (складовими) якої є «Фінанси», «Клієнти», «Бізнес-процеси», «Персонал» [6];

- забезпечення системності при визначенні сукупності показників на кожному із етапів процесу стратегічного планування. Тобто, в процесі стратегічного планування система показників повинна включати аналітичні показники, які одночасно виступатимуть плановими при формулюванні стратегічних цілей, виокремленої системи показників, що використовуватимуться при формалізації стратегії розвитку підприємства та системи показників контролю досягнення поставлених цілей та реалізації стратегії. Вибрана на етапі аналізу сукупність показників може бути деталізована за рішенням управлінців, проте із загального переліку аналітичних показників відбираються ключові, які пронизуватимуть всі етапи процесу планування.

Так як визначені та включені до системи стратегічного планування показники інтерпретують зміст обраної стратегії розвитку, вважаємо за необхідне при розробці показників такої системи враховувати галузеву приналежність підприємства, тобто особливості ланцюга створення вартості та показники, що характерні для підприємств конкретної галузі. Обґрунтовуючи доречність такого вибору, зазначимо, що «ланцюг створення вартості – це сукупність пов'язаних один з одним видів діяльності, в ході яких створюється вартість» [5, с. 96-97]. До основних етапів ланцюга створення вартості молокопереробними підприємствами слід віднести: матеріально-технічне забезпечення; технологічний процес; реалізація готової продукції; НДДКР тощо. Стратегічні показники, що визначаються в розрізі розглянутих етапів ланцюга створення вартості, зосереджуються в перспективі «Бізнес-процеси» збалансованої системи показників.

В загальному вигляді формула розрахунку показника ефективності може бути представлена співвідношенням результату (ефекту) до витрат (ресурсів). В значенні результату нами обрано різницю між обсягом реалізації та сумою стратегічно важливих витрат. Показники ефективності діяльності молокопереробних підприємств (з конкретизацією стратегічно важливих витрат), що використані при розрахунку інтегрального індексу ефективності, наведено в розрізі перспектив ЗСП. Так, до перспективи «Фінанси» включено поширений серед науковців та практиків показник рентабельності капіталу. У відповідності із стратегічними цілями це може бути рентабельності сукупного / власного / позикового капіталу. В розрізі перспективи «Клієнти» передбачається оцінка та аналіз ефективності маркетингової діяльності підприємства в цілому, а не лише ефективності продаж. З врахуванням цього, до можливих показників слід віднести: відношення результату до витрат на рекламу (створення торговельної марки); відношення результату до витрат на проведення маркетингових заходів щодо стимулювання збуту; відношення результату до загальної суми витрати на збут.

Підбір показників ефективності для перспективи «Бізнес-процеси» проводиться в розрізі складових ланцюга створення вартості:

1. Для молокопереробних підприємств, що не мають власної сировинної бази, а молоко-сировину постачають від молокотоварних ферм та господарств населення, вважаємо показником ефективності є відношення результату до величини транспортно-заготівельних витрат. Для підприємств, що покривають потребу у молоці-сировині шляхом створення кооперативів – показник ефективності розраховуватиметься як співвідношення результату до суми витрати на участь у створенні та забезпечення функціонування кооперативних структур. У випадку, якщо молокопереробне підприємство покриває потребу у сировині за рахунок різних джерел надходження молока-сировини, підбираються відповідні показники.

2. Підбір показників ефективності наступного етапу ланцюга створення вартості – виробництва молочної продукції слід провести у відповідності із коефіцієнтом ефективності використання сукупних активів підприємства з урахуванням технологічних особливостей процесу виробництва.

3. З метою уникнення дублювання, пропонується оцінювати ефективність наступного етапу ланцюга створення вартості – реалізація продукції – через показники ефективності, які включено до перспективи «Клієнти».

4. Узагальнюючий показник ефективності науково-дослідної роботи підприємства розраховується шляхом співвідношення результату до величини витрат на здійснення НДДКР. З метою поглибленого вивчення ефективності НДДКР розрахунок показника слід проводити в розрізі напрямів науково-дослідної роботи підприємства.

Для характеристики ефективності використання персоналу використовується показник продуктивність праці, що відноситься до перспективи «Персонал». Поряд з аналізом вказаного показника, важливо розглядати ефективність існуючої на підприємстві політики соціального розвитку персоналу як основи підвищення продуктивності праці. Так, соціальний розвиток персоналу охоплює два ключові аспекти: професійний (підвищення кваліфікації, загальноосвітнього рівня працівників) та соціальний («удосконалення соціальних відносин; покращення умов життя і діяльності людей; укріплення трудової і виробничої дисципліни» [3, с. 144]) розвиток. Але, в окремих випадках, на практиці має місце ігнорування, зокрема, соціального напрямку в розвитку персоналу. З цієї причини, для забезпечення аналізу взаємозалежності зусиль підприємства щодо професійного та соціального розвитку персоналу, вважаємо за доцільне виокремлювати ефективність заходів щодо підвищення кваліфікації, професійного рівня персоналу і заходів на його соціальний розвиток. Відповідно показниками можуть бути: а) при аналізі тих форм підвищення кваліфікації та освітнього рівня персоналу, які застосовуються – відношення результату до величини витрат на впровадження зазначених заходів; б) аналіз ефективності заходів щодо покращення загальних, технічних, санітарно-гігієнічних, психофізіологічних умови праці та її безпеки – відношення результату до величини витрати на фінансування вказаних заходів.

Розрахунок інтегрального індексу ефективності пропонується розраховувати з наступною схемою:

1. В загальному вигляді визначення ефективності  $I(X_1, \dots, X_n)$  результату  $Y$  дії факторів  $X_1, \dots, X_n$ , за їх значеннями в певному періоді, можна проводитись за формулою:

$$I(X_1, \dots, X_n) = \frac{Y - \sum_{j=1}^n X_j}{\sum_{j=1}^n X_j} 100 \dots \quad (1)$$

У випадку, коли показники  $Y, X_1, \dots, X_n$  представлені своїми вибірковими значеннями за ряд періодів ( $n$  – періодів) ефективність можна визначити як середнє значення за формулою,

$$I(X_1, \dots, X_n) = \sum_{k=1}^n \frac{Y_k - \sum_{j=1}^m X_{jk}}{m \sum_{j=1}^m X_{jk}} 100 \quad (2)$$

2. Формули (1) і (2) визначають ефект на одиницю виміру сукупної дії факторів і не враховують дії окремо взятого фактора. Так як фактори задаються вибірковими значеннями, тобто є випадковими величинами, то у випадку їх статистичної залежності, визначення ефективності за формулою (2) є формальним. Тому побудова показника ефективності з врахуванням дії окремо взятого фактора у випадку, коли показники  $Y, X_1, \dots, X_m$  представлені своїми вибірковими значеннями  $Y_j, \{X_{jk}\} (j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m)$  за ряд періодів ( $n$  – періодів). Індеси ефективності по кожному фактору в кожному періоді визначаються за формулою:

$$\rho_{jk} = \frac{Y_j - \sum_{i=1}^n X_{ji}}{X_{jk}} \quad (3)$$

Індекс ефективності ( $If_j$ ) за кожний період пропонується знаходити за формулою

$$If_j = \sum_{k=1}^m a_{jk} \rho_{jk} = \sum_{k=1}^m \frac{Y_j - \sum_{j=1}^n X_{ji}}{X_{jk}} a_{jk} (j = 1, \dots, n) \quad (4)$$

де  $a_{jk}$  – «вагові коефіцієнти». Формула (4) визначає середній результат в кожному періоді на одиницю виміру фактора взагалі.

Якщо випадкові величини  $\rho_{jk}$  статистично незалежні, в якості вагових коефіцієнтів можна взяти:  $a_{jk} = \frac{1}{m}$ . Статистична залежність величин  $\rho_{jk}$  робить неможливим такий вибір вагових коефіцієнтів. У випадку статистичної залежності величин  $\rho_{jk}$  знаходження вагових коефіцієнтів здійснюється за методом головних компонент, запропонованим в [1]. В якості вагових коефіцієнтів в [1] брались квадрати компонент власного вектора кореляційної матриці векторів-стовпців матриці  $\{\rho_{jk}\} (j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m)$ , який відповідає найбільш інформативній головній компоненті. У формулі (4) величина  $If_k$  визначає інтегральний індекс ефективності у визначеному періоді.

Природно виникає визначення ефективності кожного фактору в розрізі аналізованих періодів і ефективність всіх факторів за період. Ефективність кожного фактору ( $k = 1, \dots, m$ ) знаходиться за середнім арифметичним за формулою (5) і визначає відсоток результату на один відсоток затрат в розрізі факторів.

$$EF_k = \frac{1}{m} Ef_k \sum_{j=1}^n \frac{X_{jk}}{\sum_{i=1}^m X_{ji}} \quad (5)$$

Ефективність всіх факторів за аналізований період обчислюється за середнім арифметичним за формулою (6) і визначає відсоток результату на один відсоток затрат в цілому.

$$E = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m EF_k \quad (6)$$

На рис. 1 наведено блок-схему алгоритму побудови інтегрального індексу ефективності на прикладі економічної діяльності підприємств молочної промисловості, за якою в комп'ютерній системі Mathcad Pro здійснюються їх розрахунки.

Формуванню статистичної бази індексів ефективності передують формування статистичної бази факторів і результуючого показника за їх піврічними статистичними даними. Такий підхід до вибірових даних зумовлений тим, що з однієї сторони, до аналізованого періоду на підприємстві відбулись структурні зрушення, а з іншої сторони, для можливості проведення статистичних оцінок, об'єм вибірових даних повинен перевищувати кількість факторів. Така умова стосується діагностики на предмет статистичної залежності факторів, якими в даному випадку є індекси ефективності. В разі її (статистичної залежності) відсутності обчислення вагових коефіцієнтів здійснюється за середніми арифметичними, а в разі її присутності – за методом головних компонентів. Статистична залежність індексів ефективності здійснюється за методом Феррара-Глобера. Програма алгоритму Феррара-Глобера подається в комп'ютерній системі Mathcad Pro. Метод головних компонентів дозволяє здійснити перехід до факторів з новими вибіровими значеннями, які статистично незалежні.

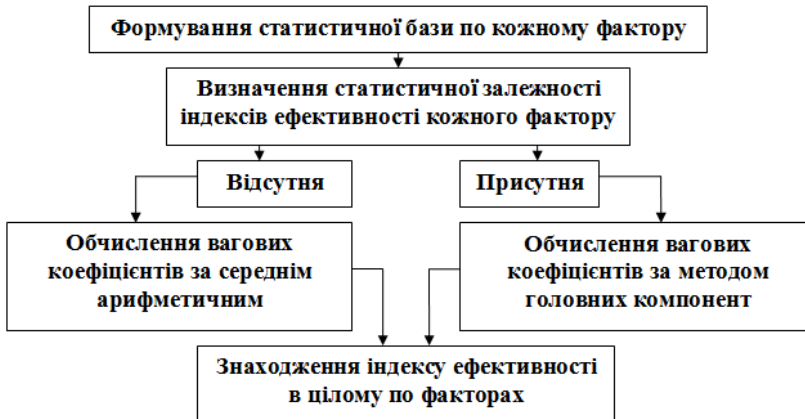


Рис. 1. Блок-схема алгоритму побудови інтегрального індексу ефективності діяльності молокопереробних підприємств

Призначення інтегрального індексу ефективності діяльності підприємства представлено в розрізі етапів процесу стратегічного планування:

- аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища – шляхом розрахунку інтегрального індексу ефективності в розрізі кожного року досліджуваного періоду забезпечується узагальнення результатів стратегічного аналізу, тобто визначаються «вихідні позиції розвитку» підприємства;

- визначення місії та цілей – стратегічні цілі формулюються із урахуванням планового значення інтегрального індексу ефективності, що, зокрема, може бути визначене з використанням методу екстраполяції, методу експертних оцінок тощо;

- розробка стратегічних альтернатив, вибір оптимальної стратегії – вибирається та стратегічна альтернатива, що забезпечує оптимальний шлях реалізації стратегічних цілей та, відповідно, досягнення планової результативності діяльності, визначеної через інтегральний індекс ефективності;

- реалізація стратегії – планове значення інтегрального індексу визначає спрямованість поточного планування, тобто розробляються стратегічні програми розвитку, що реалізуються на рівні поточного планування;

- оцінка та контроль виконання стратегії – забезпечується шляхом визначення відповідальних осіб за досягнення планових значень показників, що є складовими при розрахунку інтегрального індексу і періодичності контролю в межах планового періоду та співставлення планового значення інтегрального індексу із фактично досягнутим по завершенню періоду стратегічного планування. Причини відхилень визначаються на основі тенденцій зміни показників, що входять до складу системи показників розрахунку інтегрального індексу ефективності.

## Висновки

- Інтегральний індекс ефективності діяльності молокопереробних підприємств використовується в якості «стратегічного орієнтира», що спрямовуватиме управлінський персонал при визначенні цілей, обґрунтуванні вибору оптимальної стратегії розвитку з-поміж альтернативних та напрямів її реалізації, оцінці досягнутих результатів. Важливість такого підходу обумовлена тим, що багатогранність запропонованих аналітичних досліджень внутрішнього і зовнішнього середовища та складність інтерпретації отриманих результатів, що є базисом вибору напрямку розвитку підприємства, визначення стратегічних цілей, формулювання стратегічних альтернатив, ускладнює процес планування;
- Відбір показників ефективності діяльності для розрахунку інтегрального індексу залежить від запровадженої на підприємстві системи стратегічних показників. В запропонованому підході до побудови системи стратегічних показників акцент зроблено на системі показників як сукупності взаємозалежних груп показників в розрізі етапів процесу стратегічного планування. Основою вибору та узгодження груп показників виступає спосіб формалізації стратегії, а саме збалансована система показників, базовими перспективами (складовими) якої є «Фінанси», «Клієнти», «Бізнес-процеси», «Персонал». Стратегічні показники та показники ефективності зокрема, що розкривають перспективу «Бізнес-процеси» визначаються в розрізі етапів ланцюга створення вартості, до яких віднесено: матеріально-технічне забезпечення; технологічний процес; реалізація готової продукції; НДДКР;
- Методика розрахунку інтегрального індексу ефективності діяльності молокопереробних підприємств розроблена з використанням методу головних компонент.

Перспективою подальших досліджень є розробка методичних рекомендацій щодо розробки стратегічних програм, проєктів та бюджетів, що являтимуться основою досягнення стратегічних цілей, виражених у відповідності із розглянутою системою стратегічних показників.

