

**Корзун Віталій Наумович**, д-р мед. наук, проф., зав. лабораторії спеціальних харчових продуктів ДУ «Інститут гігієни і медичної екології ім. О.М. Марзєєва». Адреса: вул. Попудренка, 50, м. Київ, Україна. Тел.: (044)513-60-20.

**Корзун Віталій Наумович**, д-р мед. наук, проф., зав. лабораторией спеціальних пищевых продуктов ДУ «Інститут гігієни і медичинской екології ім. А.Н. Марзєєва». Адрес: ул. Попудренко 50, г. Киев, Украина. Тел.: (044)513-60-20.

**Korzun Vitali**, doctor of medical sciences, professor; a manager of laboratory of the special food products of Institute of hygiene and medical ecology the name of O.M. Marzeeva. Address: of Popudrenko str., 50, Kyiv, Ukraine. Tel.: (044)513-60-20.

**Антонюк Ірина Юрїївна**, канд. техн. наук, доц., кафедра технології і організації ресторанного господарства, Київський національний торговельно-економічний університет. Адреса: вул. Кіото, 19, м. Київ, Україна, 02156. Тел.: (044)531-48-44; e-mail: i.rinkaant@ukr.net.

**Антонюк Ірина Юрьевна**, канд. техн. наук, доц., кафедра технологии и организации ресторанного хозяйства, Киевский национальный торговельно-экономический университет. Адрес: ул. Киото, 19. г. Киев, Украина, 02156. Тел.: (044)531-48-44; e-mail: i.rinkaant@ukr.net.

**Antonyuk Irina**, candidate of engineering's sciences, associate professor department technologies and organizations restaurant economy of Kiev national university of trade and economics. Address: Kioto str., 19 Kiev, Ukraine, 02156. Tel.: (044)531-48-44; e-mail: i.rinkaant@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.  
Отримано 1.08.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК [546.72:54-386]:577.11/12:635.89

## **ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОВМІСНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ ПОЛІСАХАРИДІВ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PLEUROTUS OSTREATUS*)**

**Н.К. Черно, С.О. Озоліна, О.В. Нікітіна**

*Показано можливість отримання розчинних залізовмісних комплексів на основі полісахаридів гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*). Максимальні виходи зразків із високим вмістом заліза можна отримати за масового співвідношення складових неорганічної та органічної природи 1,00:1,25 за рН = 12,0 і 1,00:2,50 за рН = 9,5.*

---

© Черно Н.К., Озоліна С.О., Нікітіна О.В., 2015

**Ключові слова:** комплекс, залізо,  $\beta$ -глюкан, гриба звичайна, залізодефіцитні стани, імуномодулятор.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

**Н.К. Черно, С.А. Озолина, А.В. Никитина**

*Показана возможность получения растворимых железосодержащих комплексов на основе полисахаридов вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). Максимальные выходы образцов с высоким содержанием железа можно получить при массовом соотношении составляющих неорганической и органической природы 1,00:1,25 при pH = 12,0 и 1,00:2,50 при pH = 9,5.*

**Ключевые слова:** комплекс, железо,  $\beta$ -глюкан, вешенка обыкновенная, железоздефіцитные состояния, иммуномодулятор.

