

*Y. A. POLYVANOV, N. V. KONDRATIUK, O. Yu. VIENKO, I. P. HONCHARENKO*

### **THEORETICAL ASPECTS OF THE CREATION OF FOOD HYDROGELS WITH GLUCURONIC ACID**

The article presents the possibility of developing the technology of food hydrogels based on substances (xanthan and glycyrrhizin) containing glucuronic acid. The expediency of regulating the amount of glucuronic acid in the composition of hydrogels by modeling the content of xanthan and glycyrrhizin, which will further enrich the finished product with useful substances for the human body with a detoxifying effect was demonstrated. Methods of neutralizing a wide range of xenobiotics and activating the absorption of flavonoids in the case of consumption foods containing xanthan-glycyrrhizin hydrogels are described. The possibility of using such hydrogels in the technology of domestic soft drinks in order to improve the quality of finished products that have a detox-effect has been experimentally confirmed.

**Keywords:** glycyrrhizin, xanthan, hydrogels, glucuronic acid, quantum chemical modeling, detoxification.

*Є. А. ПОЛИВАНОВ, Н. В. КОНДРАТЮК, О. Ю. ВІЄНКО, І. П. ГОНЧАРЕНКО*

### **ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ГІДРОГЕЛІВ З ГЛЮКУРОНОВОЮ КИСЛОТОЮ**

У статті наведено можливість розробки технології харчових гідрогелів на основі речовин (ксантану та гліцирризину), що містять глюкуронову кислоту. Доведена доцільність регуляції кількості глюкуронової кислоти у складі гідрогелів шляхом моделювання вмісту ксантану та гліцирризину, що додатково збагатить готовий продукт на корисні для організму людини речовини з детокс-ефектом. Описані шляхи нейтралізації широкого спектру ксенобіотиків та активації засвоєння флавоноїдів у разі споживання харчових продуктів, що містять ксантан-гліцирризинові гідрогелі. Експериментально підтверджена можливість використання таких гідрогелів у технології безалкогольних напоїв вітчизняного виробництва з метою підвищення якості готової продукції, що має детокс-ефект.

**Ключові слова:** гліцирризин, ксантан, гідрогелі, глюкуронова кислота, квантово-хімічне моделювання, детоксикація.

*Е. А. ПОЛИВАНОВ, Н. В. КОНДРАТЮК, А. Ю. ВІЄНКО, И. П. ГОНЧАРЕНКО*

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПИЩЕВЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ С ГЛЮКУРОНОВОЙ КИСЛОТОЙ**

В статье описывается возможность разработки технологии пищевых гидрогелей на основе веществ (ксантан и глицирризин), содержащих глюкуроновую кислоту. Доказана целесообразность регуляции количества глюкуроновой кислоты в составе гидрогелей путем моделирования содержания ксантана и глицирризина, что дополнительно обогатит готовый продукт полезными для организма человека вещества с детокс-эффектом. Описанные пути нейтрализации широкого спектра ксенобиотиков и активации усвоения флавоноидов в случае потребления пищевых продуктов, содержащих ксантан-глицирризиновые гидрогели. Экспериментально подтверждена возможность использования таких гидрогелей в технологии безалкогольных напитков отечественного производства с целью повышения качества готовой продукции, имеющей детокс-эффект.

**Ключевые слова:** глицирризин, ксантан, гидрогели, глюкуроновая кислота, квантово-химическое моделирование, детоксикация.

#### **Introduction.**

The human body has complex systems of metabolism and detoxification of compounds dangerous to it. These systems have undergone a long evolution under the influence of natural toxic components of food, water, air and various biological toxins.

In the XXI century. the human body began to be exposed to various synthesized substances (xenobiotics). According to modern ideas, the schemes of biotransformation of xenobiotics, nutrients and flavonoids are similar.

Therefore, it is very important to create appropriate conditions under which the processes of metabolism of foreign substances become more or less controlled and predictable, and the metabolism of nutrients and flavonoids will proceed more fully [1, 2].

#### **The formulation of the problem in general form and its connection with important scientific or practical tasks.**

The concept of biotransformation of xenobiotics covers not only enzymatic chemical transformations, but also transmembrane transfer, tissue distribution, deposition and elimination. During biotransformation, the formation of two types of compounds is possible: less dangerous than originally entered the body, and others – with greater reactivity than the original. The high chemical activity of these compounds determines their ability to easily bind to biomolecules. This is the effect of the mechanism of toxic action.

© Polyvanov Y.A., Kondratiuk N.V., Vienko O. Yu., Honcharenko I.P., 2020

When small amounts of xenobiotics enter the body, their detoxification is carried out in the usual way – by enzymatic and non-enzymatic transformations. In the case of penetration into the human body of a large number of foreign substances, these detoxification processes are insufficient and the body begins to accumulate superoxide anions, hydrogen peroxide, organic peroxides, etc., which cause side effects of xenobiotics. Elimination of these effects is carried out with the participation of vitamins A, E, C, P, choline and amino acids (cysteine, methionine, arginine). It follows that the optimal functioning of the body's protective and adaptive systems against xenobiotics depends on its supply of complete proteins, trace elements (iron, selenium, copper), calcium, vitamins. Unfortunately, in most groups of the population there is a nutritional deficiency of the above nutrients, which requires priority correction of diets in the direction of developing food components (functional products or food additives) [3]. It should be noted that the consumption of functional products can get excess fats and carbohydrates, and the consumption of food and dietary supplements is a valuable safeguard for many people with metabolic syndrome (schoolchildren, youth, workers working in public budget institutions, retirees, the disabled, etc.).