### Література

1. Айвазян С. А. К методологи измерения синтетических категорий качества жизни населения / С. А. Айвазян // Экономика и математические методы. – 2003. – Т.39 (№ 2). – С. 33-53.
2. Головкин В. А. Теоретико-методичні засади визначення сутності категорії «ефективність діяльності підприємства» [Електронний ресурс] // В. А. Головкин – Режим доступу: [eprints.kname.edu.ua/21426/1/88-94\\_Головкин\\_ВА.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/21426/1/88-94_Головкин_ВА.pdf) 88-94.
3. Залуцький І.Р., Цимбалюк В.М., Шевченко С.Г. Планування і діагностика діяльності підприємства: навч. посібник. – Львів: Видавництво «Новий світ - 2000», 2009. – 320 с.
4. Кизим М.О. Збалансована система показників: Монографія / Кизим М.О., Пилипенко А.А., Зінченко В.А. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2007. – 192 с.
5. Хангер, Дж. Девид. Основы стратегического менеджмента: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Менеджмент» / Дж. Д. Хангер, Т. Л. Уиллен; пер. С. англ. – 4-е изд. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 319 с.
6. Cobbold I.V., Lawrie G.J.G The development of the Balanced Scorecard as a strategic management tool / <http://www.drjohnsulivan.comwww.workinfo.com/free/Downloads/BSC.pdf>
7. Helena Hansson, Richard Ferguson. Factors influencing the strategic decision to further develop dairy production. A study of farmers in central Sweden / *Livestock Science*, Vol. 135, Is. 2–3, 2011, Pp. 110-123.
8. G.W.J. van de Ven, H. van Keulen. A mathematical approach to comparing environmental and economic goals in dairy farming: Identifying strategic development options / *Agricultural Systems*, Vol. 94, Issue 2, 2007, Pp. 231-246.
9. M. Derks, T. van Werven, H. Hogeveen, W.D.J. Kremer. Veterinary herd health management programs on dairy farms in the Netherlands: Use, execution, and relations to farmer characteristics / *Journal of Dairy Science*, Vol. 96, Issue 3, 2013, Pp. 1623-1637.

### References

1. Aivazian S.A. (2003), K metodologi izmereniya sinteticheskikh kategoriy kachestva zhizni naseleniya, *Ekonomika i matematicheskie metody*, 39(2), pp. 33-53.
2. Holovko V. A. (2012), *Teoretykometodychni zasady vyznachennia sutnosti katehorii «Efektyvnist diialnosti pidpriemstva»*, available at: [eprints.kname.edu.ua/21426/1/8894\\_Головкин\\_ВА.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/21426/1/8894_Головкин_ВА.pdf)
3. Zalutskyi I.R., Tsymbaliuk V.M., Shevchenko C. H. (2009), *Planuvannia i diahnostryka diialnosti pidpriemstva*, Lviv.
4. Kyzym M.O., Pylypenko A.A., Zinchenko V.A. (2007), *Zbalansovana systema pokaznykiv. Monografiia*, Lviv
5. Dzh. D. Khanger., T. L. Uilen. (2008), *Osnovy strategicheskogo menedzhmenta: uchenik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po napravleniyu «Menedzhment»*, YuNITI-DANA, Moskva.
6. Cobbold I.V., Lawrie G.J.G., *The development of the Balanced Scorecard as a strategic management tool*, available at: <http://www.drjohnsulivan.comwww.workinfo.com/free/Downloads/BSPP.pdf>
7. Helena Hansson., Richard Ferguson. (2011), Factors influencing the strategic decision to further develop dairy production. A study of farmers in central Sweden, *Livestock Science*, 135(2-3), pp. 110-123.
8. G.W.J. van de Ven., H. van Keulen. (2007), A mathematical approach to comparing environmental and economic goals in dairy farming: Identifying strategic development options, *Agricultural Systems*, 94(2), pp. 231-246.
9. M. Derks., T. van Werven., H. Hogeveen., W.D.J. Kremer. (2013), Veterinary herd health management programs on dairy farms in the Netherlands: Use, execution, and relations to farmer characteristics, *Journal of Dairy Science*, 96(3), pp. 1623-1637.



## The use of functions for mathematical modeling of transient processes

Ganna Sergeieva, Tetiana Zinchenko

National University of food technologies, Kyiv, Ukraine

---

### ABSTRACT

---

**Keywords:**

Function  
Statistic  
Least squares  
Linear  
Exponential

---

**Article history:**

Received 23.06.2013  
Received in revised form  
29.07.2013  
Accepted 04.09.2013

---

**Corresponding author:**

Ganna Sergeieva  
E-mail:  
ann.94\_94@mail.ru

**Introduction.** The use of non-linear special functions is actual for the mathematical modeling of processes. If it is necessary to obtain the mathematical model of a particular variable processes according to the sum-total of statistical data, then the quality of the model greatly depends on the chosen form function, whose unknown parameters can be estimated, for example, by the method of least square method.

**Methods.** Methods of mathematical modeling is applied.

**Results.** We offer function whose reduction makes it possible to obtain linear dependence in relation to elementary functions of unknown parameters. Nonlinear functions that can be used to describe a monotonically increasing or monotonically decreasing character of dependence of the qualitative value of the process from the variable factors are examined, including those that have a point of change of their nature of the convexity (inflection point). The way of calculation of the characteristics of such functions using the method of the least squares is shown, in the case, if the obtained  $n$  discrete values of  $x$  correspond to the obtained  $n$  values of  $y$ . A comparative analysis of the approximation quality of the analytical functional dependency of the resulting value of  $y$  from the variable value  $x$  by functions of different types was conducted.

---

УДК 517 (07)

## Застосування функцій для математичного моделювання перехідних процесів

Ганна Сергєєва, Тетяна Зінченко

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

## Вступ

Важливою проблемою економіки є правильне прогнозування певної реальної ситуації, в якій відбувається досліджуваний економічний процес, а також знаходження таких важелів впливу на цей процес, за допомогою яких він розвивався б необхідним чином. При дослідженні різних процесів для створення їх математичних моделей інколи виникає необхідність одержати функціональну аналітичну залежність результуючої величини  $y$  від змінної величини  $x$ , якщо одержано  $n$  дискретних значень величини  $x$  і відповідні їм  $n$  значень величини  $y$ .

## Матеріали та методи

Застосовано метод математичного моделювання.

## Результати та обговорення

Розглянуто функції, за допомогою яких можна описати монотонно зростаючий чи монотонно спадний характер залежності якісної ознаки досліджуваного процесу від змінних факторів.

Результати таких спостережень можуть бути подані в таблиці

$x$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

За даними таблиці необхідно визначити вигляд функціональної залежності між  $x$  та  $y$ , тобто від табличної форми функціональної залежності перейти до аналітичної у вигляді деякої функції  $y = f(x)$ .

Розв'язування цієї задачі розподіляють на два етапи. Спочатку, використовуючи графічне представлення точок  $M_i(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , обирають форму залежності між  $x$  та  $y$ : лінійну  $y = ax + b$ , параболічну  $y = ax^2 + bx + c$ , гіперболічну  $y = \frac{a}{x} + b$ , показникову  $y = a^x + b$ , експоненціальну  $y = e^{ax+b}$ , чи якусь іншу, де  $a, b, c$  - невідомі параметри. В загальному випадку можна вважати  $f(x_i) = f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m)$ , де  $a_1, a_2, \dots, a_m$  - невідомі параметри. Їх значення визначають на другому етапі, мінімізуючи суму квадратів відхилень спостережуваних табличних значень  $y_i$  від значень шуканої функції  $f(x_i)$ :

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

Необхідна умова існування екстремуму функції  $S$  – рівність нулю частинних похідних:  $\frac{\partial S}{\partial a_i} = 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Ця умова є системою  $m$  рівнянь з  $m$  невідомими.

Розв'язок цієї системи визначає функцію  $y = f(x)$ , яка забезпечує найменше значення величини  $S$ .

Для лінійної форми залежності між  $x$  та  $y$ :  $y = ax + b$  система рівнянь для визначення параметрів  $a, b$  має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^n 2(y_i - ax_i - b)(-x_i) = 0; \\ \sum_{i=1}^n 2(y_i - ax_i - b)(-1) = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i y_i - a \sum_{i=1}^n x_i^2 - b \sum_{i=1}^n x_i = 0; \\ \sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i - bn = 0. \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a \cdot \overline{x^2} + b \cdot \overline{x} = \overline{xy}; \\ a \cdot \overline{x} + b = \overline{y}, \end{cases}$$

де використано позначення:  $\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$ ;  $\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$ ;  $\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ;

$\overline{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ . Розв'язок системи рівнянь можна отримати за правилом Крамера :

$$a = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{x^2 - (\overline{x})^2}; \quad b = \frac{\overline{x^2} \cdot \overline{y} - \overline{x} \cdot \overline{xy}}{x^2 - (\overline{x})^2} \quad \text{або} \quad b = \overline{y} - a \cdot \overline{x}. \quad (2)$$

**Приклад 1.** Одержано дані залежності між випадковою величиною  $X$  та випадковою величиною  $Y$ :

X	2.3	3.1	2.9	3.5	4.2	3.9	4.7	4.5
Y	19	18.5	18.7	18	17.2	17.5	16.4	16.6

Вважаючи характер залежності між ознаками  $X$  та  $Y$  лінійним, знайти за методом найменших квадратів аналітичний вигляд відповідної функції, яка відображує цю залежність .

*Розв'язання.* Зобразимо точки з координатами  $(x_i, y_i)$  в прямокутній системі координат (рис.1). Одержане поле точок дозволяє припустити існування лінійної залежності між величинами  $x$  та  $y$ , тобто  $y = ax + b$ , де  $a$  і  $b$  визначаються.

Виконаємо підрахунки:

$$\overline{x} = \frac{2.3 + 3.1 + 2.9 + 3.5 + 4.2 + 3.9 + 4.7 + 4.5}{8} \approx 3.64;$$

$$\overline{y} = \frac{19 + 18.5 + 18.7 + 18 + 17.2 + 17.5 + 16.4 + 16.6}{8} \approx 17.74;$$

$$\overline{xy} = \frac{2.3 \cdot 19 + 3.1 \cdot 18.5 + 2.9 \cdot 18.7 + 3.5 \cdot 18 + 4.2 \cdot 17.2 + 3.9 \cdot 17.5 + 4.7 \cdot 16.4 + 4.5 \cdot 16.6}{8} \approx 63.82;$$

$$\overline{x^2} = \frac{2.3^2 + 3.1^2 + 2.9^2 + 3.5^2 + 4.2^2 + 3.9^2 + 4.7^2 + 4.5^2}{8} \approx 13.85;$$

$$a = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{x^2 - (\overline{x})^2} = \frac{63.82 - 3.64 \cdot 17.74}{13.85 - 3.64^2} \approx -\frac{0.754}{0.6} \approx -1.26;$$

$$b = \overline{y} - a\overline{x} = 17.74 + 1.26 \cdot 3.64 \approx 22.33.$$

Отже, лінійна залежність між величинами  $x$  та  $y$ :  $y = -1.26x + 22.33$ . Графіком цієї залежності є пряма лінія, яку можна побудувати за двома точками:  $x_1 = 2; y_1 = 19.8$ ;  $x_2 = 5; y_2 = 16$ .

**Приклад 2.** Величини  $X$  та  $Y$  задані таблицею:

$X$	1.7	4.3	6.8	10.0	12.0	15.0	15.8	17.2	18.0
$Y$	3.2	3.0	5.1	4.3	9.0	9.2	11.5	13.6	13.2

Знайти аналітичну залежність між  $x$  та  $y$ .

Зобразимо точки з координатами  $(x_i, y_i)$  в прямокутній системі координат (рис.2). Одержане поле точок дозволяє припустити існування лінійної залежності між величинами  $x$  та  $y$ , тобто  $y = ax + b$ , де  $a$  і  $b$  визначаються за формулами (2). Виконаємо підрахунки середніх арифметичних значень:

$$\bar{x} = \frac{100.8}{9} \approx 11.2; \quad \bar{y} = \frac{72.1}{9} \approx 8.01; \quad \overline{xy} = \frac{995.24}{9} \approx 110.58; \quad \overline{x^2} = \frac{1406}{9} \approx 156.23;$$

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} \approx 0.68; \quad b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} \approx 0.43$$

Отже, лінійна залежність між величинами  $x$  та  $y$ :  $y = 0.68x + 0.43$ .

Обчислимо суму квадратів відхилень табличних значень  $y_i$  від значень знайденої функції  $f(x_i) = 0.68x_i + 0.43$  за формулою за формулою (2):

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 = \sum_{i=1}^9 (y_i - 0.68x_i - 0.43)^2 \approx 16.08.$$

Середнє квадратичне відхилення експериментальних точок  $y_i$  від значень

функції  $f(x_i)$  дорівнює:  $\sigma_1 = \sqrt{\frac{S}{n}} = \sqrt{\frac{16.08}{9}} \approx 1.34$ .

Для зменшення похибок наближення можна вибрати інший характер функції, наприклад, експоненціальний  $y = e^{ax+b}$ . Для спрощення задачі обчислення невідомих параметрів  $a, b$  експоненціальну функцію варто прологарифмувати та ввести до розгляду нову функцію  $Z$ :

$$\ln y = \ln(e^{ax+b}) = ax + b, \quad z = \ln y = ax + b. \quad (3)$$

З таблиці даних  $X, Z$  можна отримати таблицю даних  $X, Z$ :

$X$	1.7	4.3	6.8	10.0	12.0	15.0	15.8	17.2	18.0
$Z$	1.16	1.10	1.63	1.46	2.20	2.22	2.44	2.61	2.58

За підрахунками середніх арифметичних значень отримуємо:

$$\bar{x} = \frac{100.8}{9} \approx 11.2; \quad \bar{z} = \frac{17.40}{9} \approx 1.934; \quad \overline{xz} = \frac{221.975}{9} \approx 24.664; \quad \bar{x}^2 = \frac{1406}{9} \approx 156.23;$$

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \approx 0.1; \quad b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} \approx 0.84.$$

Отже, експоненціальна залежність між величинами  $x$  та  $y$ :  $y = e^{0.1x+0.84}$ .

Обчислимо суму квадратів відхилень табличних значень  $y_i$  від значень знайденої функції  $f(x_i) = e^{0.1x_i+0.84}$  за формулою (1): Середнє квадратичне відхилення експериментальних точок  $y_i$  від значень функції  $f(x_i)$  дорівнює:

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{S}{n}} = \sqrt{\frac{9.06}{9}} \approx 1.0.$$

Очевидно,  $\sigma_2 < \sigma_1$ , тобто, експоненціальна функція краще наближує робочий масив даних, ніж лінійна функція.