## PREPARATION OF IRON-CONTAINING COMPLEXES BASED ON POLYSACCHARIDES OF *PLEUROTUS OSTREATUS*

**N. Chernov, S. Ozolina, O. Nikitina**

*Modern food rations do not meet requirements of the organism in such essential trace element as iron. Iron negative balance results both in disorder of iron-containing and iron-dependent enzymes synthesis in the cells and the immune response dysfunction. For correction diets, it is necessary to use food supplements, that combine anti-anaemic and immunomodulating properties. This problem can be solved by obtaining iron complexes based on polysaccharides of mushroom (*Pleurotus ostreatus*), that contain the immunomodulating agent  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) / (1 $\rightarrow$ 6)-D-glucan. The complexes were prepared by mixing solutions of mushroom polysaccharide and ferric chloride (III) upon the application of heat. The pH of the medium is adjusted by the addition of the alkali solution. The mass ratio of iron: polysaccharides is varied from 1.00:0.50 to 1.00:3.00 by changing the concentration of the polysaccharide solution from 0.038 to 0.230 %. The possibility of preparation soluble iron complexes based on mushroom polysaccharides is shown. It is found that their yield and composition depend on the process conditions. The yield of complex and iron content in it decrease with the reduction of pH medium and polysaccharide level in the reaction mixture. Maximum yields of complexes with a high iron content can be obtained at a mass ratio of the inorganic components and organic nature 1.00:1.25 at pH=12.0 and 1.00:2.50 at pH=9.5. It makes possible to forecast multifunctional effect of these complexes: they can show both anti-anaemic and immunomodulatory activity. In Ukraine, analogues of such drugs are absent, their further comprehensive study is of interest for nutrition and medicine.*

**Keywords:** complex, iron,  $\beta$ -glucan, *Pleurotus ostreatus*, iron deficiency, immunomodulating agent.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Збереження та покращення здоров'я людини відносять до головних вимог сучасності. Одним із чинників, від якого залежить характер функціонування всіх клітин, тканин, органів і організму в цілому, є структура та якість харчування [1].

Через бурхливий розвиток технологій в останні десятиліття харчові раціони людей зазнали значних змін. Вони характеризуються розбалансованістю за вмістом та співвідношенням основних макрокомпонентів і дефіцитом мікронутрієнтів [1–2]. Із продуктами харчування до організму людини надходить не більше, ніж 60% від добової потреби такого життєво важливого мікроелементу як залізо [1; 3]. Його негативний баланс призводить до порушення синтезу залізовмісних та залізозалежних ферментів у клітинах, а також гормональної функції ендокринних залоз та імунного гомеостазу [4–5]. Одним із напрямів вирішення цієї проблеми є корекція раціонів харчування шляхом їхнього збагачення дієтичними добавками антианемічної спрямованості [2; 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Засоби, які використовують для ліквідації дефіциту заліза, поділяють на дві групи: іонні сольові препарати двовалентного заліза та неіонні препарати на основі розчинних комплексів полісахаридів із тривалентним залізом [6]. Слід зазначити, що нерозчинні комплекси організмом людини не засвоюються [7].

На сьогодні для корекції залізодефіцитних станів все частіше застосовують неіонні препарати заліза, оскільки вони на відміну від препаратів двовалентного заліза, не викликають побічні ефекти [8–10]. Розроблено цілу низку залізовмісних комплексів, де роль полісахаридної матриці відіграють декстран, пулулан, інулін, арабіногалактан, але перевагу віддають комплексу гідроксиду тривалентного заліза з декстраном [11–13]. Він характеризується високим профілем безпеки, низьким алергізуючим потенціалом та добре переноситься організмом людини [13].

Оскільки дефіцит заліза викликає порушення функціональної активності імунної системи, для попередження розвитку імунодефіцитних станів бажано використовувати функціональні харчові інгредієнти та дієтичні добавки, які одночасно проявляють антианемічні та імуномодулюючі властивості. Отже як біополімерну складову залізовмісних комплексів доцільно застосовувати полісахариди, що володіють вираженою здатністю до регулювання функцій імунної системи, зокрема розчинних  $\beta$ -(1→3)/(1→6)-D-глюканів грибів [14].

В Україні джерелом цих полісахаридів є культивовані гриби, зокрема, глива звичайна (*Pleurotus ostreatus*).

Інформація про залізовмісні комплекси на основі полісахаридів цих грибів, як і будь-якої іншої грибною сировини, відсутня. Водночас зростаючі обсяги культивування гливи дозволяють розглядати її як перспективне потенційне джерело  $\beta$ -глюканів. У зв'язку з цим актуальним є дослідження таких комплексів.