Flavonoids are important for human life and health substances contained in plant raw materials. Recently, a growing amount of scientific evidence of their beneficial effects on various organs and systems, a positive role in the prevention and treatment of diseases of the cardiovascular, nervous and immune systems. And although the sources of flavonoids - a variety of vegetables, fruits, berries, nuts, as well as beverages such as tea (black and green), wine (mainly red), coffee, cocoa - are available for consumption, the level of their content in the human body is necessary increase. As it becomes clear today, the effectiveness of these polyphenolic compounds lies in their bioavailability, which, as in the case of xenobiotics, depends on complex biotransformation processes.

Quite massive hydrophilic molecules of flavonoids have a low ability to penetrate the membranes of small cells by passive diffusion. Proanthocyanidins also due to the large size of the molecule can not be absorbed in the small intestine [2].

Therefore, it is important to find ways to detoxify xenobiotics and increase the absorption of flavonoids by typical compensatory-adaptive reactions that maintain homeostasis at the molecular level and without involving enzymes, because with age the enzyme activity decreases, the amount of toxic substances increases and the level of flavonoids decreases.

Today it is recognized that glucuronic acid has a wide range of properties and physiological features aimed at detoxifying effect and cleavage effect. We also consider important for the study of natural substances, which include glucuronic acid: xanthan, glycyrrhizin, in order to implement their physical and technological properties in the composition of composite hydrogels, as

the basis of a wide range of human health products (food, pharmaceutical, medicinal, cosmetics).

#### **Purpose and tasks of work.**

The aim of the article is to describe safe technological environments based on natural substances containing glucuronic acid (xanthan, glycyrrhizin) with the subsequent development of technologies of hydrogels of a wide range of useful properties for the human body.

In accordance with the goal, a number of tasks were set:

- substantiate the feasibility of developing hydrogels based on components that contain glucuronic acid;
- to substantiate and develop the composition of composite hydrogels based on xanthan, glycyrrhizin to justify their use in food, pharmaceutical forms and cosmetics.

#### **Presentation of the main research material.**

Glucuronic acid is one of the uronic acids formed in the body from glucose during the oxidation of its primary alcohol group. Optically active, well soluble in water, mp = 167...172 °C, monobasic. D-glucuronic acid is widespread in animals and plants, is part of acidic mucopolysaccharides, some bacterial polysaccharides, triterpene saponins, hemicellulose and gum. Free glucuronic acid is found in small amounts in blood and urine. In the form of paired compounds of glucuronic acid (glucuronides) are excreted in the urine of some metabolic products, including toxic (phenol, cresol), and many drugs. The conversion of glucuronic acid in all animals except monkeys and guinea pigs, as well as humans, leads to the biosynthesis of ascorbic acid. In physiological fluids and tissues of animals (especially in the liver, kidneys, spleen, and malignant tumors), bacterial and plant tissues contain the enzyme  $\beta$ -glucuronidase, which catalyzes the hydrolysis of  $\beta$ -glucuronides to free glucuronic acid and the corresponding aglycone [4].

In fig. 1 shows a schem of glucuronic acid, which clearly shows the number of functional groups, both for ionic binding (-COOH) and for intermolecular interaction (-OH) with other participants in the technological environment and the gastrointestinal tract.

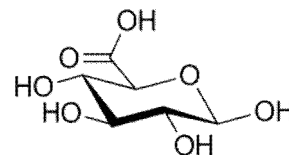


Fig. 1 The structure of glucuronic acid

Glucuronic acid is found in small amounts in the human body, where it is formed during the oxidation of D-glucose. Its normal concentration in the blood is 0.02–0.08 mmol/liter. Glucuronic acid is part of mucus, saliva, intercellular matrix, glycocalyx. Is one of the key components of pigment metabolism in the liver.

The properties of glucuronic acid to some extent coincide with the properties of glucose, but due to the presence of a carboxyl group, it is possible to create salts and lactones. When heated, glucuronic acid is dehydrated and decarboxylated.

An important function of glucuronic acid for the human body is that it is able to form soluble conjugates (glucuronides) with alcohols, phenols, carboxylic acids, thiols, amines and a number of other substances, due to which it is given the status of a powerful detoxifying agent. still, in addition, loyally removes the products of biotransformation from the body. According to some scientists, the biotransformation of xenobiotics in the human body occurs in three phases [5–7].

The reactions of the first and second phases are catalyzed by enzymes that metabolize xenobiotics (EMX). Most of these enzymes are concentrated in the liver, although the activity of EMX is also manifested in other organs and tissues. As you can see, to carry out the

detoxification and elimination of xenobiotics, it is necessary to ensure a balance between the enzymes of the first and second phases. Thus, to protect the body from damage that may be caused by external influences of xenobiotics. Later, the existence of specific substances-transfers of exogenous compounds – P-glycoproteins, which provide the movement of xenobiotics in the body, was proved. Also, the main function of such transfer substances is to improve the process of excretion of xenobiotics (bile or blood), which in some sources is called the third phase of biotransformation – the evacuation phase.

