

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ  
РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА І ТОРГІВЛІ**

**Збірник наукових праць**

Видається з 2005 року

*Випускається 2 рази на рік*

*Випуск 1 (25)*

Харків  
ХДУХТ  
2017

**Городиська Олена Володимирівна**, асп., асист. кафедра харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет Адреса: вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14027. Тел.: (046)266-51-48; e-mail: gorelena84@gmail.com.

**Городиская Елена Владимировна**, асп., асист. кафедра пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет. Адрес: ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, Украина, 14027. Тел.: (046)266-51-48; e-mail: gorelena84@gmail.com.

**Gorodyska Olena**, assistant lecturer of Food Technologies Department, Chernihiv National Technological University. Address: Shevchenko str., 95, Chernihiv, Ukraine, 14027. Tel.: (046)266-51-48; e-mail: gorelena84@gmail.com.

**Ксенюк Марія Павлівна**, ст. викл., кафедра харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет. Адреса: вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14027. Тел.: (046)266-51-48; e-mail: marija-ksenjuk@ukr.net.

**Ксенюк Мария Павловна**, ст. преп., кафедра пищевых технологий, Черниговский национальный технологический университет. Адрес: ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, Украина, 14027. Тел.: (046)266-51-48; e-mail: marija-ksenjuk@ukr.net.

**Kseniuk Maria**, senior lecturer, of Food Technologies Department, Chernihiv National Technological University. Address: Shevchenko str. 95, Chernihiv, Ukraine, 14027. Tel.: (046)266-51-48; e-mail: marija-ksenjuk@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. А.А. Дубініною, д-ром техн. наук, проф. О.І. Сизою, канд. техн. наук, доц. В.М. Челябівною.*

*Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.*

DOI: 10.5281/zenodo.1108623

УДК 664:87

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СУХОГО ЕКСТРАКТУ КОРЕНЯ ІМБИРУ**

**К.В. Рубанка, В.А. Терлецька, А.Г. Абрамова**

*Представлено результати досліджень якості сухого екстракту кореня імбиру, отриманого методом дрібної мацерації. Відображено зміни хімічного складу сухого екстракту у процесі його виробництва. Проаналізовано зміни вуглеводів, білків, кислот, фенольних речовин, вітамінів та мінеральних речовин, розраховано їх інтегральний скор. Установлено*

безпе́чність вико́ристано́ї сирови́ни та отримано́го з нього́ сухо́го екстра́кту за показником вмі́сту ва́жких металі́в.

*Ключо́ві сло́ва:* імби́р, сухий екстра́кт, харчо́ва ці́нність.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СУХОГО ЭКСТРАКТА КОРНЯ ИМБИРЯ

**Е.В. Рубанка, В.А. Терлецкая, А.Г. Абрамова**

*Представлены результаты исследований качества сухого экстракта корня имбиря, полученного методом дробной мацерации. Отражены изменения химического состава сухого экстракта в процессе его производства. Проанализированы изменения углеводов, белков, кислот витаминов и минеральных веществ, рассчитан их интегральный скор. Установлена безопасность использованного сырья и полученного из него сухого экстракта по показателю содержания тяжелых металлов.*

*Ключевые слова:* имбирь, сухой экстракт, пищевая ценность.