**Мета статті** – розроблення умов отримання розчинних залізовмісних комплексів на основі  $\beta$ -глюкану гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Полісахаридну складову, яку використовували для одержання комплексів, отримували лужною екстракцією гливи. Вона являла собою продукт, що містив 92,9% вуглеводів і 3,5% білка. Методом ЯМР-спектроскопії встановлено, що в її складі домінує  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)/(1 $\rightarrow$ 6)-D-глюкан.

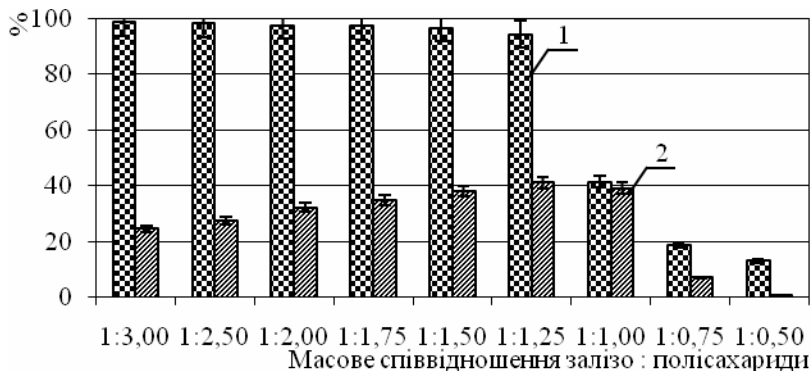
Більшість авторів для отримання комплексів використовують масове співвідношення залізо : вуглеводи в інтервалі від 1 : 30 до 1 : 19 за рН реакційного середовища 12,0 – 12,5 [11–12; 17–18]. Для вивчення можливості підвищення вмісту заліза у складі цільового продукту досліджували процес формування комплексу, зменшуючи частку вуглеводної складової.

Залізовмісний комплекс отримували шляхом суміщення під час нагрівання розчинів полісахаридів та ферум (III) хлориду з масовою часткою 0,075%. Значення рН середовища регулювали додаванням концентрованого розчину лугу. Для варіювання масового співвідношення залізо:полісахариди від 1,0:0,5 до 1,0:3,0 змінювали концентрацію розчину полісахаридів від 0,038 до 0,230%. З метою підвищення концентрації комплексу в розчині використовували 0,53% розчин полісахаридів і 0,30% розчин ферум (III) хлориду. В отриманих розчинах вміст вуглеводів визначали антроновим методом [15], заліза – тіоціонатним [16].

Як показано на рис. 1, зниження вмісту полісахаридів від 75,0% до 55,6% у складі реакційної суміші не впливає на вихід розчинного цільового продукту. Його значення знаходиться на рівні 94,3–98,7%, тобто вихідні компоненти повністю включені до складу комплексу. Максимальний вміст заліза в препараті досягає 41,0%.

Зменшення масової частки полісахаридів в реакційній суміші (співвідношення залізо:вуглеводи 1,00:1,00) супроводжується різким падінням виходу розчинного комплексу за незначного зменшення в ньому вмісту заліза. Подальше зниження кількості полісахаридів призводить до того, що у складі рідкої фази у вигляді комплексу існує

лише 13,1–18,7% вихідних компонентів, решта випадає в осад. Тобто у цих умовах переважно утворюється нерозчинний продукт, домінуючим компонентом якого є метал.

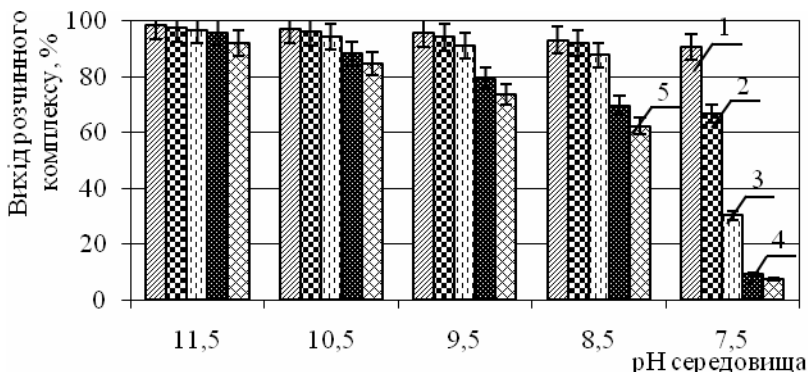


**Рис. 1.** Залежність виходу залізовмісних комплексів і вмісту в них заліза від масового співвідношення неорганічної та органічної складових за рН = 12,0: 1 – вихід комплексу; 2 – масова частка заліза в складі комплексу