Biotransformation, as a rule, leads to a decrease in the activity of toxicants – decontamination. However, in some cases, xenobiotic metabolites become, on the contrary, more toxic compounds, and can also change the nature of the toxic effect or initiate another toxic process [8]. We analyzed several ways to implement the three-phase process of xenobiotic metabolism (Table 1).

Table 1. Characteristics of the main conjugation reactions of xenobiotics

Reaction	Attached agent	Xenobiotic functional group
A. Reactions involving activated forms of attached agents		
Conjugation with glucuronide acid	УДФ- glucuronide acid	-OH; -COOH; NH <sub>2</sub> ; -NR <sub>2</sub> ; -SH; -CH
Conjugation with glucose	УДФ- glucose	-OH; -SH; COOH; =NH
Sulfatation	ФАФС	-OH; -NH <sub>2</sub> ; -SH
Methylation	S-adenosylmethionine	-OH; -NH <sub>2</sub>
Acetylation	Acetyl CoA	-OH; -NH <sub>2</sub>
Detoxification of cyanide	Sulfone sulfide	-CN
B. Reactions involving activated forms of xenobiotics		
Conjugation with glutathione	Glutathione	Arenoxides; epoxies; halogenated alkyl and aryl hydrocarbons
Amino acid conjugation	Glycine; glutamine; ornithine; taurine; cysteine	-COOH

As can be seen from the table, almost all of the presented ways of neutralization of xenobiotics involve proteins, amino acids or peptides. However, there is a way, which is based on the chemical activity of glucuronic acid. In addition, the table clearly shows that it is the conjugation with glucuronic acid allows to bind the largest number of xenobiotics, as it is possible to attach a wide range of their functional groups.

For example, glucuronic acid is actively attached to molecules of aliphatic and aromatic alcohols, organic acids, sulfur-containing compounds. The process of conjugation leads to the formation of glucuronic acid esters - glucuronides, which are formed mainly in the liver, as well as in the kidneys, skin, digestive tract and so on.

Glucuronide conjugates of xenobiotics have a 5-pyranoside structure and are classified as follows:

1) O-glucuronides are formed from phenols, alcohols and carboxylic acids;

2) N-glucuronides (there are several types). The nitrogen atom of these compounds to which the glucuronide moiety is attached may be in the amino, sulfamide, carbonyl group or in a heterocyclic nitrogen compound.

3) S-glucuronides – thiol compounds with glucuronic acid [9].

A characteristic feature of glucuronides is that the carboxyl group in their molecules remains free. Therefore, in plasma and urine glucuronides are almost completely ionized by the carboxyl group.

The general scheme of glucuronide formation is shown in fig. 2.

Some endogenous substances, such as steroids and bilirubin, are also metabolized by conjugation with glucuronic acid [10].

The glucuronic detoxification pathway is one of the most loyal pathways for removing toxins from the body. To implement it, as can be seen from the table, it is

necessary to involve the enzyme UDP-glucuronosyltransferase. Also involved are the enzymes acetyl CoA, amine N-acetyltransferase, sulfotransferase, glutathione S-transferase, cysteine-conjugating  $\beta$ -lyase.

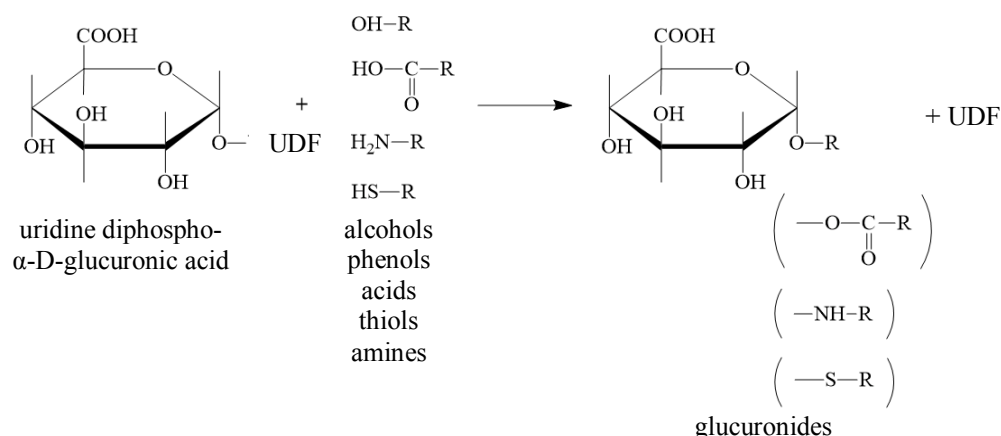


Fig. 2 - General scheme of synthesis of glucuronides in the body

It is also necessary to monitor the process of metabolism of flavonoids, which due to their significant mass and volume have low bioavailability. It should be noted that there is a way of absorption of a significant part of flavonoids, with the exception of proanthocyanidin, through the apical membrane of enterocytes of the small intestine. For this purpose it is necessary to carry out their deglycosylation. This pathway can be implemented with the participation of the enzyme lactase-florizine-hydrolase, which belongs to  $\beta$ -glucosidase. This enzyme is localized in the brush border of the epithelial cells of the small intestine and exhibits substrate specificity for flavonoid glycosides, providing their hydrolysis before absorption. An alternative pathway for deglycosylation is carried out by other  $\beta$ -glucosidases, the main of which are cytosolic  $\beta$ -glucosidases and occurs in several phases:

- hydrolysis of flavonoid glycosides (phase I metabolism);
- conjugation of aglycones in small intestine cells (phase II).