Криві спадного характеру можна наближувати функціями виду:

$$y(x) = a \cdot x^b e^{cx}, \quad x \geq 0, \quad 0 < b < 1, \quad c < 0 \quad (4)$$

Графіки цих функцій представлені на рис.3. Для зручності обчислень замість функції (4) розглядаємо функцію:

$$z = \ln y = \ln a + b \cdot \ln x + c \cdot x = f(x), \quad (5)$$

де  $a, b, c$  - невідомі параметри. Цільова функція суми квадратів відхилень спостережуваних табличних значень  $y_i$  від значень шуканої функції  $f(x_i)$  дорівнює

$$S = \sum_{i=1}^n (z_i - f(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (z_i - \ln a - b \ln x_i - cx_i)^2. \quad (6)$$

Система трьох рівнянь з трьома невідомими  $a, b, c$  складена за умови рівності нулю частинних похідних першого порядку, після перетворень набуває вигляду:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial c} = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n \cdot \ln a + b \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i + c \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n z_i, \\ \ln a \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i + b \cdot \sum_{i=1}^n \ln^2 x_i + c \cdot \sum_{i=1}^n x_i \ln x_i = \sum_{i=1}^n z_i \ln x_i, \\ \ln a \cdot \sum_{i=1}^n x_i + b \cdot \sum_{i=1}^n x_i \ln x_i + c \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n z_i x_i. \end{cases}$$

Параметри  $a, b, c$  є розв'язком системи рівнянь, лінійної відносно  $\ln a, b, c$ :

$$\begin{cases} \ln a + b \cdot s_I + c \cdot s_x = s_z, \\ \ln a \cdot s_I + b \cdot s_{II} + c \cdot s_{xI} = s_{zI}, \\ \ln a \cdot s_x + b \cdot s_{xI} + c \cdot s_{xx} = s_{zx}, \end{cases} \quad (7)$$

де  $s_x = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad s_I = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln x_i, \quad s_z = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i, \quad s_{zx} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i x_i,$

$$s_{xI} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot \ln x_i, \quad s_{II} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln^2 x_i, \quad s_{zI} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i \ln x_i.$$

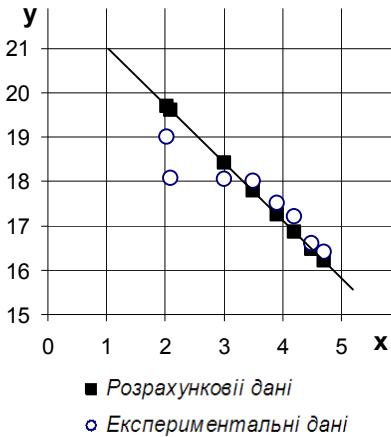
Систему (7) можна розв'язати за правилом Крамера, для цього необхідно обчислити визначники 3-го порядку:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & s_I & s_x \\ s_I & s_{II} & s_{xI} \\ s_x & s_{xI} & s_{xx} \end{vmatrix}, \Delta_{\ln a} = \begin{vmatrix} s_z & s_I & s_x \\ s_{zI} & s_{II} & s_{xI} \\ s_{zx} & s_{xI} & s_{xx} \end{vmatrix}, \Delta_b = \begin{vmatrix} 1 & s_z & s_x \\ s_I & s_{zI} & s_{xI} \\ s_x & s_{zx} & s_{xx} \end{vmatrix}, \Delta_c = \begin{vmatrix} 1 & s_I & s_z \\ s_I & s_{II} & s_{zI} \\ s_x & s_{xI} & s_{zx} \end{vmatrix}.$$

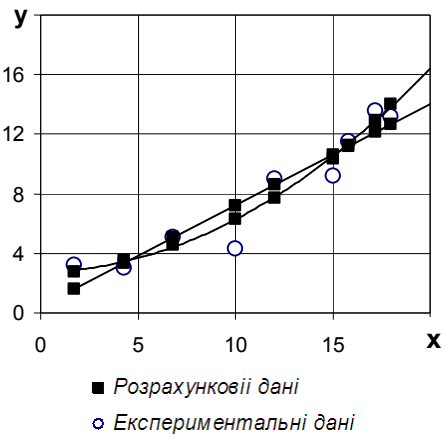
$$b = \frac{\Delta_b}{\Delta}; \quad c = \frac{\Delta_c}{\Delta}; \quad \ln a = \frac{\Delta_{\ln a}}{\Delta}; \quad a = e^{\ln a}. \quad (8)$$

**Приклад 3.** Для значень величин  $X$  та  $Y$ , заданих в таблиці, знайти функцію типу (4):

$X$	0.1	0.5	1	1.5	2	3	4	6	8	10	12
$Y$	1.5	2.75	3.03	2.89	2.6	1.93	1.35	0.61	0.26	0.107	0.043



**Рис.1.** Поле даних випадкових величин  $X, Y$  (приклад 1)



**Рис.2.** Поле даних випадкових величин  $X, Y$  (приклад 2)

Виконуємо обчислення та заповнюємо таблицю:

№	$x_i$	$y_i$	$z_i = \ln y_i$	$x_i^2$	$\ln x_i$	$x_i \ln x_i$	$\ln^2 x_i$	$z_i x_i$	$z_i \ln x_i$
1	0.1	1.5	0.405	0.01	-2.3	-0.23	5.3	0.04	-0.934
2	0.5	2.75	1.01	0.25	-0.69	-0.347	0.48	0.506	-0.7
3	1	3.03	1.11	1	0	0	0	1.11	0
4	1.5	2.89	1.06	2.25	0.405	0.608	0.164	1.59	0.43
5	2	2.6	0.956	4	0.69	1.386	0.48	1.91	0.663
6	3	1.93	0.66	9	1.1	3.3	1.21	1.98	0.724
7	4	1.35	0.303	16	1.386	5.55	1.92	1.21	0.42
8	6	0.61	-0.5	36	1.79	10.751	3.2	-2.97	-0.89
9	8	0.26	-1.35	64	2.08	16.64	4.324	-10.8	-2.81
10	10	0.107	-2.24	100	2.303	23.03	5.3	-22.4	-5.16
11	12	0.043	-3.15	144	2.49	29.82	6.175	-37.8	-7.82
$\Sigma$	48.1	17.07	-1.731	376.5	9.25	90.5	28.55	-65.6	-16.07
$(1/n)\Sigma$	4.37	1.55	-0.157	34.23	0.84	8.23	2.6	-5.96	-1.46
	$s_x$	$s_y$	$s_z$	$s_{xx}$	$s_I$	$s_{xI}$	$s_{II}$	$s_{zx}$	$s_{zI}$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0.84 & 4.37 \\ 0.84 & 2.6 & 8.23 \\ 4.37 & 8.23 & 34.23 \end{vmatrix} \approx 7.87; \quad \Delta_{\ln a} = \begin{vmatrix} -0.157 & 0.84 & 4.37 \\ -1.46 & 2.6 & 8.23 \\ -5.96 & 8.23 & 34.23 \end{vmatrix} \approx 12.67;$$

$$\Delta_b = \begin{vmatrix} 1 & -0.157 & 4.37 \\ 0.84 & -1.46 & 8.23 \\ 4.37 & -5.96 & 34.23 \end{vmatrix} \approx 3.95; \quad \Delta_c = \begin{vmatrix} 1 & 0.84 & -0.157 \\ 0.84 & 2.6 & -1.46 \\ 4.37 & 8.23 & -5.96 \end{vmatrix} \approx -3.94 .$$

$$\ln a = \frac{12.67}{7.87} \approx 1.61; \quad a = e^{1.61} \approx 5.0; \quad b = \frac{3.95}{7.87} \approx 0.5; \quad c = -\frac{3.94}{7.87} \approx -0.5 .$$

Функція має вигляд:  $y = a \cdot x^b \cdot e^{cx} = 5 \cdot x^{0.5} e^{-0.5x}$ . Графік цієї функції представлено на рис.4.

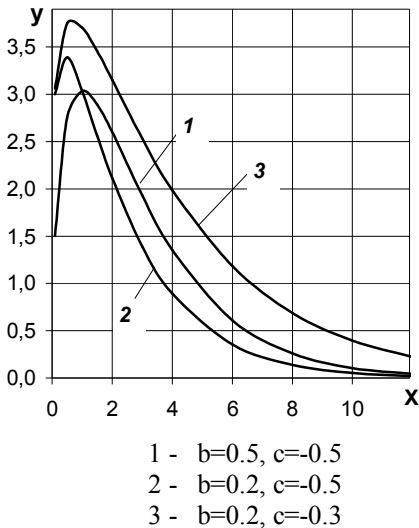


Рис. 3. Графіки функції  $y = a \cdot x^b \cdot e^{cx}$ .

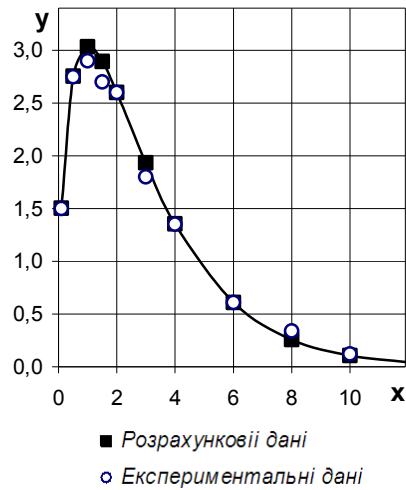


Рис. 4. Графік функції (приклад 3), отриманий за методом найменших квадратів.

## Висновки

За допомогою методу мінімальних квадратів розглянуто приклади розрахунку нелінійних функцій, які можуть бути використані для створення математичних моделей процесів, що мають нелінійний характер.

Такі математичні моделі можуть бути використані для прогнозування досліджуваних процесів.

## Література

1. Efstathios Z. Panagou, Fady R. Mohareb, Anthoula A. Argyri, Conrad M. Bessant, George-John E. Nychas. A comparison of artificial neural networks and partial least squares modelling for the rapid detection of the microbial spoilage of beef fillets based on Fourier transform infrared spectral fingerprints / *Food Microbiology*, Vol. 28, Issue 4, 2011, Pp. 782-790
2. Karel J. Keesman, Timo G. Doeswijk. Direct least-squares estimation and prediction of rational systems: Application to food storage / *Journal of Process Control*, Vol. 19, Issue 2, 2009, Pp. 340-348
3. Dragan Jukić. A necessary and sufficient criteria for the existence of the least squares estimate for a 3-parametric exponential function / *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 147, Issue 1, 2004, Pp. 1-17.
4. Gavva O., Krivoplyas-Volodina L. Methodological aspects of the mathematical theory of friction it is applicable to bearing surfaces of overload devices / *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. – 2013. - 2(2). - Pp. 189-193.
5. Masoud Shariati-Rad, Mohsen Irandoust, Niloufar Amin, Mojtaba Shamsipur. Solving matrix effect, spectral interferences and nonlinearity by generalized standard addition method coupled with radial basis functions-partial least squares: Application to simultaneous determination of drugs in urine / *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol. 120, 2013, Pp. 77-83
6. Gabriela Jager, Angela Kunoth, Wolf-Dieter Schuh. Approximate continuation of harmonic functions in geodesy: A spline based least squares approach with regularization / *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol. 237, Issue 1, 2013, Pp. 62-82
7. Bultheel, M. Van Barel, P. Van gucht. Orthogonal basis functions in discrete least-squares rational approximation / *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol. 164–165, 2004, Pp. 175-194
8. Thomas Most, Christian Bucher. New concepts for moving least squares: An interpolating non-singular weighting function and weighted nodal least squares / *Engineering Analysis with Boundary Elements*, Vol. 32, Issue 6, 2008, Pp. 461-470
9. S. Chen, X. Hong, C.J. Harris, L. Hanzo. Fully complex-valued radial basis function networks: Orthogonal least squares regression and classification / *Neurocomputing*, Vol. 71, Is. 16–18, 2008, Pp. 3421-3433
10. Jun Liu. Least square based method for obtaining one-particle spectral functions from temperature Green functions / *Computer Physics Communications*, Vol. 184, Is. 2, 2013, Pp. 367-373

## References

1. Efstathios Z. Panagou., Fady R. Mohareb., Anthoula A. Argyri., Conrad M. Bessant., George-John E. Nychas. (2011), A comparison of artificial neural networks and partial least squares modelling for the rapid detection of the microbial spoilage of beef fillets based on Fourier transform infrared spectral fingerprints, *Food Microbiology*, 28(4), pp. 782-790.
2. Karel J. Keesman., Timo G. Doeswijk. (2009), Direct least-squares estimation and prediction of rational systems: Application to food storage, *Journal of Process Control*, 19(2), pp. 340-348.
3. Dragan Jukić. (2004), A necessary and sufficient criteria for the existence of the least squares estimate for a 3-parametric exponential function, *Applied Mathematics and Computation*, 147(1), pp. 1-17.
4. Gavva O., Krivoplyas-Volodina L. (2013), Methodological aspects of the mathematical theory of friction it is applicable to bearing surfaces of overload devices, *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*, 2(2), pp. 189-193.
5. Masoud Shariati-Rad, Mohsen Irandoust, Niloufar Amin, Mojtaba Shamsipur. (2013), Solving matrix effect, spectral interferences and nonlinearity by generalized standard addition method coupled with radial basis functions-partial least squares: Application to simultaneous determination of drugs in urine, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 120, pp. 77-83.
6. Gabriela Jager., Angela Kunoth., Wolf-Dieter Schuh. (2013), Approximate continuation of harmonic functions in geodesy: A spline based least squares approach with regularization, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 237(1), pp. 62-82.
7. A. Bultheel, M. Van Barel, P. Van Gucht. (2004), Orthogonal basis functions in discrete least-squares rational approximation, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 164-165, pp. 175-194.



8. Thomas Most, Christian Bucher. (2008), New concepts for moving least squares: An interpolating non-singular weighting function and weighted nodal least squares, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 32(6), pp. 461-470.
9. S. Chen, X. Hong, PP.J. Harris, L. Hanzo. (2008), Fully complex-valued radial basis function networks: Orthogonal least squares regression and classification. *Neurocomputing*, 71(16-18), pp. 3421-3433.
10. Jun Liu. (2013), Least square based method for obtaining one-particle spectral functions from temperature Green functions, *Computer Physics Communications*, 184(2), pp. 367-373.

## Implementation of export potential national agricultural enterprises

**Bohdan Koval, Oksana Piankova**

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### **Keywords**

Potential  
Export  
Wheat  
Market  
Agricultural

---

### **Article history:**

Received 30.06.2013  
Received in revised form  
29.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

### **Corresponding author:**

Bohdan Koval  
E-mail:  
bohdan1991@ukr.net

---

---

### **ABSTRACT**

**Introduction.** One of the priority directions of the development and presentation of Ukraine in the world is agriculture. Relevance of research due to the fact that in today's global world economy development effective management of the implementation of the export potential of domestic enterprises is one of the key factors for the successful operation national economy and the development of competitive advantage in foreign markets.

**Materials and methods.** While examining issues following methods were used: theoretical generalizations and comparisons, systematic approach, structural analysis.

**Results.** Dominant trends on the domestic and world wheat markets were analyzed, and was identified the key issues of national export potential of agricultural enterprises. Identified key companies in the wheat market. Developed areas of efficiency system that managing the implementation of the export potential of domestic enterprises.

**Conclusions.** The results are recommend to use while considering the possibility of entering the domestic enterprises on foreign markets.

---

УДК 339.564:338.439

## **Реалізація експортного потенціалу національних аграрних підприємств**

**Богдан Коваль, Оксана П'янкova**

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

### **Вступ**

Ефективне управління реалізацією експортного потенціалу національних підприємств дозволить Україні розвинути і здобути сильні конкурентні переваги на світовій арені. Прискоренню такого розвитку сприяє виявлення і реалізація потенційних можливостей підприємств експортно-орієнтованих галузей, зокрема сільського господарства, та всебічна підтримка державою їхньої зовнішньоекономічної діяльності.

Зернове господарство України є традиційно стратегічно, експортно-орієнтованим і найбільш ефективним напрямком народного господарства, здатним забезпечити продовольчі потреби не лише держави, а й за своїми потенційними обсягами задовольнити попит світового ринку. Природно-кліматичні умови та родючі землі України сприяють вирощуванню всіх зернових культур і дають змогу отримувати високоякісне продовольче зерно в обсягах, достатніх для забезпечення внутрішніх потреб і формування експортного потенціалу.