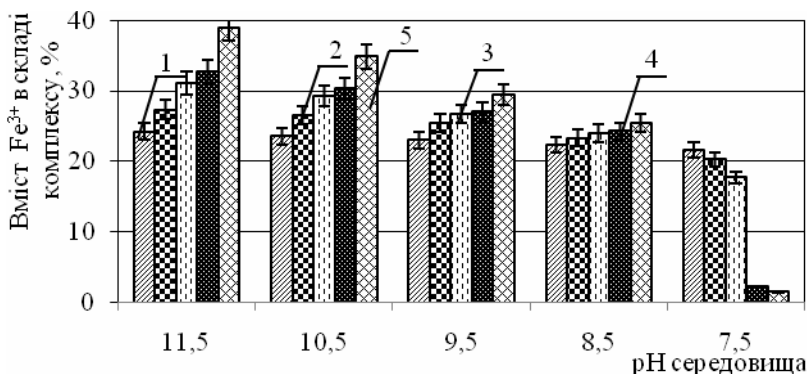
Істотний вплив на процес отримання та склад комплексів має рН реакційного середовища. В разі його зміни від 11,5 до 8,5 спостерігається тенденція зменшення виходу розчинного продукту (рис. 2). Під час наближення до нейтрального значення рН середовища відзначається різке зниження цього показника, який в залежності від співвідношення компонентів варіює в широкому діапазоні і становить 7,5–90,5%. При цьому має місце пряма кореляція між масовою часткою органічної складової в реакційній суміші і виходом препаратів. Слід відзначити, що вплив рН практично не поширюється на систему з максимальною кількістю полісахаридів.

Аналогічні закономірності відзначені під час дослідження впливу співвідношення зазначених компонентів та рН реакційної суміші на вміст заліза в отриманих розчинних зразках (рис. 3).

За високої масової частки вуглеводної складової (71,4–75,0%) у системі в інтервалі значень рН 9,5–11,5 цей показник залишається практично незмінним, а для зразків із меншою кількістю полісахаридів у реакційній суміші спостерігається тенденція до його зменшення. В умовах, близьких до нейтрального середовища, вміст заліза у всіх зразках, за винятком системи з максимальною кількістю вуглеводів, значно знижується. В разі використання масового співвідношення неорганічної та органічної складових 1,00:1,75 і 1,00:1,25 воно становить лише 6,2 і 3,4% відповідно від теоретично можливої величини.



**Рис. 2.** Залежність виходу залізовмісних комплексів від рН середовища і масового співвідношення неорганічної та органічної складових: 1 – 1,00:3,00; 2 – 1,00:2,50; 3 – 1,00:2,00; 4 – 1,00:1,75; 5 – 1,00:1,25



**Рис. 3.** Залежність вмісту заліза у складі комплексів від рН середовища і масового співвідношення неорганічної та органічної складових: 1 – 1,00:3,00; 2 – 1,00:2,50; 3 – 1,00:2,00; 4 – 1,00:1,75; 5 – 1,00:1,25

Для підвищення масової частки сухих речовин у складі препаратів була розглянута можливість використання більш концентрованих розчинів вихідних компонентів. Встановлено, що в разі збільшення концентрації полісахаридів в розчині до 0,53%, а заліза – 0,30% за рН = 12,0 і масовому співвідношенні компонентів 1,00:1,75 спостерігається зниження виходу цільового продукту більше, ніж вдвічі. При цьому масова частка заліза в ньому знаходиться на рівні 19,7%. Це вказує на доцільність використання розбавлених розчинів реагентів.