It should be noted that conjugation in small intestine cells is provided by enzymes such as uridine-5'-diphosphate glucuronosyl transferase, sulfotransferase and catechol methyltransferase. As a result, molecules are formed, which are glucuronides, as well as sulfates with or without methylation of flavonoid aglycones.

That is, from the above information it becomes clear that the metabolism of both xenobiotics and flavonoids requires the enzyme  $\beta$ -glucosidase.

Due to the fact that all over the world there is a decrease in enzyme activity, ie in the human body glucuronic acid is poorly synthesized from the age of 25, it became necessary to search for external sources of glucuronic acid and study the mechanism of their assimilation in humans. According to the results of the analytical review, glycyrrhizin and xanthan became such raw materials.

Today, polymer hydrogels based on composites containing glucuronic acid have a number of unique mechanical, physicochemical and physiological features that should be used in pharmaceuticals, medicine and other fields. Thus, the use of hydrogels based on xanthan and glycyrrhizin as a dosage form provides a prolongation of the drug compound, targeted delivery to target systems and organs, and in some cases a noticeable synergistic effect of the drug and the pharmacopoeial basis. In addition, there is a decrease in the toxicity of drugs, their side effects, reducing their dose while maintaining high biological activity due to the content of glycyrrhizin.

In the case of delivery of biologically active substances with high reactivity in the stomach, the immobilizing matrix for them are the structures of xanthan and hyaluronic acid, in which glucuronic acid by intermolecular and hydrogen bonds bond useful molecular structures. In this case, low molecular weight structures are retained in the intermolecular space of glycyrrhizin and hyaluronic acid, and bulkier molecules are retained due to bonds with the functional groups of xanthan.

To date, quantum chemical modeling has made it possible to explain the principles of formation of hydrogels based on uronate polysaccharides and to develop matrices for immobilization of biologically active substances in order to reduce their reactivity in the stomach and improve absorption in the small intestine [11].

Taking into account the obtained knowledge and results, the innovative design of the product, the technology of which is considered in this article, was the stage realization of the chemical potential of glucuronic acid (Fig. 3).

Quantum chemical models have predicted the formulation of hydrogels based on xanthan and glycyrrhizin, which contains licorice root.

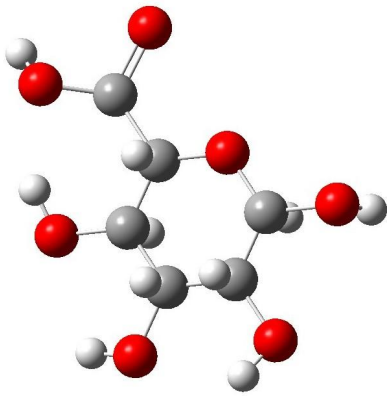


Fig. 3 – Quantum chemical model of glucuronic acid

Production of gel with a mass fraction of dry matter not more than 2%, its boiling and bottling is carried out in accordance with current instructions at the enterprise.

The technological scheme of production consists of the following stages:

- dosage of dry raw materials and auxiliary materials;

- homogenization of dry raw materials and auxiliary materials without biologically active substances;
- preparation of gel;
- settling of the mixture ( $T = 45-90$  min);
- mixing;
- boiling with periodic stirring and filtering ( $T = 40-50$  min,  $t = 75-85^{\circ}\text{C}$ );
- cooling to  $50... 55^{\circ}\text{C}$ ;
- addition of biologically active substances (if necessary, flavors and dyes);
- mixing;
- bottling of the finished hydrogel.

#### Conclusions and development prospects of this direction.

The theoretical preconditions for the formation of composite polymer hydrogels based on glycyrrhizin and xanthan were considered in the work.

The possibility of their formation with the participation of biologically active substances and drugs is described. It has been shown that biodegradable hydrogels are obtained by crosslinking glucuroncontaining compounds in aqueous solutions of polymer chains. The obtained systems are recommended for use in medicine, cosmetics and food products that have a detox effect.