Першість за популярністю серед зернових сільгоспкультур утримує пшениця – на неї припадає майже половина всього виробництва зерна в країні (45%). Її вирощуванням займаються понад 24 тисячі сільськогосподарських підприємств, абсолютна більшість з них віддають перевагу озимим сортам. Виробництво пшениці (протягом останніх трьох років 2010-2012 рр. її врожай становив у середньому 18,16 млн. тонн) перевищує внутрішнє споживання майже вдвічі, що робить цю культуру експортоорієнтованою. Експортом пшениці в Україні займається більше 200 підприємств [1].

Питання продовольчої безпеки, зокрема підвищення цін на продовольство, особливо гостро турбує міжнародну спільноту. У світі прогнозується постійне збільшення попиту на зерно, особливо пшеницю, оскільки людство лише наближається до вирішення проблеми голоду. В даному контексті варто врахувати потенційні можливості українських підприємств зайняти лідируючі позиції на світовому ринку зерна.

Сьогодні в умовах світової економічної кризи та негативних процесів в економіці експорт виступає в ролі стабілізуючого фактора виробництва і слугує джерелом валютних і матеріально-технічних надходжень для структурної перебудови економіки. В Україні відсутній дієвий механізм на державному рівні, який дозволив би забезпечити прозору та ефективну діяльність національних товаровиробників на ринку зерна, а також сприяти їхньому виходу на зовнішні ринки. Саме тому вирішення проблем, які перешкоджають реалізації експортного потенціалу аграрних підприємств виступає першоосновою для успішної експортної діяльності країни на світових ринках і є рушієм продуктивного функціонування для національної економіки.

В працях зарубіжних і вітчизняних вчених значна увага приділяється дослідженню теоретичних положень щодо сутнісних характеристик експортного потенціалу, його класифікації, структуризації та моделювання.

Проте більшої уваги потребує розробка універсального дієвого механізму управління реалізацією експортного потенціалу вітчизняних підприємств та практичних шляхів досягнення стабільних позицій на зовнішньому ринку.

## **Матеріали і методи**

Використано методи системного підходу, структурного аналізу, теоретичного узагальнення та порівняння. Використання наведених методів дало можливість найбільш комплексно оцінити процес реалізації експортного потенціалу національних підприємств-виробників пшениці, а також визначити реалії та головні тенденції, які існують на ринку пшениці.

## Результати та обговорення

Незважаючи на значний обсяг напрацювань існують різні точки зору на визначення експортного потенціалу підприємства. Узагальнення думок науковців, експортний потенціал підприємства можливо розглядати як динамічно змінювана складова економічного потенціалу, організаційно-технічна структура якого, підпорядковуючись місії і цілям підприємства щодо опанування зовнішніх ринків, з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища і внутрішнього його стану, здатний забезпечити стабільні обсяги продажів на світових ринках.

Основними показниками, що характеризують рівень експортного потенціалу є можливості підприємства виробляти продукцію (виробничий потенціал) та конкурентоспроможність виготовленої продукції.

Визначенню можливостей реалізації експортного потенціалу національних підприємств передують дослідження ситуації на внутрішньому і світовому ринку пшениці.

Доречно констатувати, що світовий ринок пшениці є досить нестабільним. У зв'язку з різким коливанням обсягів виробництва та перехідних запасів споживчий попит на пшеницю має тенденцію до зростання. Найважливіші показники, які характеризують стан справ на світовому ринку пшениці запропоновано у табл. 1.

Таблиця 1. Оцінка балансу ринку пшениці у світі

Показник, тис. тонн	2009- 2010 рік	2010- 2011 рік	2011- 2012 рік	2012- 2013 рік	Відносне відхилення 11/12 МР до 10/11 МР, %
<b>Виробництво</b>	686189	651898	695042	658729	6,62
<b>Споживання</b>	650015	653665	686990	681223	5,1
<b>Експорт</b>	137222	132483	154641	134834	16,73
<b>Імпорт</b>	133792	131645	147286	135393	11,88
<b>Кінцеві запаси</b>	200552	197947	198644	176709	0,35

Джерело: розроблено автором на основі [4].

Світове виробництво пшениці у 2011-2012 МР зросло на 6,62% в порівнянні з попереднім періодом та оцінюється в 695 млн. тонн. У поточному 2012-2013 МР за попередніми оцінками виробництво пшениці в світі знизиться на 5,72% або 36,3 млн. тонн у порівнянні з 2011-2012 МР і складатиме 658,7 млн. тонн.

У 2011-2012 МР спостерігається суттєве збільшення обсягів світового експорту пшениці до 154,6 млн. тонн, що на 16,73% більше ніж у 2010-2011 МР. У 2012-2013 МР прогнозується зниження експорту по відношенню до 2011-2012 МР на 12,8% або 19,8 млн. тонн.

Обсяги світового імпорту у 2011-2012 МР також демонстрували збільшення по відношенню до попереднього періоду на 11,88% до 147,3 млн. тонн. У 2012-2013 МР імпорт вірогідно знизиться на 8% або 11,89 млн. тонн в порівнянні з 2011-2012 МР і складатиме 135,4 млн. тонн.

За 2012 рік світові ціни на пшеницю продемонстрували 17% приросту в порівнянні з попереднім періодом. Середні ціни на пшеницю за аналогічний період склали на біржі CBOT 322,5 дол/т (2580 грн/т), на біржі Euronext 324,8 дол/т (2598,4 грн/т) [6].

Країнами лідерами з виробництва пшениці в світі за 2011-2012 МР є країни ЄС з обсягом виробництва 137,4 млн. тонн або 19,77% світового виробництва, Китай – 117,9 млн. тонн або 16,96 %, Індія – 86,9 млн. тонн або 12,5%, Росія – 56,2 млн. тонн

або 8,09%, США – 54,4 млн. тонн або 7,83%, Австралія – 29,5 млн. тонн або 4,24%. Україна посідає 9 місце серед найбільших виробників пшениці в світі з показником 22,3 млн. тонн або 3,21% світового виробництва.

Лідером з експорту пшениці за показниками 2011-2012 МР визнано США з 27,84 млн. тонн або 18% від сукупного світового експорту пшениці. Майже не відстають Австралія і Росія, які в минулому МР експортували пшеницю на рівні 23,2 млн. тонн або 15% і 21,6млн. тонн або 14% від світового експорту відповідно. Україна займає 6-е місце в світовому експорті з часткою в 4% або 6,19 млн. тонн від сукупного світового показника.

Найбільшим імпортером пшениці у світі за даними 2011-2012 МР вважається Єгипет з часткою 8% або 11,78 млн. тонн від сукупного світового імпорту. Близько 5% або 7,36 млн. тонн світового імпорту припадає на Бразилію та по 4% або 5,89 млн. тонн на Індонезію, Японію і Алжир. Частка світового імпорту Північної Кореї становить 3% або 4,42 млн. тонн, а імпорт Сирії, Туніса та Кенії знаходиться на рівні 2% або 2,95 млн. тонн від загального світового імпорту.

На внутрішньому ринку відбувається нарощування обсягів виробництва пшениці, збільшуються посівні площі та зростає експорт на зовнішні ринки. Конкуренція на ринку зерна наближена до досконалої.

Розглянемо основні показники, які характеризують стан українського ринку пшениці (табл. 2).

**Таблиця 2. Оцінка балансу ринку пшениці в Україні**

Показник, тис. тонн	2009- 2010 МР	2010- 2011 МР	2011- 2012 МР	2012- 2013 МР	Відносне відхилення 11/12 МР до 10/11 МР, %
<b>Виробництво</b>	20866	16844	22124	15500	31,35
<b>Споживання</b>	12300	11600	14950	12300	28,88
<b>Експорт</b>	9337	4302	5436	6200	26,36
<b>Імпорт</b>	28	40	100	100	250
<b>Кінцеві запаси</b>	2358	3340	5178	2278	55,03

Джерело: розроблено автором на основі [4]

У 2011-2012 МР виробництво пшениці в Україні демонструє приріст до попереднього року у розмірі 31,35% або 5,2 млн. тонн та перебуває на рівні 22,1 млн. тонн. У 2012-2013 МР в порівнянні з 2011-2012 МР прогнозується зменшення виробництва на 29,94 % або 6,62 млн. тонн. Посівні площі пшениці у 2012 році по відношенню до 2010 року збільшилася в розмірах на 6% .

Експорт культури у 2011-2012 МР в порівнянні з 2010-2011 МР зріс на 26,4% або 1,1 млн. тонн. Прогноз на 2012-2013 МР на 14,05% або 0,76 перевищує об'єми експорту в 2011-2012 МР, що свідчить про реалізацію Україною свого експортного потенціалу та посилення її позицій на світовому ринку пшениці. Також підвищився обсяг імпорту, але його обсяги залишаються не значними.

За 2012 рік внутрішні українські ціни на пшеницю зросли лише на 6% в порівнянні з 2011 роком. Середня ціна на пшеницю за серпень 2012 року в Україні (3 клас, EXW) склала 236 дол. т (1888 грн. т) [6].

Серед найпотужніших виробників пшениці доречно відзначити «Ілліч-Агро Донбас», «Зернопродукт», «Райз», «Нібулон», «Зоря Поділля» частка ринку яких перебуває в межах 1%.

В розрізі регіонів традиційно найкращі показники з вирощування пшениці демонструє Центральна Україна. Лідером з вирощування даної культури за

підсумками 2011-2012 МР визнана Полтавська область, на яку припадає 12% або 2,65 млн. тонн від сукупного обсягу виробництва пшениці в Україні. Друге місце за обсягами вирощування даної культури демонструє АР Крим з 10% або 2,21 млн. тонн від сукупного виробництва. На третьому місці в рейтингу областей Миколаївська і Донецька області, на які припадає по 7% або 1,55 млн. тонн всієї вирощеної пшениці. На Дніпропетровську, Запорізьку, Харківську та Одеську області вирощують по 6% або 1,33 млн. тонн загальноукраїнського виробництва пшениці.

Основними експортерами української пшениці є «Нібулон», «Кернел», «Топфер», «Хлібінвестбуд», «Нобле», «Серна», «Каргіл». Серед компаній першість з експорту пшениці в 2011-2012 МР здобула державна компанія «Хлібінвестбуд», на яку припадає 29% або 1,57 млн. тонн від сукупного експорту даної культури. На другому місці знаходиться «Нібулон» з суттєвим відривом від лідера, експортувавши минулого маркетингового року 9% або 0,5 млн. тонн пшениці. На компанії «Топфер» і «Кернел» припало по 8% або 0,43 млн. тонн від загальних поставок пшениці закордон. На вітчизняні компанії припало 66% або 3,59 млн. тонн українського експорту пшениці, міжнародні компанії експортували відповідно 34% або 1,84 млн. тонн пшениці.

Найбільшими імпортерами української пшениці за підсумками 2011-2012 МР визнані Туніс - 23% або 1,25 млн. тонн від сукупного експорту пшениці з України, Сирія - 20% або 1,09 млн. тонн, Кенія - 19% або 1,03 млн. тонн, Ізраїль - 17% або 0,92 млн. тонн і Іспанія - 10% або 0,54 млн. тонн.

Державне регулювання ринку пшениці в Україні є однією з передумов динамічного і стабільного його розвитку, як наслідок здобуття статусу надійного та потужного гравця на світовому ринку пшениці. Не зважаючи на досягнення українських виробників щодо реалізації експортного потенціалу, доречно зауважити, що на сьогоднішній день держава не відіграє стимулюючої ролі щодо зерновиробництва і поки не здатна ефективно реагувати на виклики глобальної економіки. Основними проблемами є:

- відсутність дієвого механізму державного регулювання ціноутворення на зернову продукцію, тобто держава повинна координувати та узгоджувати цінову політику на загальнонаціональному та світовому ринках;

- високий рівень кредитних ставок, так, наприклад, кредити в ЄС, які надаються аграрному сектору, коштують від 2 до 4 %, у США – 0 %, в Україні – до 25-30 % річних [5];

- недосконалість бюджетної підтримки галузі, державні агенти, такі як Аграрний фонд, Держрезерв, ДАК «Хліб України» ведуть нескоординовану діяльність на українському ринку пшениці. Також значно послаблює позиції експортерів пшениці заборгованість держави з відшкодування ПДВ.

Виходячи з проведеного моніторингу стану справ на внутрішньому і світовому ринках пшениці, на наш погляд, одним з найсуттєвіших факторів, які впливають на успішність реалізації експортного потенціалу національних підприємств-виробників пшениці є система державного регулювання зовнішньоекономічної діяльності на ринку зерна.

На підґрунті проаналізованих джерел сформовано рекомендації, які допоможуть підвищити ефективність реалізації експортного потенціалу національних підприємств за рахунок удосконалення державної системи регулювання зовнішньоекономічної діяльності на ринку зерна [7]:

1. Відмова від практики стихійного визначення об'єктів державного цінового регулювання, що створює ситуацію невизначеності та підвищує ризикованість

оперування на вітчизняних ринках зерна, а також зменшує потенційні прибутки національних експортерів. Для усунення негативної дії цього чинника потрібно запровадити систему оприлюднення переліку об'єктів державного цінового регулювання та рівень максимальних і мінімальних цін на зерно до періоду сівби з врахуванням факторів світового зернового ринку.

2. Запровадження обмежень експорту зерна тільки у виключних критичних обставинах, коли є нестача зерна на внутрішньому ринку та не спрацьовують економічні механізми регулювання.
3. Підвищення ефективності механізму моніторингу залишків, наявності і витрачання зерна на внутрішньому ринку. Цього можна досягти за рахунок постійного контролю, якісного правового регулювання та фінансового забезпечення, за наявності яких застосування нових технологій моніторингу дасть змогу підвищити точність інформування. Це дозволить зменшити невиправдане застосування квотування і митного регулювання по відношенню до експорту зерна.
4. Розробка і впровадження реальної та дієвої загальнодержавної економічної програми розвитку зернового сектору та ринку зерна, що дозволить використовувати такий визначальний для економічно розвинених країн важіль державного регулювання ринку зерна, як державне планування і програмування. Для цього необхідно системно розробити і задіяти стимули підвищення урожайності зерна, розвитку технології виробництва на інноваційній основі.
5. Підвищення ефективності державних економічних методів регулювання ринку за рахунок сприяння співпраці державних органів з міжнародними недержавними організаціями, зокрема з міжнародною асоціацією торгівлі зерном і кормами, міжнародною радою по зернових, організацією з питань продовольства та сільського господарства тощо;
6. Впровадження дієвої системи страхування ризиків, які виникають в процесі операційної діяльності сільськогосподарських підприємств. Це дозволить створити базу для розвитку потужностей підприємства, а також підвищити економічні гарантії за результати діяльності підприємства.
7. Запровадження державної підтримки аграрного сектору шляхом зниження кредитних ставок, як в державних так і комерційних банках, представлення можливості підприємствам закуповувати посівні та паливно-мастильні матеріали на пільговій основі, а також надання вигідного лізингу сільськогосподарської техніки на період посіву, обробки та збору урожаю.
8. Розробка спрощеної системи митно-тарифного регулювання для підприємств експортерів зерна, що дасть можливість підприємствам, які мають і наращують експортний потенціал успішно реалізувати його на зовнішніх ринках.

Впровадження запропонованих заходів щодо удосконалення системи державного регулювання зовнішньоекономічної діяльності на ринку зерна призведе до:

- покращення фінансового стану та виробничих потужностей національних підприємств;
- збільшення потоку інвестицій в аграрний сектор та спрощення можливості доступу до фінансових ресурсів;
- підвищення конкурентоспроможності українських підприємств на світових ринках;

- формування та реалізації експортного потенціалу національних товаровиробників, що збільшить потік валюти в країну та стимулюватиме ріст ВВП України.