## INVESTIGATION OF QUALITY OF DRY EXTRACT ROOT OF GINGER

**K. Rubanka, V. Terletskaia, A. Abramova**

*The article presents the advantages of vegetable extracts over fresh plant products and the advisability of using them in the food industry as a food fortifier of food, natural coloring and flavoring. These prospects use the root extract of ginger, as part of the food recipe to create a functional product. The quality of dry ginger extract obtained by fractional maceration using water as an extract was analyzed. Changes in the chemical composition of the dry extract in the process of its production are described, namely, 10% reduction in carbohydrates, 24% organic acids, 42% simple phenols, 45% ascorbic acid and complete loss of proteins, whereas flavonoids, tannins, vitamins P and B<sub>2</sub>, on the contrary, increases by 7 – 40% in proportion to the source material used (dry ginger root). Analyzed changes in vitamins and minerals. A large increase in mineral substances is due to their resistance to high temperatures. The results of calculations of the nutritional value are given: for K – 154%, Na – 45%, Ca – 46%, Mg – 187%, Fe – 240%, Cu – 136%, Zn – 130% and maximum for Mn – 613%. For vitamins such as ascorbic acid, vitamin P and B<sub>2</sub>, the nutritional value of dry ginger extract was 105%, 202% and 98%, respectively. The safety of the raw materials and the dry extract extracted from it in terms of the content of heavy metals and arsenic was established, and the results of studies of their changes in the production of dry extract of ginger root were presented.*

*Keywords:* ginger, dry extract, food value.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Найбільш популярними серед населення України є продукти, збагачені вітамінами, мінеральними речовинами та антиоксидантами. Це

пояснюється їх здатністю підтримувати життєдіяльність всіх органів людини, про що свідчить динаміка темпу середньорічного зростання світового ринку натуральних інгредієнтів, який стабільно збільшується з кожним роком на 2–3% [1]. За цих умов інновації у створенні функціональних продуктів харчування мають бути зосереджені на розширенні асортименту харчових продуктів із підвищеною харчовою цінністю за рахунок використання продуктів переробки рослинної сировини у вигляді сухих екстрактів, що є актуальним на сьогодні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відповідно до низки публікацій [2], рослинні екстракти є найбільш перспективною сировиною для створення продуктів, збалансованих за вмістом біологічно активних речовин, оскільки рослинні екстракти – це інгредієнти, які поєднують натуральність, функціональність та містять есенціальні речовини в концентрованій кількості; мають гарантійний термін зберігання від 12 місяців і більше; мікробіологічно чисті та, відповідно, характеризуються високим ступенем безпечності. Екстракти сприяють подовженню терміну зберігання продуктів за рахунок наявності великої кількості природних консервантів та антиоксидантів [3; 4; 5], а наявність пігментів дозволяє повністю уникати використання синтетичних барвників та ароматизаторів [2; 3; 5].

На сьогодні рослинні екстракти широко використовують у харчовій, парфумерній, косметичній і фармацевтичній промисловості. У харчовій промисловості їх найчастіше використовують у виробництві готових до споживання напоїв і сухих сумішей для розчинних напоїв (холодні, фруктові дитячі чаї, безалкогольні та функціональні напої, ароматизовані мінеральні води); жувальних гумок і кондитерських виробів (льодяники, шоколадні вироби, батончики тощо); молочних продуктів (йогурти, десерти, морозиво та ін.); продуктів харчування для дітей.

Екстракти також використовують у виробництві приправ, БАД, хлібобулочних виробів, продуктів харчоконцентратної промисловості та ін.

Для створення таких екстрактів перспективною сировиною є імбир. До його складу входить цингіберен (zingiberen), що відноситься до класу терпенів і надає пекучий смак кореню, цукор та жир. У корені наявні незамінні амінокислоти: треонін, триптофан, лізин, фенілаланін, метіонін та валін [6]. Серед мікро- та макроелементів наявні K, Ca, Fe, Mg, F, K, Na, Zn, Cu, Mn [6]. Корінь імбиру є джерелом водорозчинних вітамінів, таких як C, B2, до його складу входять також вітаміни A, E.

Імбир має антимікробні, протигрибкові антитоксичні, седативні, протизапальні властивості, поліпшує кровообіг, функції шлунку, підвищує кров'яний тиск.

Характерний смак, аромат кореня імбиру, його багатий хімічний склад і корисні для організму людини властивості сприяють широкому використанню у харчовій промисловості. Проте виробництво екстрактів передбачає жорсткий вплив високих температур на сировину під час екстрагування та сушіння, що, безперечно, має негативні наслідки з точки зору збереження біологічно активних речовин.