Утворення розчинних комплексів ферум (III) гідроксиду з  $\beta$ -глюкоаном гливи було підтверджено методами УФ-спектроскопії, ІЧ-спектроскопії, дериватографії та гель-хроматографії. Сукупність цих даних вказує, що отримані зразки за своєю структурою подібні до відомих залізовмісних комплексів на основі вуглеводів [11–12; 17–18].

**Висновки.** Доведено можливість отримання розчинних залізовмісних комплексів на основі полісахаридів гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*). Їхній вихід і склад залежать від співвідношення  $\text{Fe}^{3+}$ :полісахариди, рН середовища, концентрації реагуючих компонентів. Комплекси з високим виходом і вмістом заліза можна отримати за масового співвідношення складових неорганічної та органічної природи 1,00:1,25 за рН = 12,0, а також 1,00:2,5 за рН = 9,5.

Одночасна присутність у складі розчинних комплексів заліза і  $\beta$ -(1→3)/(1→6)-D-глюкану – потужного імуномодулятора – дозволяє прогнозувати ефективність їхнього застосування як дієтичних добавок із метою корекції харчового раціону сучасної людини.

На сьогодні в Україні не існує аналогів подібних препаратів, тому їхнє подальше всебічне дослідження представляє інтерес.

#### Список джерел інформації / References

1. Guire, M.M., Beerman, K.A. (2012), *Nutritional Sciences: From Fundamentals to Food.*, 3rd Ed., Wadsworth Cengage Learning, New York, 736 p.
2. Soetan, K.O., Olaiya, C.O., Oyewole, O. E. (2010), “The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review”, *Afr. J. Food Science*, No. 4 (5), pp. 200-222.
3. Milman, N. (2011), “Anemia – still a major health problem in many parts of the world”, *Ann. Hematol.*, No. 90, pp. 369-377.
4. Beard, J.L. (2001), “Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning”, *J. Nutr.*, No. 131, pp. 5685-5695.
5. Nielsen, F.H. (2000), “Importance of making dietary recommendations for elements designated as nutritionally beneficial, pharmacologically beneficial, or conditionally essential”, *J. Trace Elem. Exp. Med.*, No. 13, pp. 113-129.
6. Geisser, P., Burckhardt, S. (2011), “The pharmacokinetics and pharmacodynamics of iron preparations”, *Pharmaceutic*, No. 3, pp. 12-33.
7. Miret, S., Simpson, R. J., McKie, A. T. (2003), “Physiology and molecular biology of dietary iron absorption”, *An. Rev. Nutr.*, No. 23, pp. 283-301.
8. Ortiz, R., Toblli, J. E., Romero, J. D. (2011), “Efficacy and safety of oral iron (III) polymaltose complex versus ferrous sulfate in pregnant women with iron-deficiency anemia: a multicenter, randomized, controlled study”, *J. Mat.-Fetal. Neonatal. Med.*, No. 24 (11), pp. 1-6.
9. Hutchinson, C., Al-Ashgar, W.D., Liu, Y., Hider, R.C. (2004), “Oral ferrous sulphate leads to a marked increase in pro-oxidant nontransferrin-bound iron”, *E. J. Clin. Inv.*, No. 34 (11), pp. 782-784.

10. Dresow, B., Petersen, D., Fischer, R., Nielsen, P. (2008), "Nontransferrin-bound iron in plasma following administration of oral iron drugs", *BioMetals*, No. 21 (3), pp. 273-276.

11. Nikolic, G., Cakic, M. (2007), "Physical investigations of colloidal iron-inulin complex", *Col. J.*, No. 69 (4), pp. 501-509.

12. Синтез железу (II, III) содержащих производных арабиногалактана / С. А. Медведева, Г. П. Александрова, Л. А. Грищенко, Н. А. Тюкавкина // Журнал общей химии. – 2002. – № 9. – С. 1569–1573.