## Висновки

Національні товаровиробники мають усі шанси для реалізації свого експортного потенціалу та здобуття стійких конкурентних переваг на зовнішніх ринках пшениці. Попит на світовому ринку пшениці демонструє тенденцію до збільшення, що стимулює зростання ціни на культуру. В таких умовах наявність потужних потенційних ресурсів України, як аграрної держави, дає можливість реалізації експортного потенціалу вітчизняним підприємствам на світовому ринку пшениці.

Основними перепонами для успішної реалізації експортного потенціалу національних товаровиробників пшениці є недостатня узгодженість та систематизованість законодавства України, відсутність дієвого механізму державного регулювання ціноутворення на пшеницю, високий рівень кредитних ставок і недосконалість бюджетної підтримки вітчизняних виробників, відсутність розвиненої та дієвої системи страхування ризиків, які виникають в процесі господарської діяльності аграріїв.

Тому в ситуації, що склалася ефективна реалізація експортного потенціалу національних виробників пшениці можлива лише за умови прозорої державної політики в аграрній сфері та всебічної підтримки вітчизняних підприємств.

## Література

1. Абсава Л. О. Експортний потенціал агропродовольчого комплексу в умовах глобалізації продовольчих ринків / *АгроСвіт*. – 2010. – № 16. – С. 17–24.
2. Березюк Ю. Б. Формування експортного агропродовольчого потенціалу регіону / *Економіка АПК*. – 2009. – № 10. – С. 123–126.
3. Супіханов, Б. К. Експорт-імпорт зернових культур в Україні / *Економіка АПК*. – 2009. – № 6. – С. 14–17.
4. Міністерство сільського господарства США (USDA): Аналіз ринку зернових [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://ukrselko.com/uploads/media/Ukrselko\\_Grain\\_Market](http://ukrselko.com/uploads/media/Ukrselko_Grain_Market)
5. Членство в СОТ: перспективи аграріїв / Урядовий кур'єр. – 2007. – № 223. – С. 5–6.
6. Пресслужба Аграрного Союзу України: інформаційний бюлетень незалежної експертної ради з питань цінової ситуації на аграрному ринку / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.aau.org.ua/gynky-ta-ciny/novini-rinkiv-1>
7. Сиченко В.В., Сиченко О.О. Державна підтримка та регулювання експорту зерна з України / [Електрон. ресурс] – Режим доступу: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/vdnuet/econ/2011\\_3/Sichenko.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/vdnuet/econ/2011_3/Sichenko.pdf)
8. Kobuta. Pricing Policy of the State Regarding Agribusiness Products in the Light of European Integration and Commitments to the WTO/Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Use of Natural Resources ("Economics, Agrarian Management and Business" Series) – 2010. – Vol. 154. Pp.172–180.
9. Rich Nelson. Wheat jumps as Ukraine exports fall / *Agriculture* – 2012. – Pp. 1–12.

## Reference

1. Absava L. O. (2010), Eksportnyi potentsial ahroprodovolchoho kompleksu v umovakh hlobalizatsii prodovolchychk rynkiv, *Agrosvit*, 16, pp. 17–24.
2. Bereziuk Yu. B. (2009), Formuvannia eksportnoho ahroprodovolchoho potentsialu rehionu, *Ekonomika APK*, 10, Pp. 123–126.



3. Supikhanov, B. K. (2009), Eksport-import zernovykh kultur v Ukraini, *Ekonomika APK*, 6, PP. 14–17.
4. Ministerstvo silskoho hospodarstva SShA (USDA): *Analiz rynku zernovykh*, available at: [http://ukrselko.com/uploads/media/UkrSelko\\_Grain\\_Market](http://ukrselko.com/uploads/media/UkrSelko_Grain_Market)
5. Chlenstvo v SOT: perspektyvy ahrariiv. (2007), *Uriadovyi kurier*, 223, pp. 5–6.
6. Pressluzhba Ahrarnoho Soiuzu Ukrainy: *informatsiyni biuleten nezaleznoi ekspertnoi rady z pytan tsinovoï sytuatsii na ahrarnomu rynku*, available at: <http://www.aau.org.ua/rynky-ta-ciny/novini-rinkiv-1>
7. Sychenko V.V, Sychenko O.O. (2011), *Derzhavna pidtrymka ta rehuliuвання eksportu zerna z Ukrainy*, available at: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc\\_gum/vdnuet/econ/2011\\_3/Sichenko.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/vdnuet/econ/2011_3/Sichenko.pdf)
8. Kobuta S. (2010), Pricing Policy of the State Regarding Agribusiness Products in the Light of European Integration and Commitments to the WTO, *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Use of Natural Resources ("Economics, Agrarian Management and Business" Series)*, 154, pp.172–180.
9. Rich Nelson. (2012), Wheat jumps as Ukraine exports fall, *Agriculture*, pp. 1–12.

## Анотації

### Харчові технології

#### Реологічні властивості ферментованого напою з ячмінного борошна

Росен Чочков, Валентіна Чонова, Станіміра Валова, Гроздан Караджов  
*Університет харчових технологій, Пловдив, Болгарія*

**Вступ.** Підвищується попит на продукти, багаті біологічно активними речовинами. Виникла необхідність заміни пшеничного борошна на інші види. Актуальним є використання ячмінного борошна для виробництва традиційного Болгарського ферментованого напою "Boza", який отримують з пшениці, проса, кукурудзи, рису, ячменю, вівса та інших видів борошна. Мета дослідження - визначення впливу часу варіння та бродіння на реологічні властивості напою "Boza" з ячмінного борошна.

**Матеріали і методи.** Досліджувався напій "Boza", за рецептурою УХТ (Пловдив, Болгарія). Вивчалися 12 зразків напою відповідно до ферментації 12, 24, 36 год, і при часі бродіння 15, 30, 45, 60 хв. Використано аналітичний стандартний метод визначення в'язкості на ротаційному віскозиметрі "Reotest 2.1".

**Результати.** Зі збільшенням градієнта швидкості, в'язкість всіх зразків зменшилася. Всі ферментовані напої з ячмінного борошна мають псевдопластичні властивості. При збільшенні часу варіння збільшується в'язкість, і консистенція стає щільнішою. Час ферментації не має суттєвого впливу на в'язкість напою. Результати досліджень можуть бути використані для визначення часу варіння та ферментації, та при розробці технології напоїв з ячмінного борошна.

**Ключові слова:** бродіння, напій, в'язкість, ячмінь, борошно, боза.

#### Екстракція в апараті Сокслета і характеристика природних сполук з промислових відходів грецького горіха (*Juglans regia L.*)

Крістіна Попович  
*Технічний університет Молдови, м. Кишиневу,  
факультет технології та менеджменту харчової промисловості*

**Вступ.** Листя, зелена шкірка і мембранна перетинка волоського горіха – це сільськогосподарські і лісові відходи, що утворюються в результаті збирання врожаю грецького горіха, і можуть бути використані як цінне джерело натуральних (природних) з'єднань з антиоксидантними властивостями. Ефективність екстракції біоактивних сполук (поліфенолів) з рослинної сировини знаходиться в прямій залежності від методу екстракції.

**Матеріали і методи.** Поліфенольні сполуки екстрагували в апараті Сокслета. Розчинник - водно-спиртові суміші різної концентрації. У екстрактах оцінювали здатність зв'язування вільних радикалів за допомогою антиоксидантної системи аналізу. Загальний вміст поліфенольних сполук визначали за допомогою реактиву Фолін-Чокалеу, оцінюючи їх внесок у антиоксидантну активність екстрактів.

Здатність зв'язування вільних радикалів екстрактами, а також кінетичні криві інгібування вільних радикалів проводили за допомогою стабільного вільного радикала 2,2 дифеніл-1-пікрілгідразила (ДФПГ). Проведено аналіз УФ спектрів екстрактів.

**Результати та обговорення.** Оптимальний розчинник при екстракції антиоксидантів з листя горіха - 70 %, а з шкірки 30% суміш води і етанолу відповідно. Екстракти, отримані з листя волоського горіха, шкірки і мембранної перегородки, отримані шляхом Soxhlete - екстракції, володіють значною кількістю фенолів і значною активність сполук радикалів по відношенню до стабільних ДФПГ вільних радикалів.

**Висновок.** Екстракти листя, зеленої шкірки і мембранних перетинок грецького горіха, промислових відходів переробки горіха, можуть бути використані як економічні джерела природних антиоксидантів для харчової, косметичної та фармацевтичної промисловості.

**Ключові слова:** *відходи, грецький горіх, екстракція, Соклет, Фолін-Чокалтеу, ДФПГ, УФ спектр.*

### Вплив параметрів довкілля на сушіння зерна

Ігор Гапонюк

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** При обробці зерна 85 % енергії витрачається на його сушіння. Актуальним питанням є зменшення енерговитрат та підвищення продуктивності сушильних агрегатів. Коефіцієнт корисного використання теплоти в сушарках змінюється від 0,3 до 0,7. Параметри довкілля впродовж періоду сушіння змінюються: температура повітря від -10 до + 45 °С, а його вологовміст – від 2 до 16 г/кг. Змінюються і параметри шару зерна. Це суттєво впливає на режими і енергоємність сушіння.

**Матеріали і методи.** Експериментальні дослідження виконані на діючій зерносушильній установці ДСП-32от.

**Результати.** Визначено вплив параметрів довкілля на сушіння зерна і обґрунтовано рекомендації щодо удосконалення режимів сушіння з урахуванням сезонного характеру роботи сушарок. Для різних завдань з якості сушіння, питомих енерговитрат сушіння, швидкості сушіння та забезпечення екологічних вимог, нами обґрунтовано індивідуальні режими і способи сушіння. Запропоновані технологічні рішення забезпечують менші енерговитрати на 25 – 35 %, більшу продуктивність на 35 – 45 %, та менші викиди у довкілля забруднюючих речовин на 40 – 60 %. Розроблені технології апробовані у виробничих умовах на шахтних сушильних агрегатах.

**Висновки.** Зменшено енерговитрати на сушіння зерна за рахунок збільшення потенціалу відпрацьованих газів. Результати досліджень рекомендовано використовувати при проектуванні та визначенні режимів роботи шахтних сушильних агрегатів.

**Ключові слова:** *зерно, вологість, енергія, шпаруватість, вологообмін.*

## Зміни показників якості безглютенового хліба при зберіганні

Віра Дробот, Анна Грищенко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Головну роль у процесі черствіння відіграє ретроградація крохмалю борошна і трансформація денатурованих білків клейковини, які поступово втрачають вологу при зберіганні. Сповільнюють черствіння білки, які втрачають вологу в 5-7 разів повільніше ніж крохмаль. Через відсутність даних актуально дослідити черствіння безглютенових хлібних виробів.

**Матеріали і методи.** Досліджувались безглютенові хлібні вироби з суміші крохмалів, з доданням рисового, кукурудзяного та гречаного борошна протягом 48 годин зберігання. Ступінь черствіння визначали досліджуючи кришкуватість м'якушки, її водопоглинальну здатність, вміст водорозчинних речовин. Структурно-механічні властивості оцінювали за величиною зміни загальної деформації м'якушки. Кількість води з різними формами зв'язку визначали термогравіметричним методом.

**Результати.** Протягом перших 24 годин зберігання найшвидше втрачає свіжість хліб з крохмалю, що в значній мірі зумовлено усиханням. Відмічено різке збільшення жорсткості м'якушки після 24 годин зберігання для всіх видів виробів. Погіршення структурно-механічних властивостей м'якушки супроводжується підвищенням кришкуватості м'якушки, особливо для виробів, що містять кукурудзяне борошно. Борошно круп'яних культур незначно затримує процес черствіння, порівняно з хлібом, виготовленим з крохмалю.

**Висновки.** Результати можуть бути застосовані для встановлення терміну зберігання безглютенових хлібобулочних виробів та пошуку шляхів його подовження.

**Ключові слова:** *целиакія, безглютеновий хліб, черствіння.*

## Властивості модифікованого крохмалю

Оксана Мельник, Ірина Довгун

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Фізичне, хімічне та біохімічне оброблення дозволяють отримати різні види модифікованого крохмалю, властивості яких суттєво відрізняються від нативного. Мета роботи – визначити та порівняти властивості фізично та хімічно обробленого картопляного і нативного крохмалів.

**Матеріали і методи.** Досліджено 6 видів модифікованого крохмалю. Драглеутворювальну здатність крохмалю визначали методом заварювання крохмального клейстеру високої концентрації. Ступінь кристалічності визначали за методом Метьоза.

**Результати.** Після модифікації температура клейстеризації зменшується, змінюється тривалість утворення клейстеру. Модифіковані крохмалі драглю не утворюють, а їхні клейстери мають різні органолептичні показники і можуть направлено застосовуватися у виробництві різних харчових продуктів. За рахунок оброблення крохмалю змінюється співвідношення кристалічної та аморфної фаз, та здатність до засвоєння людським організмом.

**Висновки.** Модифікація крохмалю призводить до утворення нових властивостей і розширює можливості його використання. Рекомендуємо використовувати конкретні види модифікованих крохмалів для виробництва киселю, гелів, приправ та соусів, начинок, пудингів.

**Ключові слова:** *модифікація, крохмаль, кристалічність, клейстер.*

### **Розробка технології хлібних виробів, збагачених йодовмісними препаратами**

Єлена Соловйова<sup>1</sup>, Татьяна Батракова<sup>1</sup>, Олексій Губеня<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Філія Московського державного університету технології та управління ім. К.Г. Розумовського в м. Мелеуз, Республіка Башкортостан.*

<sup>2</sup>*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Зміна раціону людини підвищує роль хліба. Перспективним є створення хлібних виробів спеціального призначення, які мають лікувальні або профілактично властивості, завдяки введенню в рецептуру йодовмісних препаратів.

**Матеріали і методи.** Критерії збагачення хліба вибрані на підставі медико-біологічних, технологічних та економічних аспектів. Визначення вмісту йоду проводили стандартними методами.

**Результати.** Доцільно вносити БАД «Фітойод» у кількості 0,0001 кг на 100 кг борошна при приготуванні хліба з пшеничного борошна. Науково обгрунтовано застосування БАД «Фітойод» для збагачення хліба, призначеного для профілактики захворювань, пов'язаних з йододефіцитом. Досліджено хімічний склад, технологічні властивості БАД «Фітойод», що дозволяють науково обгрунтувати дози її використання при виробництві хліба. Виявлено вплив БАД «Фітойод» на процеси дозрівання тіста і якість готових виробів, залежно від різних технологічних факторів: дозування, складу рецептури і способу приготування тіста.

**Висновки.** Науково обгрунтовано застосування БАД «Фітойод» для нового виду хлібного виробу, збагаченого фізіологічно функціональними харчовими інгредієнтами, призначеного для профілактики захворювань, пов'язаних з йододефіцитом. Результати є особливо актуальними для організації промислового виробництва хліба в Республіці Башкортостан.