**Мета статі** – дослідження якості, харчової цінності та безпечності сухого екстракту імбиру для підтвердження доцільності його застосування у виробництві продуктів функціонального призначення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Попередніми дослідженнями було удосконалено технологію виробництва сухого екстракту кореня імбиру, яка полягала в інтенсифікації процесу екстрагування методом дрібної мацерації. Згідно з класичною технологією екстракцію кореня імбиру проводять водою за температури 27°C впродовж 24 годин, або 40–45%-ним етиловим спиртом за температури 18–22°C впродовж 96 годин. Проте існуючі технології виробництва екстракту імбиру методом мацерації не забезпечують повного вилучення БАР, до того ж потребують тривалого часу екстрагування. Удосконалена нами технологія відрізняється від класичної застосуванням двократного екстрагування водою за підвищеної температури (90°C) впродовж 3 годин. У подальшому згущений екстракт до вмісту сухих речовин 30% висушували за температури 60°C за допомогою вальцьової сушарки до масової частки вологи не більше 5%, з подальшим подрібненням до розміру частинок 0,05...0,10 мм. В отриманому екстракті визначали органолептичні, фізико-хімічні показники, мінеральний склад та безпечність.

Загальний вміст простих фенольних речовин, флавоноїдів та Р-активних речовин установлювали колориметричним методом, вміст дубильних речовин – перманганатним методом, вуглеводи – йодометричним методом, загальний вміст азоту – методом К'ельдаля, вітаміни – згідно з ГОСТ 7047-55.

Кількість всіх наявних мікро- та макроелементів визначали за допомогою рентгено-флуоресцентного аналізатора ElvaX-med за методикою визначення частки хімічних елементів (МВІ № 081/12–4502–00 від 21.07.2000). Дослідження вмісту свинцю, кадмію, проводили в золі відповідного зразка атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Semy C–115 M 1 (Україна), ртуті – методом холодної пари за допомогою спектрофотометра ПРГ–107, миш'яку – атомно-абсорбційним методом за допомогою спектрофотометра з термічною атомізацією Varian Spectr AA 240 Z (Австралія) згідно з ГОСТ 30178–96.

За органолептичними показниками отриманий сухий екстракт імбиру має порошкоподібну однорідну консистенцію, колір відповідає досліджуваній сировині з більш насиченим карамельним відтінком, що пояснюється утворенням окиснених поліфенольних сполук та меланоїдинів. Смак та аромат екстракту імбиру притаманні використаній сировині, пекучий, присутній приємний солодкий післясмак, без сторонніх присмаків. Загалом зовнішній вигляд не має негативних проявів; екстракт швидко і повністю розчиняється у воді, що дозволяє застосовувати його у різних галузях харчової промисловості.

Вітаміни, мінеральні, фенольні речовини, білки, вуглеводи визначають харчову цінність продукту, крім того, фенольні речовини є антиоксидантами, що спонукає до необхідності їх визначення. Результати досліджень вмісту вуглеводів, білків, органічних кислот, фенольних речовин та деяких вітамінів як висушеного кореня імбиру, так і його сухого екстракту представлено в табл. 1.

Таблиця 1

**Вміст окремих компонентів хімічного складу висушеного кореня імбиру та його сухого екстракту**

Зразок	Масова частка вологи, %	Загальний вміст цукрів, % до СР	Титрована кислотність у перерах. на яблучну К-ту, % до СР	Білок, % до СР	Загальна кількість простих фенолів, мг/100	Флавоноїди, % до СР	Дубильні речовини, % до СР	Вітаміни, мг/100 г до СР		
								С	Р	В <sub>2</sub>
Сухий корінь імбиру	8,2	15,6	5,5	4,1	1,68	0,14	2,5	134,9	15,9	0,3
Сухий екстракт кореня імбиру	4,5	13,9	4,2	0	0,97	0,15	3,5	74,7	65,6	1,2

Із результатів досліджень хімічного складу сушеного імбиру та виготовленого з нього сухого екстракту встановлено, що в екстракті кількість цукрів, білка, фенольних речовин та вітаміну С зменшується, тоді як флавоноїдів, вітамінів Р та В<sub>2</sub>, збільшується.