Medvedeva, S.A., Aleksandrova, G.P., Grishhenko, L.A., Tjukavkina, N.A. (2002), "Synthesis of iron (II, III) containing derivatives of arabinogalactan" ["Синтез zhelezo (II,III) soderzhashhih proizvodnyh arabinogalaktana"], *J. of General Chem.*, No. 9, pp. 1569-1573.

13. Coe, E.M., Bereman, R.D., Monte, W.T. (1995), "An investigation into the size of an iron dextran complex", *Biochem.*, No. 60, pp. 149-153.

14. Villares, A., Mateo-Vivaracho, L., Guillamon, E. (2012), "Structural features and healthy properties of polysaccharides occurring in mushrooms", *Agriculture*, No. 2, pp. 452-471.

15. Chung, C., Nickerson, W. (1954), "Polysaccharide synthesis in growing yeast", *J. Biol. Chem.*, No. 208, pp. 395-407.

16. Mophan, N., Vinitnantharat, S., Somsook, E. (2010), "Enhancing iron (III) solubility using cassava and arrowroot starch", *ScienceAsia*, No. 36, pp. 172-173.

17. Somsook, E., Hinsin, D., Buakhrong, P., Teanchai, R. (2005), "Interactions between iron (III) and sucrose, dextran, or starch in complexes", *Carbohydr. Polymer.*, No. 61, pp. 281-287.

18. Nikolic, G., Cakic, M., Lli, L., Ristic, S., Cakic, Z. (2002), "Synthesis of some new antianemics I. Iron pullulan complexes of pharmaceutical interest", *Pharmazie*, No. 57 (3), pp. 155-158.

**Черно Наталія Кирилівна**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри харчової хімії, Одеська національна академія харчових технологій. Адреса: вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039. Тел.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.

**Черно Наталья Кирилловна**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри харчової хімії, Одеська національна академія харчових технологій. Адреса: ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039. Тел.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.

**Cherno Natalya**, Doctor of Sciences, Professor, Head of Department, Department of Food Chemistry, Odessa National Academy of Food Technologies. Address: Kanatnya str.112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.

**Озолина Софія Олександрівна**, канд. хім. наук, доц., кафедра харчової хімії, Одеська національна академія харчових технологій. Адреса: вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039. Тел.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.



**Озолина София Александровна**, канд. хим. наук, доц., кафедра пищевой химии, Одесская национальная академия пищевых технологий. Адрес: ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039. Тел.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.

**Osolina Sophya**, Candidate of Sciences, (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Associate Professor, Department of Food Chemistry, Odessa National Academy of Food Technologies. Address: Kanatnya str., 112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: (048)712-41-76; e-mail: onaft\_foodchem@mail.ru.

**Нікітіна Олександра Валерійна**, наук. співроб., проблемна науково-дослідна лабораторія, Одеська національна академія харчових технологій. Адреса: вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039. Тел.: 0951924212; e-mail: alex.nikitina@gmail.com.

**Никитина Александра Валерьевна**, науч. сотр., проблемная научно-исследовательская лаборатория, Одесская национальная академия пищевых технологий. Адрес: ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039. Тел.: 0951924212; e-mail: alex.nikitina@gmail.com.

**Nikitina Olexandra**, Researcher, Problem Research Laboratory Odessa National Academy of Food Technologies. Address: Kanatnya str., 112, Odessa, Ukraine, 65039. Tel.: 0951924212; e-mail: alex.nikitina@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.  
Отримано 1.08.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК [664.858.014:635.128]:005.591.1

## **РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАСТЕРНАКУ**

**І.Р. Біленька, Н.А. Лазаренко, Я.А. Голінська**

*Розроблено в асортименті рецептури нових композицій для виробництва концентрованих продуктів із використанням коріння пастернаку. Установлено оптимальні співвідношення складових компонентів. Результати дегустаційної оцінки експериментальних зразків підтвердили високу якість продуктів.*

***Ключові слова:** коріння пастернаку, агар, яблука, кориця, чорноплідна горобина, конфітур, органолептичні показники.*