**Ключові слова:** *йод, хліб, Башкортостан.*

## **Біотехнологія, мікробіологія**

### **Ефективність дії комбінованих дезінфектантів**

Наталія Грегірчак, Тетяна Лупина, Тетяна Мордич

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Існує велика кількість дезінфікуючих засобів, багато з них мають недоліки: токсична дія на організм людини, руйнівна дія на матеріали, набуття мікроорганізмами резистентності. Перспективною групою дезінфектантів є

полігексаметиленгуанідини (ПГМГ). Для підвищення їх ефективності запропоновано створити нові комбіновані біоцидні засоби на основі ПГМГ з  $H_2O_2$  та  $(NH_4)_2S_2O_8$  і дослідити їх антимікробні властивості.

**Матеріали і методи.** З метою вивчення антимікробних властивостей проводили визначення мінімальних інгібуючих та біоцидних концентрацій створених розчинів за стандартною методикою серійних послідовних розведень.

**Результати.** Встановлено антимікробну дію дезінфікуючих засобів на основі солей полігексаметиленгуанідину у комбінаціях з перекисом водню та персульфатом амонію. Вивчено ефективність дії препаратів щодо тест-культур мікроорганізмів різних груп (*Escherichia coli* IEM-1, *Bacillus subtilis* BT-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* P-3). Проведено порівняльну оцінку комбінованих біоцидів на основі ПГМГ,  $(NH_4)_2S_2O_8$  та  $H_2O_2$  на бактеріальну, грибку мікрофлору і встановлено мінімальні інгібуючі і біоцидні концентрації цих препаратів.

**Висновки.** Отримані результати свідчать про доцільність використання створених комбінованих дезінфікуючих засобів і дозволяють обрати ефективні концентрації, в залежності від мікробного забруднення, але не менше ніж 75 мкг/мл.

**Ключові слова:** *полігексаметиленгуанідин, дезінфектант, мікроорганізм, біоцид.*

### Ліпосоми як засоби адресної доставки лікарських засобів

Інна Лич, Ірина Волошина, Анастасія Пекло  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Лікарські засоби часто погано засвоюються в організмі, оскільки імунна система організму запобігає поширенню зовнішніх патогенів. Нанотехнології дозволяють протистояти цьому на молекулярному рівні та збільшити ефективність лікування.

Ліпосоми, як наночастинки виконують функцію доставки лікарського засобу до органу-мішені. Вони мають порожнинний простір, який може бути заповнений будь-якими речовинами – антибіотиками, гормонами, ферментами, вітамінами, вакцинами, речовинами метаболічної дії тощо. Ліпосоми в порівнянні з іншими лікарськими формами мають переваги: унікальна здатність доставки лікарського препарату в клітину, біосумісність, відсутність алергічних реакцій, біодоступність тощо. Ліпосоми як носії лікарських засобів дозволяють підвищити селективність їх дії і знизити токсичність.

Застосування ліпосом актуально при лікуванні ряду важко виліковних захворювань, злоякісних утворень і внутрішньоклітинних інфекцій, коли оптимізація біорозподілу сильнодіючих препаратів є вирішальним фактором для підвищення їх ефективності і покращення якості життя пацієнта.

**Ключові слова:** *наночастинки, ліпосоми, імуноліпосоми, антибіотик.*

**Дослідження дії комбінованого дезінфікуючого препарату в умовах наближених до практичного застосування**

Тетяна Мордич

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Велика кількість дезінфікуючих розчинів на ринку України є не досить ефективними та не відповідають існуючим вимогам. Одними з найперспективніших сполук, що мають антимікробні властивості є полігексаметиленгуанідини (ПГМГ).

**Матеріали та методи.** Для визначення ефективності дії розчинів у виробничих умовах використовували комбінований розчин ПГМГ та перекису водню, 0,5 % розчин ПГМГ та 3 % розчин перекису водню. Обробку ділянок різного матеріалу проводили після попереднього нанесення тест-культур, концентрацією до 102 КУО/мл. Аналіз дії досліджуваних розчинів на оброблених поверхнях проводили методом змиву через певні проміжки часу.

**Результати.** Дослідження ефективності комбінованого препарату при обробці кахелю показало, що препарат володіє високим бактеріостатичним ефектом тривалий час. Найкраще діє на грибку мікрофлору 0,5 % розчин ПГМГ. Дослідження дезінфікуючих властивостей препаратів на дерев'яній поверхні показали, що найкращу біоцидну дію має комбінований розчин. Високу ефективність дії до тест-культур показав комбінований розчин та 0,5 % розчин ПГМГ на керамічній поверхні.

**Висновки.** Комбінований препарат на основі ПГМГ та перекису водню є ефективним проти бактеріальної та грибною мікрофлори. Найкраща дія розчину виявляється при обробці дерев'яної поверхні. Розчин на основі ПГМГ здатний утворювати на оброблюваній поверхні тонку біоцидну плівку.

**Ключові слова:** *дезінфекція, полігексаметиленгуанідин, біоцид, пролонгованість.*

## **Процеси та обладнання харчових виробництв**

### **Моделювання процесу стискання сокостружкової суміші в дифузійних апаратах**

Дмитро Люлька, Микола Пушанко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Проаналізовано розподіл тисків в сокостружковій суміші та рівняння для визначення коефіцієнта фільтрації під дією стискаючих зусиль, що переміщують тверду фазу.

**Матеріали і методи.** Досліджували сокостружкову суміш в промислових дифузійних апаратах, яка являє собою двофазну систему. Вона складається з бурякової стружки та соку і характеризується величиною питомого наповнення стружкою об'єму дифузійного простору.

**Результати.** Вирішено крайову задачу ущільнення шару сокостружкової суміші, яка дає можливість виявити вплив цілого ряду факторів на процес розподілу тиску в шарі і процес фільтрації соку через шар стружки та отримано закон зміни тиску від часу для будь-якого фіксованого перерізу шару, а також закон зміни тиску по висоті

шару для будь-якого фіксованого проміжку часу. Рівняння описують зміну параметрів, що характеризують стан сокостружкової суміші на різних етапах її перебування в апаратах. Розподіл тисків в сокостружковій суміші під дією робочих органів транспортних систем в апаратах різних типів впливає на фільтраційну здатність шару стружки і відповідно формує температурні поля в апаратах, оскільки в більшості з них нагрівання стружки відбувається за рахунок передачі тепла стружці від нагрітого соку.

**Висновки.** Результати рекомендовано застосовувати при розробленні нових та модернізації існуючих транспортних систем дифузійних апаратів і установок.

**Ключові слова:** *дифузія, стружка, сік, тиск, фільтрація.*

### **Вплив способів та режимів сушіння на зміну мікроструктури рослинної сировини**

Віталій Шутюк

*Національний університет харчових технологій Київ, Україна*

**Вступ.** Дослідження кінетики сушіння одночасно зі зміною мікроструктури продукту дозволяє більш якісно зміну фізичних і біологічних властивостей продукту.

**Матеріали та методи.** Досліджувались яблука сорту Симиренко та морква сорту Абако. Конвективне сушіння проводили в сушильній шафі DNG-9035A. Температура сушильного агента  $65 \pm 2$  °C, потужність мікрохвильового поля – 250 Вт. Мікроструктура сировини визначена на мікроскопі Konus Biogex-3 з величиною збільшення 40...100. Мікрофотографії виконані фотокамерою Sigeta UCMOS 5100 5.1MP.

**Результати.** Зроблено аналіз сучасних досліджень зміни мікроструктури під час сушіння рослинної сировини найбільш поширеними способами зневоднення в лабораторних умовах. Визначено зміну мікроструктури яблучних вичавок і моркви під час сушіння конвективним і мікрохвильовим способами. При конвективному сушінні тканина просушується більш нерівномірно на відміну сушіння токами високої частоти. Використання виключно мікрохвильового сушіння для яблучних вичавок і моркви значно скорочує тривалість процесу, але якість отриманої продукції погіршується за рахунок часткового обвуглювання тканин. Отримані результати дозволяють скоротити кількість експериментальних досліджень для оптимізації процесу.

**Ключові слова:** *сушіння, мікроструктура, яблучні вичавки, морква.*

### **Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів**

Євген Харченко, Євген Дмитрук, Андрій Шаран  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Актуальність визначення аеродинамічного опору нетканих фільтрувальних матеріалів полягає у необхідності розробки методик розрахунків фільтрів аспіраційних і пневмотранспортних установок.



**Матеріали і методи.** Досліджено 24 нетканих фільтрувальних матеріали. Аеродинамічний опір вивчали шляхом просмоктування повітря і вимірювання їх аеродинамічного опору із наступною математичною обробкою експериментальних даних.

**Результати.** Фільтрувальні матеріали мають лінійний характер аеродинамічного опору від питомого навантаження повітря на фільтрувальну поверхню. Неткані фільтрувальні матеріали можуть мати різні аеродинамічні характеристики і навпаки фільтрувальні матеріали різної щільності можуть мати однакові аеродинамічні характеристики. Аеродинамічний опір матеріалів суттєво не залежить від їх щільності. Основна характеристика нетканих фільтрувальних матеріалів, що впливає на аеродинамічний опір є повітропроникність. Виведено математичну залежність для розрахунків аеродинамічного опору нетканих фільтрувальних матеріалів, яка враховує повітропроникність матеріалів. Результати досліджень рекомендуємо використовувати для розрахунків фільтрів-циклонів при проектуванні аспіраційних і пневмотранспортних установок.

**Ключові слова:** *фільтр, повітропроникність, аеродинаміка, опір, зерно.*

## Безпека життєдіяльності

### Аналіз вибухонебезпечних ситуацій на підприємствах харчової промисловості

Наталія Володченкова<sup>1</sup>, Олександр Хіврич<sup>1</sup>, Олег Левченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

<sup>2</sup> *Інститут електрозварювання ім. С. О. Патона НАН України*

**Вступ.** Вибухи і пожежі є причинами руйнування й пошкодження будівель, та обладнання, а наслідки – це травмування та загибель виробничого персоналу харчових підприємств.

**Матеріали і методи.** Аналіз виконувався по підприємствам зберігання і переробки зерна, зернових культур, борошна та іншої сировини. Аналізувалися статистичні дані та сучасна наукова література.

**Результати.** Проаналізовано: технологічні процеси, обладнання та структурні елементи харчових підприємств. Встановлено ризики виникнення аварій (аварійних ситуацій) на підприємствах харчової промисловості залежно від специфіки функціонування. Обґрунтовано можливі небезпеки виникнення вибухонебезпечних ситуацій. Результати рекомендуємо застосувати при розробці заходів щодо підвищення безпеки умов праці та попередження виникнення аварій (аварійних ситуацій).

**Ключові слова:** *аварія, пил, вибух, зерно, борошно, охорона праці.*

## Економіка та управління

### Ефективність діяльності в системі стратегічних показників молокопереробних підприємств

Лариса Протасова, Анатолій Щехорський

*Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, Україна*

Розкрито особливості формування системи стратегічних показників. Розглянута методика розрахунку інтегрального показника ефективності діяльності молокопереробних підприємств, що розроблена з використанням методу головних компонент. Підбір показників ефективності для розрахунку інтегрального індексу здійснено в розрізі груп збалансованої системи показників: «Фінанси», «Клієнти», «Бізнес-процеси», «Персонал». При цьому показники ефективності, що включені до групи «Бізнес-процеси» підібрані в розрізі етапів ланцюга створення вартості молокопереробними підприємствами. Інтегральний показник ефективності діяльності молокопереробних підприємств використовується в якості «стратегічного орієнтира», що спрямовуватиме управлінський персонал при визначенні цілей, обґрунтуванні вибору оптимальної стратегії розвитку з-поміж альтернативних та напрямів її реалізації, оцінці досягнутих результатів. Важливість такого підходу обумовлена тим, що багатогранність запропонованих аналітичних досліджень внутрішнього і зовнішнього середовища та складність інтерпретації отриманих результатів, що є базисом вибору напряму розвитку підприємства, визначення стратегічних цілей, формулювання стратегічних альтернатив, ускладнює процес планування.

**Ключові слова:** *стратегія, ефективність, молоко, підприємство.*

### Застосування функцій для математичного моделювання перехідних процесів

Ганна Сергеева, Тетяна Зінченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Для математичного моделювання технологічних процесів актуальним є використання нелінійних функцій спеціального характеру. Якщо за сукупністю статистичних даних необхідно одержати математичну модель певного змінного процесу, то якість моделі суттєво залежить від обраної форми функції, невідомі параметри якої можна оцінити методом найменших квадратів.

**Матеріали і методи.** Застосовані методи математичного моделювання.

**Результати.** Пропонуються функції, перетворення яких дозволяють отримати лінійні залежності відносно елементарних функцій невідомих параметрів. Розглядаються нелінійні функції, за допомогою яких можна описати монотонно зростаючий чи монотонно спадний характер залежності якісної ознаки досліджуваного процесу від змінного фактору, у тому числі такі, що мають точку зміни характеру опуклості (точку перегину). Показано способи розрахунку параметрів таких функцій за допомогою методу найменших квадратів, якщо для  $n$  дискретних значень величини  $x$  одержано відповідні їм  $n$  значень величини  $y$ .

Проведено порівняльний аналіз якості наближення функціональної аналітичної залежності результуючої величини у від змінної величини  $x$  функціями різних типів.

**Ключові слова:** статистика, найменші квадрати, модель, нелінійність, експонента.

### Реалізація експортного потенціалу національних аграрних підприємств

Богдан Коваль, Оксана П'янкова

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Одним з пріоритетних напрямків розвитку та представлення України на світовій арені є аграрна сфера. Актуальність дослідження обумовлюється тим, що в сучасних умовах глобального розвитку світової економіки ефективне управління реалізацією експортного потенціалу вітчизняних підприємств є одним з ключових факторів успішного функціонування національного господарства та розвитку конкурентних переваг на зовнішніх ринках.

**Матеріали і методи.** При дослідженні питання використовувались наступні методи: теоретичне узагальнення та порівняння, системний підхід, структурний аналіз.

**Результати.** Проаналізовано домінуючі тенденції на внутрішньому та світовому ринках пшениці та визначено головні проблеми реалізації експортного потенціалу національних аграрних підприємств. Визначено основних гравців на ринку пшениці. Розроблено напрями підвищення ефективності системи управління реалізацією експортного потенціалу вітчизняних підприємств.

Результати рекомендовано використовувати при розгляді можливості виходу вітчизняних підприємств на зовнішні ринки.

**Ключові слова:** потенціал, експорт, пшениця.

## Аннотации

### Пищевые технологии

#### Реологические свойства ферментированного напитка из ячменной муки

Росен Чочков, Валентин Чонова, Станимира Валова, Гроздан Караджов  
*Университет пищевых технологий, Пловдив, Болгария*

**Введение.** Повышается спрос на продукты, богатые биологически активными веществами. Возникла необходимость замены пшеничной муки на другие виды. Актуальным является использование ячменной муки для производства традиционного Болгарского ферментированного напитка "Boza", который получают из пшеницы, проса, кукурузы, риса, ячменя, овса и других видов муки. Цель исследования - определение влияния времени варки и брожения на реологические свойства напитка "Boza" из ячменной муки.

**Материалы и методы.** Исследовался напиток "Boza", по рецептуре УХТ (Пловдив, Болгария). Изучались 12 образцов напитка 12, 24 и 36 часов до ферментации, и при времени брожения 15, 30, 45, 60 мин. Использован аналитический стандартный метод определения вязкости на ротационном вискозиметре "Reotest 2.1".