Так, титрована кислотність знижується на 23%, що, імовірно, зумовлено здатністю кислот дисоціювати у водних розчинах,

утворюючи іони водню під час екстрагування, та втратою летких кислот під час сушіння. Втрата білка обумовлена його видовим складом, а саме – наявністю у великій кількості фракцій, нерозчинних у воді, тоді як альбумін під дією високих температур екстрагування (90°C) денатурує.

Загальна кількість простих фенолів у екстрактах зменшується порівняно із сировиною на 42%, що пояснюється їх здатністю гідролізуватися ферментом таназою або органічними кислотами з утворенням темно-бурих сполук флабофенів, до того ж фенольні речовини здатні взаємодіяти з білками, утворюючи нерозчинний осад [7]. Зниження кількості вуглеводів у сухому екстракті очевидно пов'язано з процесом меланоїдиноутворення та термічним розкладом цукрів у процесі сушіння.

Дубильні речовини легко окиснюються в присутності кисню, проте їх кількість у екстракті більша, ніж у сировині і становить 3,5% до СР. Збільшення кількості дубильних речовин, можливо, обумовлено їх накопиченням у результаті полімеризації флавонолів і гідролізом катехінів [7]. У екстракті імбиру підвищується вміст флавоноїдів до 0,15% до СР, що пояснюється високою кількістю цих сполук серед екстрактивних речовин сировини відносно сухих речовин екстракту.

Згідно з результатами визначення вмісту вітамінів у висушеному корені та в його екстракті визначено, що в екстракті кількість вітаміну С менша на 44% порівняно із сухим корнем. Імовірно, втрати аскорбінової кислоти зумовлені її термічним перетворенням в дегідроаскорбінову, проте наявність у складі крохмалю сприяє зменшенню окиснення вітаміну С під час його екстрагування та окиснення, оскільки він виступає стабілізатором. Так, кількість аскорбінової кислоти в готовому екстракті складає 74,7 мг/100 г до СР, тобто інтегральний скор становить 105%. Кількість вітамінів Р та В<sub>2</sub> у екстракті збільшується в 4 рази порівняно з сировиною, для яких інтегральний скор становить 202 та 98%. Ці вітаміни стійкі до гідротермічної обробки, до того ж, висока температура сприяє їх кращому розчиненню у воді та дифузії в екстракт.

Результати досліджень вмісту мікро- та макроелементів у сушеному імбирі та виготовленому з нього екстракті представлено в табл. 2.

Таблиця 2

**Вміст мікро-, макроелементів у висушеному корені імбиру та його сухому екстракті**

Елемент, мг/100г СР	Сухий корінь імбиру	Сухий екстракт кореня імбиру
S	349,67	724,32
K	1418,30	3849,06
Na	80,61	539,83
Ca	129,63	506,29
Mn	7,95	12,26
Mg	217,86	655,14
Fe	14,16	40,88
Ni	0,11	0,31
Cu	0,44	1,36
Zn	2,29	15,62
Br	3,81	7,65
Rb	1,31	2,73
Sr	*	1,68
Cl	57,73	114,26
Cr	0,33	0,84

\* — результати знаходяться за межами чутливості досліджу

Визначено, що кількість мінеральних речовин у екстракті збільшується в 1,5–6 рази, порівняно з сировиною. Мінеральні речовини не є водорозчинними, тому їх перехід у розчин відбувається за рахунок вимивання елементів через капіляри рослин і залежить від розміру капілярів та розміру молекули елемента. Їх значна кількість у рідкому екстракті пояснюється великою кількістю цих сполук серед екстрактивних речовин сировини відносно сухих речовин екстракту.