#### Список літератури

1. Землянова М. А., Кольдибекова Ю. В. Современные подходы к оценке нарушений метаболизма ксенобиотиков при поступлении в организм из внешней среды. Экология человека. 2012. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-otsenke-narusheniy-metabolizma-ksenobiotikov-pri-postuplenii-v-organizm-iz-vneshney-sredy> (дата обращения: 02.02.2020).
2. Зверев Я.Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Особенности и проблемы фармакокинетики. Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2017. № 15. Т. 2. С. 4-11. URL: <https://journals.eco-vector.com/RCF/article/viewFile/6900/5534> (дата обращения: 03.05.2020).
3. Тазеддинова Д. Р., Суханбердина Ф. Х., Камар И. К., Абуова А. Б., Максимюк Н. Н. Принципы поддержки процессов биотрансформации ксенобиотиков. Молодой ученый. 2016. № 7. С. 358-361. URL: <https://moluch.ru/archive/111/27962/> (дата обращения: 02.02.2020).
4. Ахмедов О. Р., Сохибназарова Х. А., Шомуротов Ш. А. Биологически активные соединения на основе модифицированной ксантановой камеди. Химия растительного сырья. 2017. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskii-aktivnyie-soedineniya-na-osnove-modifitsirovannoy-ksantanovoy-kamedi> (дата обращения: 02.02.2020).
5. Белоусова О. В., Белоусов Е. А., Королькова А. И. Исследование ассортимента косметических средств, содержащих гиалуроновую кислоту, в аптечных организациях г. Белгорода. Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2017. № 12 (261). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-assortimenta-kosmeticheskikh-sredstv-soderzhaschih-gialuronovuyu-kislotu-v-aptechnyh-organizatsiyah-g-belgoroda> (дата обращения: 02.02.2020).
6. Chong, S.-L., Koutaniemi, S., Juvonen, M., Derba-Maceluch, M., Mellerowicz, E. J., & Tenkanen, M. Glucuronic acid in Arabidopsis thaliana xylans carries a novel pentose substituent. International Journal of Biological Macromolecules. 2015. № 79. P. 807-812. doi:10.1016/j.ijbiomac.
7. Поливанов Є. А. Квантово-хімічне моделювання системи «Глутатіон-пектин» та оцінка можливості її використання у складі харчових продуктів. Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2018. № 18 (1294). С. 65-68.
8. Чурносов М. И., Полякова И. С., Пахомов С. П., Орлова В. С. Молекулярные и генетические механизмы биотрансформации ксенобиотиков. Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2011. № 16 (111). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/molekulyarnye-i-geneticheskie-mehanizmy-biotransformatsii-ksenobiotikov> (дата обращения: 02.02.2020).
9. Комов, В. П. Биохимия в 2 ч. Часть 1. : учебник для академического бакалавриата / В. П. Комов, В. Н. Шведова ; под общей редакцией В. П. Комова. 4-е изд., испр. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2019. 333 с. ISBN 978-5-534-02059-5. URL: <https://urait.ru/bcode/444950> (дата обращения: 02.02.2020).
10. Крамаренко В. Ф. Токсикологическая химия. К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. 447 с.

11. Кулинский В. И. Обезвреживание ксенобиотиков. Соросовский образовательный журнал. 1999 № 1. С. 8-12. URL: [http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9901\\_008.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9901_008.pdf) (дата звернення: 16.01.2020).

## References (transliterated)

- Zemlyanova M.A., Koldibekova Y.V., Sovremennyye podkhody k otsenke narusheniy metabolizma ksenobiotikov pri postuplenii v organizm iz vneshney sredey [Modern approaches to assessing metabolic disorders of xenobiotics when ingested from the external environment]. *Ekologiya cheloveka*. no 8, 2012.
- Zverev Y.F. Flavonoidy glazami farmakologa. Osobennosti i problemy farmakokinetiki [Flavonoids through the eyes of a pharmacologist. Features and problems of pharmacokinetics]. *Obzoryn po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoy terapii*. 2017. no 15, vol. 2, pp. 4–11.
- Tazeddinova D. R., Sukhanberdina F.H., Kamar I. K., Abuova A. B., Maksimyuk N. N. Printsipy podderzhki protsessov biotransformatsii ksenobiotikov [Principles of supporting the processes of biotransformation of xenobiotics]. *Molodoy uchenyy*. 2016. no 7, pp. 358-361.
- Akhmedov O. R., Sokhibnazarova H.A. Shomurotov S. A. Biologicheski aktivnyye soyedineniya na osnove modifitsirovannoy ksantanovoy kamedy [Biologically active compounds based on modified xanthan gum]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2017. no. 3.
- Belousova O. V., Belousov E. A., Korol'kova A. I. Issledovaniye assortimenta kosmeticheskikh sredstv, soderzhashchikh gialuronovuyu kislotu, v aptechnykh organizatsiyakh g. Belgoroda [Research of the assortment of cosmetics containing hyaluronic acid in pharmacy organizations in Belgorod]. *Nauchnyye vedomosti BelGU. vol: Medicine. Pharmacy*. 2017, no. 12, pp. 261.
- Chong, S.-L., Koutaniemi, S., Juvonen, M., Derba-Maceluch, M., Mellerowicz, E. J., & Tenkanen, M. Glucuronic acid in *Arabidopsis thaliana* xylans carries a novel pentose substituent. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2015. № 79. P. 807–812. doi:10.1016/j.ijbiomac.
- Polivanov E. A. Kvantovo-khimicheskoye modelirovaniye sistemy «Glutation-pektin» i otsenka vozmozhnosti yeye ispol'zovaniya v sostave pishchevykh produktov [Quantum-chemical model of the Glutathione-Pectin system and the assessment of the potential of the Ukrainian warehouse at the warehouse of harch products]. *Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta «KHPI». vol: Innovative research in scientific works of students*. 2018. no. 18 (1294), pp. 65-68.
- Churnosov M. I., Polyakova I. S., Pakhomov S. P., Orlova V. S. Molekulyarnyye i geneticheskiye mekhanizmy biotransformatsii ksenobiotikov [Molecular and Genetic Mechanisms of Biotransformation of Xenobiotics]. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*. 2011. no. 16, pp. 111 .
- Komov, V. P. Biokhimiya v 2 ch. Chast' 1.: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata [textbook for academic undergraduate] / V. P. Komov, V. N. Shvedova; pod obschey redaktsiyey V. P. Komova. 4 izd., Ispr. i dop. Moskva: Izdatel'stvo Yurayt. 2019. pp. 333.
- Kramarenko V. F. Toksikologicheskaya khimiya. [Toxicological chemistry] K.: Vyshcha shk. Golovnoye izd-vo. 1989. pp. 447 .
- Kulinskiy V. I. Obезvrezhivaniye ksenobiotikov. [Xenobiotic neutralization]. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal* . 2017. no. 1, pp. 8-12.