**Результаты.** С увеличением градиента скорости, вязкость всех образцов уменьшилась. Все ферментированные напитки из ячменной муки проявляют псевдопластические свойства. При увеличении времени варки увеличивается вязкость и консистенция становится плотнее. Время ферментации не имеет существенного влияния на вязкость напитка.

Результаты исследований могут быть использованы для определения времени варки и ферментации, и при разработке технологии напитков из ячменной муки.

**Ключевые слова:** ферментация, напиток, вязкость, ячмень, мука, боза

#### Экстракция в аппарате Сокслета и характеристика природных соединений из промышленных отходов грецкого ореха (*Juglans regia* L.)

Кристина Попович  
*Технический университет Молдовы, г. Кишинёв  
факультет технологии и менеджмента пищевой промышленности*

**Введение.** Листья, зеленая кожа и мембранная перепонка (древесная перепонка) грецкого ореха представляют собой сельскохозяйственные и лесные отходы, образующиеся в результате сбора урожая грецкого ореха, и могут быть использованы в качестве ценного источника натуральных (природных) соединений с антиоксидантными свойствами. Эффективность экстракции биоактивных соединений (полифенолов) из растительного сырья находится в прямой зависимости от метода экстракции.

**Материалы и методы.** Полифенольные соединения экстрагировано в аппарате Сокслета. Растворитель - водно-спиртовые смеси различной концентрации. В экстрактах оценивали способность связывания свободных радикалов при помощи антиоксидантной системы анализа. Содержание полифенольных соединений определяли при помощи реактива Фолин-Чокалеу, оценивая их вклад в антиоксидантную активность исследуемых экстрактов. Способность связывания свободных радикалов исследуемыми экстрактами, а также кинетические кривые ингибирования свободных радикалов проводили при помощи стабильного свободного радикала 2,2 дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ). Проведен анализ УФ спектров экстрактов.

**Результаты и обсуждение.** Оптимальный растворитель при экстракции антиоксидантов из листьев грецкого ореха - 70%, а из кожуры 30 % смесь воды и этанола соответственно. Экстракты, полученные из листьев грецкого ореха, кожуры и мембранной перегородки, полученные путем Soxhlete-экстракции, обладают значительным количеством фенолов и значительной активностью соединений радикалов по отношению к стабильным ДФПГ свободным радикалам.

**Вывод.** Экстракты листьев, зеленой кожуры и мембранных перепонок грецкого ореха, промышленных отходов переработки грецкого ореха, могут быть использованы как экономичные источники природных антиоксидантов для пищевой, косметической и фармацевтической промышленности.

**Ключевые слова:** *отходы, грецкий орех, экстракция, Соклет, Фолин-Чокалеу, ДФПГ, УФ спектры.*

### Влияния параметров окружающей среды на сушку зерна

Игор Гапонюк

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** При обработке зерна 85% энергии тратится на его сушку. Актуальным является уменьшение энергопотребления и увеличения производительности сушильных агрегатов. Коэффициент полезного использования теплоты в сушилках изменяется от 0,3 до 0,7. Параметры окружающей среды в период сушения изменяются: температура воздуха от -10 до + 45 °С, а его влагосодержание – от 2 до 16 г/кг. Меняются и параметры слоя зерна. Это существенно влияет на режимы и энергоемкость сушки.

**Материалы и методы.** Исследования проведены на действующей зерносушильной установке ДСП-32от.

**Результаты.** Определено влияние параметров окружающей среды на сушку зерна и обоснованы рекомендации относительно усовершенствования режимов сушки с учетом сезонного характера работы сушилок. Для разных заданий из качества сушки, удельных энергозатрат сушки, скорости сушки и обеспечения экологических требований нами обоснованы индивидуальные режимы и способы сушки. Предложенные технологические решения обеспечивают меньшие энергозатраты на 25 - 35 %, большую производительность на 35 - 45 %, и меньшие выбросы в окружающую среду загрязняющих веществ на 40 - 60 %. Разработанные технологии апробированы в производственных условиях на шахтных сушильных агрегатах.

**Выводы.** Уменьшено энергопотребления при сушке зерна за счёт увеличения потенциала отработанных газов. Результаты исследований рекомендовано использовать при проектировании и определении режимов работы шахтных сушильных установок.

**Ключевые слова:** *зерно, влажность, энергия, скважистость, диффузия, влагообмен.*

### **Изменение показателей качества безглютенового хлеба при хранении**

Вера Дробот, Анна Грищенко

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Главную роль в процессе черствения хлеба играет ретроградация крахмала муки и трансформация денатурированных белков клейковины, которые постепенно теряют влагу при хранении. Замедляющие черствение белки теряют влагу в 5-7 раз медленнее крахмала. Из-за отсутствия данных актуально исследовать черствение безглютеновых хлебных изделий.

**Материалы и методы.** Исследовались безглютеновые хлебные изделия из смеси крахмалов, с добавлением рисовой, кукурузной и гречневой муки в течение 48 часов хранения. Степень черствения определяли, исследуя крошковатость мякиша, его водопоглощительную способность, содержание водорастворимых веществ. Структурно-механические свойства оценивали по изменению общей деформации мякиша. Количество воды с различными формами связи определяли термогравиметрическим методом.

**Результаты.** Первые 24 часа хранения быстро теряет свежесть хлеб из крахмала, что в значительной степени обусловлено усыханием. Отмечено резкое увеличение жесткости мякиша после 24 часов хранения для всех видов изделий. Ухудшение структурно-механических свойств мякиша сопровождается повышением крошковатости мякиша, особенно для изделий, содержащих кукурузную муку. Мука крупяных культур незначительно задерживает процесс черствения по сравнению с хлебом, изготовленным из крахмала. Результаты могут быть использованы для установления срока хранения безглютеновых хлебобулочных изделий и поиска путей его продления.

**Ключевые слова:** *целиакция, глютен, хлеб, черствение.*

### **Свойства модифицированных крахмалов**

Оксана Мельник, Ирина Довгун

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Физическая, химическая и биологическая обработка позволяют получить разные виды модифицированных крахмалов, свойства которых отличаются от нативного. Цель работы – определить и сравнить свойства физически и химически обработанного картофельного и нативного крахмалов.

**Материалы и методы.** Исследовано 6 видов модифицированного крахмала. Студнеобразующую способность крахмала определяли методом заваривания

крахмального клейстера высокой концентрации. Степень кристалличности определяли методом Метьюза.

**Результаты.** После модификации температура клейстера уменьшается, изменяется время образования клейстера. Модифицированные крахмалы не образуют студень, а их клейстеры имеют разные органолептические показатели и могут направлено использоваться в производстве разных пищевых продуктов. За счет обработки крахмала изменились соотношение кристаллической и аморфной фаз, и усвояемость крахмала человеческим организмом.

**Выводы.** Модификация крахмала приводит к образованию новых свойств и расширяет возможности его использования. Рекомендовано использовать определённые виды модифицированных крахмалов при производстве киселя, для кондитерских гелей, приправ и соусов, начинок, пудингов.

**Ключевые слова:** модификация, крахмал, кристалличность, клейстер.

### Разработка технологии хлебных изделий обогащенных йодосодержащими препаратами

Елена Соловьёва<sup>1</sup>, Татьяна Батракова<sup>1</sup>, Олексий Губеня<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» в г. Мелеузе, Республика Башкортостан

<sup>2</sup>Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина

**Введение.** Изменение рациона человека повышает роль хлеба. Перспективным является создание хлебных изделий специального назначения, которые имеют лечебные или профилактические свойства, благодаря введению в рецептуру йодсодержащих препаратов.

**Материалы и методы.** Критерии обогащения хлеба выбраны на основании медико-биологических, технологических и экономических аспектов. Определение содержания йода проводили стандартными методами.

**Результаты.** Целесообразно вносить БАД «Фитойод» в количестве 0,0001 кг на 100 кг муки при приготовлении хлеба из пшеничной муки. Научно обосновано применение БАД «Фитойод» для обогащения хлеба предназначенного для профилактики заболеваний связанных с йододефицитом. Исследован химический состав, технологические свойства БАД «Фитойод», позволяющие научно обосновать дозы ее использования при производстве хлеба. Выявлено влияние БАД «Фитойод» на процессы созревания теста и качество готовых изделий в зависимости от различных технологических факторов: дозировки БАД «Фитойод», состава рецептуры и способа приготовления теста.

**Выводы.** Научно обосновано применение БАД «Фитойод» для нового вида хлебного изделия, обогащенного физиологически функциональными пищевыми ингредиентами, предназначенного для профилактики заболеваний связанных с йододефицитом. Результаты являются особо актуальными для организации промышленного производства хлеба в Республике Башкортостан

**Ключевые слова:** йод, хлеб, Башкортостан

## Биотехнология, микробиология

### Эффективность действия природных дезинфектантов

Наталья Грегирчак, Татьяна Лупына, Татьяна Мордыч  
*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Существует большое количество дезинфицирующих средств, многие из них обладают такими недостатками, как токсическое действие на организм человека, разрушительное действие на материалы, приобретение микроорганизмами резистентности. Перспективной группой дезинфектантов являются полигексаметиленгуанидины (ПГМГ). Для повышения их эффективности предложено создать новые комбинированные биоцидные средства на основе ПГМГ с  $H_2O_2$  и  $(NH_4)_2S_2O_8$  а также исследовать их антимикробные свойства.

**Материалы и методы.** С целью изучения антимикробных свойств проводили определение минимальных и биоцидных концентраций созданных растворов по стандартной методике серийных последовательных разведений.

**Результаты.** Установлено антимикробное действие дезинфицирующих средств на основе солей полигексаметиленгуанидина в комбинациях с перекисью водорода и персульфатом аммония. Изучена эффективность действия препаратов по отношению к тест-культурам микроорганизмов различных групп (*Escherichia coli* ИЭМ-1, *Bacillus subtilis* ВТ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Candida albicans* D-6, *Aspergillus niger* P-3). Проведена сравнительная оценка комбинированных биоцидов на основе ПГМГ,  $(NH_4)_2S_2O_8$  и  $H_2O_2$  на бактериальную, грибную микрофлору и установлены минимальные ингибирующие и биоцидные концентрации этих препаратов.

**Выводы.** Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования созданных комбинированных средств и позволяют выбрать эффективные концентрации, в зависимости от микробного загрязнения, но не менее 75 мкг/мл.

**Ключевые слова:** полигексаметиленгуанидин, дезинфектант, микроорганизм, биоцид.

### Липосомы как средства адресной доставки лекарственных средств

Инна Лыч, Ирина Волошина, Анастасия Пекло  
*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

Лекарственные средства часто плохо усваиваются в организме, потому что иммунная система защищает организм от попадания внешних патогенов. Нанотехнологии позволяют противостоять этому на молекулярном уровне и, в тоже время, увеличивать эффективность лечения.

Липосомы, как наночастицы выполняют функцию доставки лекарственного средства к органу-мишени. Липосомы имеют пустое пространство, которое может быть заполнено любыми веществами – антибиотиками, гормонами, ферментами, витаминами, вакцинами, веществами метаболического действия и др. Липосомы по сравнению с другими лечебными формами имеют большое количество преимуществ:



уникальная способность доставки лекарственного препарата в клетку, биосовместимость, отсутствие аллергических реакций, биодоступность и др. Применение липосом актуально при лечении ряда трудноизлечимых заболеваний, в частности, злокачественных новообразований и внутриклеточных инфекций, когда оптимизация биораспределения сильнодействующих препаратов это решающий фактор для повышения их эффективности и улучшения качества жизни пациента.

**Ключевые слова:** *наночастица, липосома, иммунолипосома, антибиотик*

### **Исследование действия комбинированного дезинфицирующего препарата в условиях приближенных к практическому применению**

*Татьяна Мордыч*

Национальный университет пищевых технологий

**Введение.** Большое количество дезинфицирующих растворов на рынке Украины не являются достаточно эффективными и не отвечают существующим требованиям. Одними из перспективных соединений, обладающих антимикробными свойствами является полигексаметиленгуанидин (ПГМГ).

**Материалы и методы.** Для определения эффективности действия растворов в производственных условиях использовали комбинированный раствор ПГМГ и перекиси водорода, 0,5 % раствор ПГМГ и 3% раствор перекиси водорода. Обработку участков различного материала проводили после предварительного нанесения тест- культур, концентрацией до 102 КОЕ / мл. Анализ действия исследуемых растворов на обработанных поверхностях проводили методом смыва через определенные промежутки времени.

**Результаты.** Исследование эффективности комбинированного препарата при обработке плитки показало, что препарат обладает высоким бактериостатическим эффектом длительное время. Лучше всего действует на грибную микрофлору 0,5 % раствор ПГМГ. Исследование дезинфицирующих свойств препаратов на деревянной поверхности показали, что лучшее биоцидное действие имеет комбинированный раствор. Высокую эффективность действия на тест-культуры показал комбинированный раствор и 0,5 % раствор ПГМГ на керамической поверхности.

**Выводы.** Комбинированный препарат на основе ПГМГ и перекиси водорода является эффективным против бактериальной и грибной микрофлоры. Лучшее действие раствора проявляется при обработке деревянной поверхности. Раствор на основе ПГМГ способен образовывать на обрабатываемой поверхности тонкую биоцидную пленку.

**Ключевые слова:** *дезинфекция, полигексаметиленгуанидин, биоцид, микроорганизм, пролонгированность.*

## Процессы и оборудование пищевых производств

### Моделирование процесса сжатия сокоотружечной смеси в диффузионных аппаратах

Дмитрий Люлька, Николай Пушанко

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Проанализировано распределение давлений в сокоотружечной смеси и уравнения для определения коэффициента фильтрации под действием сжимающих усилий, которые перемещают твёрдую фазу.

**Материалы и методы.** Исследовали сокоотружечную смесь в промышленных диффузионных аппаратах, которая представляет собой двухфазную систему. Она состоит из свекловичной стружки и сока и характеризуется величиной удельного наполнения стружкой объёма диффузионного пространства.

**Результаты.** Решено краевую задачу уплотнения слоя сокоотружечной смеси, которая даёт возможность выявить влияние целого ряда факторов на процесс распределения давления в слое и процесс фильтрации сока через слой стружки и получен закон изменения давления от времени для любого фиксированного сечения слоя, а также закон изменения давления по высоте слоя для любого фиксированного промежутка времени. Уравнения описывают изменения параметров, характеризующих состояние сокоотружечной смеси на различных этапах ее пребывания в аппаратах. Распределение давлений в сокоотружечной смеси под действием рабочих органов транспортных систем в аппаратах различных типов влияет на фильтрационную способность слоя стружки и соответственно формирует температурные поля в аппаратах, поскольку в большинстве из них нагревание стружки происходит за счёт передачи тепла стружке от нагретого сока.

**Выводы.** Результаты рекомендуются применять при разработке новых и модернизации существующих транспортных систем диффузионных установок.

**Ключевые слова:** *диффузия, стружка, сок, давление, фильтрация.*

### Влияние способов и режимов сушки на изменение микроструктуры растительного сырья

Виталий Шутюк

*Национальный университет пищевых технологий*

**Введение.** Исследование кинетики сушки одновременно с изменением микроструктуры продукта позволяет более качественно моделировать изменение физических и биологических свойств продукта.