Важливим результатом процесу виробництва сухого екстракту імбиру є підвищення інтегрального скору як для вітамінів, так і для мінеральних речовин. Застосування процесу екстрагування сприяє концентруванню мінеральних речовин у екстракті, інтегральний скор для якого становить: для K – 154%, Na – 45%, Ca – 46%, Mg – 187%, Fe – 240%, Cu – 136%, Zn – 130%. Особливу увагу привертає вміст Mn, інтегральний скор для якого становить найбільше – 613%.

Високий інтегральний скор як вітамінів, так і мінеральних речовин дає змогу застосовувати сухий екстракт імбиру в невеликих кількостях (до 17 г на 100 г готового продукту), що є досить важливим з органолептичної точки зору. Це в першу чергу зумовлено його пекучим смаком.



Не менш важливий показник якості рослинних екстрактів – це їх безпечність, оскільки, можливо, відбувається перехід важких металів в екстракт, а це може призвести до забруднень екстрактів токсичними речовинами. Тому досліджено вміст важких металів та миш'яку в екстракті, який порівнювали з сухим коренем імбиру. Результати досліджень безпечності екстракту представлено в табл. 3.

Таблиця 3

**Вміст важких металів та миш'яку у висушеному корені імбиру та його сухому екстракті**

Зразок	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мк/кг	As, мк/кг·10 <sup>-3</sup>
ГДК	0,02	1,00	0,05	0,1
Сухий корінь імбиру	0,003	0,282	0,013	0
Сухий екстракт кореня імбиру	0,005	0,469	0,023	0

Визначено, що вміст важких металів в імбиру та його сухому екстракті знаходиться в допустимих межах ГДК, тоді як процес виробництва екстракту призводить до їх збільшення в 1,7–1,8 разу, що аналогічно вмісту мінеральних речовин, зумовлено розміром капілярів рослини та розміром молекули металу. Тому досить важливим залишається питання про встановлення норм вмісту важких металів у рослинній сировині, яка використовується для виробництва екстрактів. Загалом досліджуваний сухий екстракт імбиру є безпечним для споживання з точки зору токсичності, тому може бути використаний для створення функціональних продуктів.

**Висновки.** Проведений аналіз якості розробленого сухого екстракту імбиру доводить його високі органолептичні показники та харчову цінність. Наявність високої кількості вітамінів та мінеральних речовин дозволяє припустити, що розроблений екстракт характеризується загальнозміцнюючими, тонізуючими та антиоксидантними властивостями, може підвищувати опір організму інфекційним захворюванням. Агрегатний стан і здатність до розчинення у воді дозволяють використовувати його як напій або добавку до харчових продуктів, що дає можливість створювати нові продукти функціонального призначення.

**Список джерел інформації / References**

1. Татарінова Е. Мировой рынок пищевых ингредиентов: курс на натуральность и здоровье / Е. Татарінова // Продукты & ингредиенты. – 2014. – № 4. – С. 8–10.

Tatarinova, E. (2014), "World market of food ingredients: course for naturalness and health", *Products & Ingredients* ["Mirovoj rynek pishchevyh ingredientov: kurs na naturalnost' i zdorove"], No. 4, pp. 8-10.

2. Производство сухих растительных экстрактов и оценка их качества / А. А. Вековцев, А. Н. Австриевских, Е. О. Ермолаева, В. М. Позняковский // Пиво и напитки. – 2005. – № 1. – С. 42–43.

Vekovtsev, A., Austriyevskikh, A., Ermolaeva, E., Poznyakovskiy, V. (2005), "Production of dry plant extracts and assessment of their quality" ["Proizvodstvo suhih rastitelnyh ehkstraktov i ocenka ih kachestva"], *Beer and drinks*, No. 1, pp. 42-43.

3. Ложкина Г. А. Влияние различных факторов на процесс экстракции почек тополя баальзамического / Г. А. Ложкина, Е. В. Исаева, Т. В. Рязанова // Химия растительного сырья. – 2007. – № 2. – С. 51 – 54.