Надійшла (received) 10.03.2020

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Поливанов Єгор Андрійович (Поливанов Егор Андреевич, Polyvanov Yehor Andriyovych)** – студент IV курсу кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4999-5187>; e-mail: [mr.egor.pv@gmail.com](mailto:mr.egor.pv@gmail.com).

**Кондратюк Наталія Вячеславівна (Кондратюк Наталья Вячеславовна, Kondratjuk Natalia Vyacheslavivna)** – кандидат технічних наук, доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри харчових технологій; м. Дніпро, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4578-9108>; e-mail: [kondratjukn3105@gmail.com](mailto:kondratjukn3105@gmail.com).

**Вієнко Олексій Юрійович (Виенко Алексей Юрьевич, Vienko Oleksyi Yuriovych)** – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, асистент кафедри харчових технологій; м. Дніпро, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8195-8995>; e-mail: [alekseyrocnrolla@gmail.com](mailto:alekseyrocnrolla@gmail.com).

**Гончаренко Ірина Петрівна (Гончаренко Ирина Петровна, Honcharenko Iryna Petrivna)** – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, асистент кафедри харчових технологій; м. Дніпро, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9349-254X>; e-mail: [goncharenkoira88@ukr.net](mailto:goncharenkoira88@ukr.net).



## ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЛИСТ

Європейська федерація хімічної інженерії (EFCE) являє собою об'єднання національних неприбуткових федерацій (асоціацій) хімічної інженерії. Вона була створена у 50-х роках минулого сторіччя з метою сприяння кооперації у Європі національних неприбуткових професійних наукових та технічних об'єднань для забезпечення прогресу хімічної інженерії та розробки сучасних засобів та технологій.

Структура EFCE включає в себе робочі групи та секції з основних напрямків хімічної та харчової інженерії. Найменування секцій: 1) проектування та інженерія цільового продукту; 2) харчової інженерії; 3) мембранної інженерії; 4) сталого розвитку.

Робочі групи федерації: 1) освіти; 2) комп'ютерної процесної інженерії; 3) безпеки на виробництві та мінімізації шкідливих промислових викидів; 4) інженерія хімічних реакцій; 5) сепарація рідин; 6) електрохімічна інженерія; 7) кристалізація; 8) течія багатофазних середовищ; 9) змішання; 10) механіка подрібнених твердих фаз; 11) статична електрика у промисловості; 12) сушка; 13) роздроблення та класифікація; 14) системи характеристизації частинок; 15) технології високого тиску; 16) інженерія полімерних реакцій; 17) агломерація; 18) інтенсифікація процесів; 19) термодинаміка та транспортні властивості; 20) дизайн та якість.

Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA) являється структурно складовою частиною EFCE. Вчені України представлені в робочих групах – 2 (проф. П.О. Капустенко, НТУ «ХП»), – 4 (проф. А.А. Фокін, НТУ «КП»), та – 15 (академік АА. Долинський, ІТ НАН України). Надана унікальна можливість для компаній, організацій, викладачів, науковців, членів EFCE та CFE -UA внести свій вклад в розвиток і рішення сучасних і прогресивних наукових та технічних питань, пов'язаних з хімічною та харчовою технологіями, а також хімічним машинобудуванням, з метою вирішення глобальних завдань сьогодення. Очолює на громадських засадах неприбуткову Українську асоціацію хімічної і харчової інженерії член-кореспондент НАН України Товажнянський Л.Л.; робочу групу асоціації складається із членів кафедри ІТПА НТУ «ХП» проф. Вєдь В.Є., проф. Капустенко П.О., секретарем асоціації призначили проф. кафедри ІТПА Бухкало С.І.

З ціллю підвищення визнання досягнень української хімічної і харчової інженерії вченими Європейської спільноти задачами CFE-UA вважаються: 1) підвищення рівня цитування наукових робіт у міжнародних науково-метричних базах; 2) зміцнити представництво України в робочих групах та секціях EFCE делегатами від асоціації CFE-UA за означеними напрямками; 3) сприяти безкоштовній публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; 4) публікація матеріалів рекламного напрямку виробників та розробників хімічної і харчової продукції у виданнях; 5) надання регулярної інформації про проведення різного рівня міжнародних конференцій, форумів та семінарів в Україні та Європі; 6) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків; 7) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; 8) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; 9) розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