**Материалы и методы.** Исследовались яблоки сорта Симиренко и морковь сорта Абако. Конвективную сушку проводили в сушильном шкафу DNG - 9035A. Температура сушильного агента  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ , мощность микроволнового поля - 250 Вт. Микроструктура сырья определена на микроскопе Konus Biogex-3 с увеличением 40...100. Микрофотографии выполнены фотокамерой Sigeta UCMOS 5100 5.1MP.

**Результаты.** Проведён анализ современных исследований изменения микроструктуры при сушке растительного сырья наиболее распространенными способами обезвоживания в лабораторных условиях. Определено изменение микроструктуры яблочных выжимок и моркови при сушке конвективным и микроволновым способами. При конвективной сушке ткань просушивается более неравномерно в отличие от сушки токами высокой частоты. Использование исключительно микроволновой сушки для яблочных выжимок и моркови значительно сокращает длительность процесса, но качество полученной продукции ухудшается за счет частичного обугливания тканей. Полученные результаты позволяют сократить количество экспериментальных исследований для оптимизации процесса.

**Ключевые слова:** *сушка, микроструктура, яблочные выжимки, морковь.*

### **Аэродинамическое сопротивление нетканых фильтровальных материалов**

Евгений Харченко, Евгений Дмитрук, Андрей Шаран  
*Национальный университет пищевых технологий*

**Введение.** Актуальность определения аэродинамического сопротивления нетканых фильтровальных материалов заключается в необходимости разработки методик расчетов фильтров аспирационных и пневмотранспортных установок.

**Материалы и методы.** Исследовано 24 нетканых фильтровальных материала. Аэродинамическое сопротивление изучали путем протягивания воздуха и измерения их аэродинамического сопротивления с последующей математической обработкой экспериментальных данных.

**Результаты исследований.** Фильтровальные материалы имеют линейный характер аэродинамического сопротивления от удельной нагрузки воздуха на фильтрующую поверхность. Нетканые фильтровальные материалы с одинаковой плотностью могут иметь разные аэродинамические характеристики и наоборот фильтровальные материалы разной плотности могут иметь одинаковые аэродинамические характеристики. Аэродинамическое сопротивление материалов существенно не зависит от их плотности. Основная характеристика нетканых материалов, влияющая на аэродинамическое сопротивление, является воздухопроницаемость. Выведено математическую зависимость для расчета аэродинамического сопротивления нетканых фильтровальных материалов, которая учитывает воздухопроницаемость материалов.

Результаты исследований рекомендуем использовать для расчетов фильтровальных циклонов при проектировании аспирационных и пневмотранспортных установок.

**Ключевые слова:** *фильтр; воздухопроницаемость, аэродинамика сопротивление, зерно.*

## Безопасность жизнедеятельности

### Анализ взрывоопасных ситуаций на предприятиях пищевой промышленности

Наталья Володченко<sup>1</sup>, Александр Хиврич<sup>1</sup>, Олег Левченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

<sup>2</sup> *Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев*

**Введение.** Взрывы и пожары являются причинами разрушения и повреждения зданий и оборудования, а последствия - это травмирование и гибель производственного персонала пищевых предприятий.

**Материалы и методы.** Анализ выполнялся по предприятиям хранения и переработки зерна, зерновых культур, муки и другого сырья. Анализировались статистические данные и современная научная литература.

**Результаты.** Проанализированы: технологические процессы, оборудование и структурные элементы пищевых предприятий. Установлены риски возникновения аварий (аварийных ситуаций) на предприятиях пищевой промышленности в зависимости от специфики функционирования. Обоснованы возможные опасности возникновения взрывоопасных ситуаций. Результаты рекомендуем применять при разработке мероприятий по повышению безопасности условий труда и предупреждению возникновения аварий (аварийных ситуаций).

**Ключевые слова:** *авария, пыль, взрыв, зерно, мука, охрана труда.*

## Экономика и управление

### Эффективность деятельности в системе стратегических показателей молокоперерабатывающих предприятий

Лариса Протасова, Анатолий Щехорский

*Житомирский государственный технологический университет, г. Житомир,  
Украина*

Раскрыты особенности формирования системы стратегических показателей. Рассмотрена методика расчета интегрального показателя эффективности деятельности молокоперерабатывающих предприятий, что разработана с использованием метода главных компонент. Подбор показателей эффективности для расчета интегрального индекса осуществлено в разрезе групп сбалансированной системы показателей: «Финансы», «Клиенты», «Бизнес-процессы», «Персонал». При этом показатели эффективности, входящие в группу «Бизнес-процессы» подобраны в разрезе этапов цепочки создания стоимости молокоперерабатывающими предприятиями. Интегральный показатель эффективности деятельности молокоперерабатывающих предприятий используется в качестве «стратегического ориентира», что направляет управленческий персонал при определении целей, обосновании выбора оптимальной стратегии развития из числа альтернативных, оценке достигнутых результатов. Важность такого подхода обусловлена тем, что

многообразии предложенных аналитических исследований внутренней и внешней среды и сложность интерпретации полученных результатов, что являются базисом выбора направления развития предприятия, определения стратегических целей и формулирования стратегических альтернатив, усложняет процесс планирования.

**Ключевые слова:** стратегия, эффективность, молоко, предприятие.

### Применение функций для математического моделирования переходных процессов

Анна Сергеева, Татьяна Зинченко

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Для математического моделирования технологических процессов актуальным является использования нелинейных функций специального характера. Если за массивом статистических данных необходимо получить математическую модель определенного переменного процесса, то качество модели существенно зависит от выбранной формы функции, неизвестные параметры которой можно оценить, например, за методом наименьших квадратов. Предлагаются функции, изменения которых позволяют получить линейные зависимости относительно элементарных функций неизвестных параметров.

**Материалы и методы.** Используются методы математического моделирования.

**Результаты.** Рассматриваются нелинейные функции, с помощью которых можно описать монотонно растущий или монотонно нисходящий характер зависимости качественного признака изучаемого процесса от переменного фактора, в том числе имеющие точку изменения характера выпуклости (точку перегиба). Показаны способы расчета параметров таких функций с помощью метода минимальных квадратов, если для дискретных  $n$  значений величины  $x$  получены соответствующие им  $n$  значений величины  $y$ . Проведен сравнительный анализ качества приближения функциональной аналитической зависимости результирующей величины  $y$  от переменной  $x$  функциями различных типов.

**Ключевые слова:** статистика, минимальные квадраты, модель, нелинейность, экспонента.

### Реализация экспортного потенциала национальных аграрных предприятий

Богдан Коваль, Оксана Пьянкова

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

**Введение.** Одним из приоритетных направлений развития и представления Украины на мировой арене есть аграрная сфера. Актуальность исследования обуславливается тем, что в современных условиях глобального развития мировой экономики эффективное управление реализацией экспортного потенциала отечественных предприятий является одним из ключевых факторов успешного функционирования национального хозяйства и развития конкурентных преимуществ на внешних рынках.

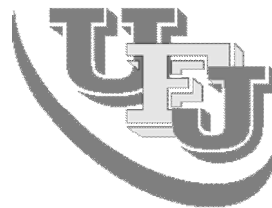
— **Abstracts** —

**Материалы и методы.** При исследованные вопросы использовались следующие методы: теоретическое обобщение и сравнение, системный подход, структурный анализ.

**Результаты.** Проанализированы доминирующие тенденции на внутреннем и мировом рынках пшеницы и определены главные проблемы реализации экспортного потенциала национальных аграрных предприятий. Определены основные игроки на рынке пшеницы. Разработаны направления повышения эффективности системы управления реализацией экспортного потенциала отечественных предприятий. Результаты рекомендовано использовать при рассмотрении возможности выхода отечественных предприятий на внешние рынки.

**Ключевые слова:** *потенциал, экспорт, пшеница.*

## Instructions for Authors



**Dear colleagues!**

The Editorial Board of scientific periodical  
«**Ukrainian Food Journal**»  
invites you to publication of your scientific research.

Requirements for article:

Language – English, Ukrainian, Russian

Size of the article – under 15 Pp in Microsoft Word 2003 and earlier versions with filename extension \*.doc

All article elements should be in Times New Roman, font size 14, 1.5 line intervals, margins on both sides 2 cm.

The structure of the article:

1. The title of the article
2. Authors (full name and surname)
3. Institution, where the work performed.
4. Abstract (15-20 lines). The structure of the abstract should correspond to the structure of the article (Introduction, Methods of research, Results, Conclusion)
5. Key words.

Points from 1 to 5 should be in English, Ukrainian and Russian.

6. The main body of the article should contain the following obligatory parts:
  - Introduction
  - Methods of research
  - Results and discussing
  - Conclusion
  - References

If you need you can add another parts and divide them into subparts.

7. The information about the author (Name, surname, scientific degree, place of work, email and contact phone number).

All figures should be made in graphic editor, the font size 14.

The background of the graphs and charts should be only in white color. The color of the figure elements (lines, grid, text) - in black color.

Figures and EXCEL format files with graphs additionally should submit in separate files.

Photos are not appropriate to use.

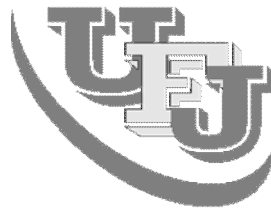
**Extended articles should be sent by email to: [ufj\\_nuft@meta.ua](mailto:ufj_nuft@meta.ua)**

## ШАНОВНІ КОЛЕГИ!

Редакційна колегія наукового періодичного видання «**Ukrainian Food Journal**» запрошує Вас до публікації результатів наукових досліджень.

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 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.

Рекомендований обсяг статті – **8-12 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.
2. **Назва статті.**
3. Автори статті (ім'я та прізвище повністю, приклад: Денис Озеряно).
4. *Установа, в якій виконана робота.*
5. Анотація. Рекомендований обсяг анотації – пів сторінки. Анотація повинна відповідати структурі статті та містити розділи Вступ, Матеріали і методи, Результати, Висновки.
6. Ключові слова (3-5 слів, але не словосполучень).

**Пункти 2-6 виконати англійською, українською та російською мовами.**

7. Основний текст статті. Має включати такі обов'язкові розділи:

- Вступ
- Матеріали та методи
- Результати та обговорення
- Висновки
- Література.

За необхідності можна додавати інші розділи та розбивати їх на підрозділи.



## — Іструкції для авторів —

8. Авторська довідка (Прізвище, ім'я та по батькові, вчений ступінь та звання, місце роботи, електронна адреса або телефон).

9. Контактні дані автора, до якого за необхідності буде звертатись редакція журналу (телефон та електронна адреса).

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).

Рисунки, а також файли формату EXCEL з графіками додатково подаються в окремих файлах.

**Фотографії бажано не використовувати.**

Скорочені назви фізичних величин в тексті та на графіках позначаються латинськими літерами відповідно до системи СІ.

В списку літератури повинні переважати статті та монографії іноземних авторів, які опубліковані після 2000 року.

**Додаткова інформація та приклад оформлення статті – на сайті**

**[www.ufj.ho.ua](http://www.ufj.ho.ua)**

**Стаття надсилається за електронною адресою: [ufj\\_nuft@meta.ua](mailto:ufj_nuft@meta.ua).**

**Просимо уважно слідкувати за виконанням всіх вимог до оформлення статті.**

Найпоширеніші помилки – виконання статті в Word 2007, застосування шрифту з іншим кеглем (для всіх елементів статті дозволяється лише 14), 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.

## Оформлення списку літератури

Наукометричні бази України та світу визначають рейтинг як журналу, так і окремих авторів за кількістю посилань на статті. Електронні системи опрацьовують кожен елемент списку – авторів, назву статті та видання, номер, рік та інші елементи.

Українські стандарти передбачають складні вимоги до оформлення посилань на літературу. Такі посилання не можуть опрацьовуватись наукометричними базами (Scopus, Index Copernicus, EBSCO, Google Scholar, Web of Science та ін.). Ці бази сприймають просте оформлення списку, без косих ліній та зайвих елементів.

В світі відсутні єдині правила оформлення посилань. Наукові видання самі розроблюють вимоги оформлення посилань, але зазвичай узгоджують їх із загальноприйнятими вимогами American Psychological Association, Council of Biology Editors, Citation-Sequence, Chicago 16th Edition, Harvard, Harvard - British Standard, NLM - National Library of Medicine та іншими.

Всі визнані світові стандарти передбачають оформлення списку літератури лише латинськими символами. При оформленні посилань на українські та російські джерела необхідно проводити транслітерацію. Користуючись програмами транслітерації, слід уважно вказувати, з якої мови проводиться транслітерація – української чи російської. При транслітерації використовуємо лише **Паспортний (КМУ 2010)** стандарт, в якому використовуються лише символи англійського алфавіту.

Для задоволення вимог як українських стандартів, так і визнаних в науковому середовищі наукометричних баз, редакційна колегія просить авторів оформлювати **два списки літератури** – згідно українського стандарту, та згідно вимог, описаних нижче.

### 1. Посилання на статтю.

**Автори. (рік видання), Назва статті, Назва журналу (курсивом), том (номер), сторінки.**

Всі елементи після року видання розділяються комами.

Приклад:

Український стандарт	Європейський стандарт
Пирог Т.П. Використання мікробних поверхнево-активних речовин у біології та медицині / Т.П. Пирог, А.Д. Конон, А.Б. Скочко // Біотехнологія. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 24–38.	Pyroh T.P., Konon A.D., Skochko A.B. (2011), Vykorystannia mikrobnnykh poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn u biolohii ta medytsyni, <i>Biotekhnolohiia</i> , 4(2), pp. 24–38.

### 2. Посилання на книгу.

**Автори. (рік), Назва книги (курсивом), Видавництво, Місто.**

Всі елементи після року видання розділяються комами.

Український стандарт	Європейський стандарт
Раєвнева О.В. Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі: монографія / О.В. Раєвнева. – Харків, 2006. – 496 с.	Raievnieva O.V. (2006), <i>Upravlinnia rozvytkom pidpriemstva: metodolohiia, mekhanizmy, modeli</i> , Kharkiv.

### 3. Посилання на електронний ресурс.

Виконується аналогічно посиланню на книгу або статтю. Після оформлення даних про публікацію пишуться слова **available at:** та вказується електронна адреса.

Приклад посилання на статтю із електронного видання:

Barbara Chmielewska. (2012), Differentiation of the standard of living of families in countries of the European Union, *Ukrainian Food Journal*, 2(2), pp. 230-241, available at: <http://ufj.ho.ua/Archiv/UKRAINIAN%20FOOD%20JOURNAL%202013%20V.2%20Is.2.pdf>

Приклад посилання на публікацію із електронного видання:

(2013), *Svitovi naukovometrychni bazy*, available at: [http://www1.nas.gov.ua/publications/q\\_a/Pages/scopus.aspx](http://www1.nas.gov.ua/publications/q_a/Pages/scopus.aspx)

Наукове видання

## **UKRAINIAN FOOD JOURNAL**

**Volume 2, Issue 3  
2013**

**Том 2, № 3  
2013**

Підп. до друку 25.11.2013 р. Формат 70x100/16.  
Обл.-вид. арк. 14.13. Ум. друк. арк. 13.28.  
Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.  
Наклад 100 прим. Вид. № 39/13. Зам. №

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
КВ 18964-7754Р  
видане 26 березня 2012 року.