Lozhkina, G., Isaeva, E., Ryazanova, T. (2007), "Influence of various factors on the process of extraction of balsamic poplar buds", *Chemistry of plant raw materials* ["Vliyaniye razlichnyh faktorov na process ehkstrakcii pochek topolya balzamichekogo"], No. 2, pp. 51-54.

4. Ушанова В. М. Исследования компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов / В. М. Ушанова, В. М. Воронин, С. М. Репях // Химия растительного сырья. – 2001. – № 3. – С. 105–110.

Ushanova, V., Voronin, V., Relyah, S. (2001), "Investigations of the components of medicinal plant raw materials on the composition of extracts obtained", *Chemistry of plant raw materials* ["Issledovaniya komponentov lekarstvennogo rastitelnogo syrya na sostav poluchaemyh ehkstraktov"], No. 3, pp. 105-110.

5. Рязанова О. А. Использование местного растительного сырья в производстве обогащенных продуктов питания / О. А. Рязанова, О. Д. Кириличева // Пищевая промышленность. – 2005. – № 6. – С. 72–73.

Ryazanova, O., Kirilicheva, O. (2005), "Use of local plant raw materials in the production of fortified food products", *Food industry* ["Ispolzovanie mestnogo rastitelnogo syrya v proizvodstve obogashchennyh produktov pitaniya"], No. 6, pp. 72-73.

6. Куликова Н. В. Имбирь – универсальный домашний доктор / В. Н. Куликова. – М. : РИПОЛ классик, 2011. – 64 с. – (Здоровый образ жизни и долголетие).

Kulikova, N. (2011), *Ginger – the universal home doctor* [Imbir – niversalnyj domashnij doktor], RIPOL classic, Moscow, 64 p. (Healthy lifestyle and longevity).

7. Дамодаран Ш. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К. Л. Паркин, О. Р. Фемена ; пер. с англ. – СПб. : Профессия, 2012. – 1040 с.

Damodaran, Sh., Parkin, K., Feema, O. (2012), *Chemistry of Food Products. Trans. from Eng.* [Himiya pishchevyh produktov, per. s angl.], Profession, St. Petersburg, 1040 p.

**Рубанка Катерина Володимирівна**, канд. техн. наук, асист., кафедра технології консервування, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, 33, Україна, 01601. E-mail: rubanka\_ekaterina@ Rambler.ru.

**Рубанка Катерина Владимировна**, канд. техн. наук, ассист., кафедра технологии консервирования, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, 33, Украина, 01601. E-mail: rubanka\_ekaterina@ Rambler.ru.

**Rubanka Kateryna**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Conservation Technologies, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, 33, Ukraine, 01601. E-mail: rubanka\_ekaterina@ukr.net.

**Терлецка Віта Альбертівна**, канд., техн. наук, доц., кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, 33, Україна, 01601. E-mail: terletskay@ukr.net.

**Терлецкая Вита Альбертовна**, канд., техн. наук, доц., кафедра технологии хлебопекарских и кондитерских изделий, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, 33, Украина, 01601. E-mail: terletskay@ukr.net.

**Terletsaya Vita**, Candidate of Technical Sciences, docent, Department of Bread, Confectionary Productions, National University Of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, 33, Ukraine, 01601. E-mail: terletskay@ukr.net.

**Абрамова Асвят Георгіївна**, канд. техн. наук, асист., кафедра технології харчування та ресторанного бізнесу, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, 33, Україна, 01601. E-mail: asyag\_a@ukr.net.

**Абрамова Асвят Георгиевна**, канд. техн. наук, ассист., кафедра технологии питания и ресторанного бизнеса, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, 33, Украина, 01601. E-mail: asyag\_a@ukr.net.

**Abramova Asiat**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Food Technology and Restaurant Business, National University of Food Technologies. Address: Volodymyrska str., 68, Kyiv, 33, Ukraine, 01601. E-mail: asyag\_a@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.В. Погарською, д-ром хім. наук, проф. В.С. Броварень, д-ром техн. наук, проф. В.В. Шутюк. Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.*

DOI: 10.5281/zenodo.1108625