CFE-UA сприятиме співробітництву вчених та виробників хімічної та харчової промисловості України з EFCE для загального розвитку хімічної та харчової промисловості. Члени Української асоціації хімічної і харчової інженерії своєчасно сплачувати вступні (400–1000 грн від регіонального осередку) та членські внески (400–1000 грн від регіонального осередку) в розмірах та строки, що встановлюються Правлінням Організації (протягом поточного місяця). Додаткову інформацію та реквізити для сплати членських внесків можна знайти на сайті асоціації [cfe.org.ua](http://cfe.org.ua)

Громадська організація «Українська асоціація хімічної і харчової інженерії»

ОКПО 41071591

п/р 2600800119725 в ПАТ «СКАЙ БАНК», МФО 351254

Адреса: 61002, м. Харків, вул. Багалія, буд.21

ФІП та організація платника

Тел: +380577202223

Обов'язково на сайті [cfe.org.ua](http://cfe.org.ua) треба заповнити анкету. Для листування можна використовувати адресу кафедри ІТПА НТУ «ХП» як адресу Українській асоціації хімічної і харчової інженерії: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП», каф. ІТПА, секретар проф. Бухкало С.І.; тел. [+380932430788](tel:+380932430788), email: [cfe.ukraine@gmail.com](mailto:cfe.ukraine@gmail.com)

### ПРАВИЛА НАПИСАННЯ АНОТАЦІЇ

Анотація – це коротка характеристика роботи, що містить перелік основних питань статті. Структура анотації: в анотації необхідно висвітлити основні розділи статті, з'єднати їх і представити в короткій формі. Вона включає в себе основні розділи: актуальність, постановку проблеми, шляхи її вирішення, результати і висновки. На кожен з розділів відводиться одне – два речення (таблиця).

Таблиця. Основні компоненти авторської анотації статті

Компонент	Опис складових анотації статті
Актуальність	Показати важливість дослідницької проблеми чи запропонованого проекту, які вивчались: відразу повинно скластися уявлення, чому обговорювана проблема потребує вивчення.
Постановка проблеми	Наукове обґрунтування необхідності висвітлення існуючої проблеми, на вирішення якої і буде спрямований дослідницька стаття. При читанні даного розділу анотації у читача повинно скластися враження, що без представленого проекту «подальший розвиток просто неможливий».
Шляхи вирішення проблеми	Необхідно перерахувати конкретні результати дослідження, спрямовані на вирішення існуючої проблеми. Для науково-обґрунтованих досліджень це може бути перерахування досліджуваних теоретичних та експериментальних питань. У кількісних дослідженнях (якщо в роботах є розрахункові та статистичні дані експерименту) в цьому розділі анотації перераховуються методики проведення експериментальної роботи, досліджувані змінні.
Результати та висновок	Представляються кількісні та якісні результати дослідження. Рекомендується використовувати загальні слова типу «довели ефективність», «виявилася неефективною», не згадуючи конкретні цифри, які можуть бути невірно інтерпретовані.
Визначення сфери впровадження	1. Можливість впровадження результатів дослідження. 2. Наскільки проведена робота розширила існуючі уявлення про досліджувані питання або запропонувала нове рішення існуючої проблеми. Методи дають можливість створювати більш гнучкі засоби оцінювання, а також розраховувати ризики, як на основі статистичних даних, так і на експертних оцінках, з урахуванням періоду часу, галузі промисловості, економічної та управлінської специфіки підприємства та ін. Використання методів дозволяє відображати результати, як в кількісній, так і в якісній формі.

Рекомендується використовувати загальні слова типу «довели ефективність», «виявилася неефективною», не згадуючи конкретні цифри, які можуть бути невірно інтерпретовані, наприклад, представляються кількісні або якісні результати дослідження. На закінчення необхідно позначити сферу впровадження результатів дослідження, наскільки проведена робота розширила існуючі уявлення про досліджувані питання або запропонувала нове рішення існуючої проблеми. Методи дають можливість створювати більш гнучкі засоби оцінювання, а також розраховувати ризики, як на основі статистичних даних, так і на експертних оцінках, зроблених у нечіткому, слабоформалізованому середовищі, з урахуванням періоду часу, галузі промисловості, економічної та управлінської специфіки підприємства та ін. Використання методів дозволяє відображати результати, як в кількісній, так і в якісній формі.

Часто наукові статті не містять опис експериментальних досліджень і при написанні анотації можна обмежитися лише першими трьома компонентами: актуальністю, постановкою проблеми та шляхами її вирішення. При написанні анотації слід звернути увагу на наступні питання: 1) Ліміт слів – необхідно дотримуватися встановленого ліміту слів (100...250 слів). 2) Узгодження часів – анотації логічніше всього писати в минулому часі. 3) Структура – необхідно дотримуватися загальноприйнятої структури (таблиця). 4) Простота у викладі матеріалу. Рекомендується використовувати відомі загальноприйняті терміни. 5) Відсутність деталей – необхідно уникати зайвих деталей і конкретних цифр. 6) Ключові слова (5–8) необхідні для пошукових систем і класифікації статей за темами. В інтересах автора вказати кількість ключових слів необхідних для збільшення шансів знаходження статті через пошукові системи. Словосполучення вважаться одним ключовим словом. Анотація з УДК, ПІБ авторів та переліком ключових слів надається українською, російською та англійською мовами (кегль 9, вирівнювання по ширині). У тексті анотації на англійській мові слід застосовувати термінологію, характерну для іноземних спеціальних текстів відповідної предметної області, уникати вживання термінів, які є прямою калькою російськомовних-україномовних термінів. Необхідно дотримуватися єдності термінології в межах анотації. Одним з перевірених варіантів анотації є коротке повторення в ній структури статті, що включає введення, цілі і завдання, методи, результати та висновки. Такий спосіб складання анотацій набув поширення і у зарубіжних журналах. Скорочення та умовні позначення, крім загальноживаних (в тому числі в англійських спеціальних текстах), застосовують у виняткових випадках або дають їх визначення при першому вживанні. Одиниці фізичних величин слід наводити в міжнародній системі СІ. В анотації не робляться посилання на публікації у списку літератури до статті.



## ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів викладає нормативну дисципліну «Загальна технологія харчової промисловості» для студентів 2 та 3 курсів факультету ТОР, які навчаються за напрямком Харчові технології та інженерія спеціальностей Технологія жирів і жирозамінників й Технологія бродильних виробництв та виноробства понад 20 років. За цей час видано 16 підручників та навчальних посібників з грифом МОН України та ні, які забезпечують викладання дисципліни за усіма видами навантаження (Вища освіта: Бакалаврат), наприклад:

1. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник), Харків: НТУ «ХПІ», 2003, – 184 с., наклад 300.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.А., ХАВИН Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник), Харків: НТУ «ХПІ», 2005, – 460 с., тираж 500.
3. Ллюха М.Г., Лазарєв М.І., Бухкало С.І., Лазарєва Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос/ з грифом МОН України), Харків: УПА, 2009, – 153 с., наклад 300.
4. Лазарева Т.А., Бухкало С.І., Ллюха М.Г., Скородумова О.Б. Технологічне обладнання харчової галузі (навч. посібник з грифом МОН України), Харків: УПА, 2009, – 185 с., наклад 300.
5. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., ОЛЬХОВСЬКА О.І., ОРЛОВА Є.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (підручник з грифом МОН України), Київ: Центр учбової літератури, 2011, – 832 с., наклад 1000.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості: тестові завдання (підручник з грифом МОН України), Київ: Центр учбової літератури, 2014, – 412 с., наклад 1000.
7. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості: інноваційні заходи (підручник з грифом МОН України), Київ: Центр учбової літератури, 2014, – 456 с., наклад 1000.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМИДОВ І.М., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., БІЛОУС О.В., ОЛЬХОВСЬКА О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (підручник з грифом МОН України: 2-ге видання перероблене), Київ: Центр учбової літератури, 2016, – 470 с.

Таблиця. Комплексний план навчальних занять першого (нз) модулю (приклад)

№ п/п	Вид нз	Години	Найменування тем і питань кожного заняття комплексу
1	лк	2	Загальні відомості про: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток харчової технології як науки в Україні; узагальнену структурну схему технологічної лінії та стадії харчового виробництва; основні питання модернізації виробництва
	лк	2	Загальна характеристика підготовчої стадії, режими та засоби зберігання різних видів сировини
	лк	2	Підготовка різновидів сировини до виробництва
	лк	2	Технологія зберігання зерна: основні операції та апаратне оснащення основних стадій
	лб	2	Одержання, дослідження та аналіз деяких властивостей клейковини для різновидів пшеничного борошна
	лб	2	Дослідження та аналіз автолітичної активності для різновидів пшеничного борошна – визначення $\alpha$ -амілази
	пз	2	Розрахунок маси сухих речовин і вологи у сировині для виробництва тіста
	пз	2	Розрахунок кількості борошна на заміс тіста
2	лк	2	Технологія борошна: основні стадії виробництва різновидів борошна та їх апаратне виконання, помел зерна.
	лк	2	Технологія круп та круп'яних виробів: принципова схема виробництва, призначення та апаратне оформлення основних стадій: лущення, полірування, шліфування, технологічні режими
	лк	2	Технологія хліба: хлібопекарні властивості борошна; принципова схема хлібопекарного виробництва; основні стадії технології та їх апаратне оснащення; технологічні параметри та їх вплив на процеси на основних стадіях виробництва хліба.
	лк	2	Технологія макаронних виробів: особливості рецептур макаронних виробів; принципова схема, технологічні режими та апаратне оформлення основних стадій виробництва.
	лб	2	Дослідження та аналіз впливу режимів виготовлення тіста та його складових на реологічні властивості
	лб	2	Вивчення і аналіз властивостей пшеничного борошна
	пз	2	Розрахунки допоміжної сировини на заміс тіста
	пз	2	Розрахунки взаємозамінної сировини для замісу тіста, модульна контрольна робота

Відмінною особливістю навчання студентів за вказаними напрямками є його комплексний характер, оскільки сумісно розглядаються різновиди представлених матеріалів навчальних занять (нз): теоретичні питання курсу «Загальна технологія харчової промисловості», на яких засновані включені в підручник лабораторні роботи (лб), багатоваріантні тестові завдання у вигляді задач з основних тем курсу (пз), індивідуальні завдання та контрольні завдання, оціночний матеріал з урахуванням кількості годин.

Загальні відомості про об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів мають інноваційне комплексне розвинення у всіх семестрах реалізації комплексного плану.