

Фоменко Вениамин Васильевич, канд. хим. наук, доц. кафедры общей и неорганической химии, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: (044)2879833.

Fomenko Veniamin, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.), Associate Professor, Department of General and inorganic chemistry, National University of Food Technology. Address: 68 Volodymyrska str., Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: (044)2879833.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Є.Г. Афтанділянцем, д-ром техн. наук, проф. Г.С. Поліщук.

Отримано 1.08.2015. ХДУХТ, Харків.

УДК 663.45

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ СУСЛА НА СТАДІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ ДРІЖДЖІВ НА ЗБРОДЖУВАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНОГО ПИВНОГО СУСЛА

Т.В. Харандюк, Р.Б. Косів, Л.Я. Паляниця, Н.І. Березовська

Досліджено вплив концентрації сусла 10, 12, 14, 16 та 18% сухих речовин на стадії культивування дріжджів на їх фізіологічний стан і біомасу клітин, динаміку збродження висококонцентрованого пивного сусла та фізико-хімічні показники молодого пива. Визначено оптимальний діапазон концентрації поживного середовища, який становить 10–12% сухих речовин.

***Ключові слова:** пивні дріжджі, культивування, концентрація культурального середовища, високогустинне пивоваріння.*

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУСЛА НА СТАДИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДРОЖЖЕЙ НА СБРАЖИВАНИЕ ВИСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО ПИВНОГО СУСЛА

Т.В. Харандюк, Р.Б. Косив, Л.Я. Паляныця, Н.И. Березовская

Исследовано влияние концентрации сусла 10, 12, 14, 16 и 18% сухих веществ на стадии культивирования дрожжей на их физиологическое состояние и биомассу клеток, динамику сбраживания высококонцентрированного пивного сусла и физико-химические показатели молодого

пива. Определен оптимальный диапазон концентрации питательной среды, который составляет 10–12% сухих веществ.

Ключевые слова: пивные дрожжи, культивирование, концентрация культуральной среды, высокоплотное пивоварение.

INFLUENCE OF WORT CONCENTRATION ON HIGH GRAVITY BREWING AT THE STAGE OF YEAST CULTIVATION

T. Kharandiuk, R. Kosiv, L. Palyanytsya, N. Berezovska

One of the current methods of energy saving technologies is high gravity brewing. Unfavourable conditions are observed during fermentation of highly concentrated wort for the yeast nutrition and flow of fermentation process. In addition, the alcohol content of more than 5% vol. inhibits yeast viability. Negative reaction to osmotic stress can be reduced by gradually adaptation of cells to a high concentration of solids ranging starting from stage of yeast cultivation. Therefore, the purpose of our research was to study the influence of the concentration of nutrient medium during cultivation process on the physiological properties of yeast and fermentation of highly concentrated beer wort. The concentration of the culture medium at the stage of cultivation greatly influences the physiological state of yeast. It is established, that the increase of concentration leads to the increase in the proportion of dead yeast cells, especially in the dry matter content of 16 and 18%. Reserve substances determine physiological state of yeast culture, have a direct impact on the fermentation and involved in maintaining of cell viability in response to stress factors. Increasing the concentration of the culture medium almost has no effect on the accumulation of glycogen in cells on the first and on the second stages of cultivation. On the third stage increase in the proportion of mature cells with increasing concentrations of the culture medium is observed. Environmental conditions greatly affect the growth and reproduction of the yeast. Increasing of concentration of the culture medium from 10 to 16% led to an increase in the concentration of yeast cells and slight decrease of relative biomass (for 7-16,6%). Relative biomass significantly decreased (by 34.9%) when the content of solids is 18%. Therefore, it is inappropriate to use nutrient medium with concentration of 18% solids at a stage of culturing yeast for high gravity brewing. Fermentative activity is an important technological feature of yeast. It is established, that increase of the concentration of the culture medium from 10 to 16% at the stage of culturing yeast led to decrease in the rate of fermentation obtained by seeding yeast, to the reduction of ethanol concentration in young beer, to the increase of the extract in young beer and to reduction of the extract fermentation rate. Consequently, the use of a more concentrated nutrient medium at the cultivation stage allows to get seeding yeast with lower fermentation activity. This is caused by the decrease in their rate of growth and reproduction, deterioration of physiological state of yeast, decrease in the concentration of viable cells. Beer taste profile is formed particularly by vicinal dike tones. Their content in young beer grew and organoleptic properties of beer are respectively deteriorated by means of seeding

yeast, cultured in a more concentrated nutrient media. Thus, the optimal range of concentration of the culture medium at the stage of cultivation of brewer's yeast for high gravity brewing is 10–12% dry matter.

***Keywords:** brewing yeast, cultivation, the concentration of the culture medium, high gravity brewing.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. У технології виробництва пива найбільш енергозатратними етапами є затирання зернової сировини з водою та кип'ятіння сусла з хмелем. Це зумовлює високу вартість готового продукту та залежність виробника від теплоносіїв, зокрема газу. В умовах енергетичної кризи актуальним як ніколи є питання енергоощадності технологій. Одним із методів його реалізації є високогустинне пивоваріння. Завдяки підвищенню концентрації зброджуваного сусла зменшується витрата гріючої пари на виробництво готового продукту, більш ефективно використовується наявне обладнання, зменшується собівартість продукту та підвищується продуктивність виробництва, що дуже важливо для пивоварної промисловості як сезонного виробництва [1].

Проте висока концентрація сусла викликає осмотичний стрес у дріжджових клітинах. Реакція клітин на нього залежить від густини сусла та його вуглеводного складу, фізіологічного стану дріжджів і стадії росту клітин [2]. Клітини, які розмножуються, більш чутливі до стресу, ніж клітини, які знаходяться в стаціонарній фазі росту. Це пояснюється різним хімічним складом дріжджів, зокрема вмістом у них резервних вуглеводів. Глікоген і трегалоза виконують безліч важливих функцій у клітинах, зокрема беруть участь у підтримванні життєздатності клітин у відповідь на вплив стрес-факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні проводяться дослідження, спрямовані на підвищення осмо- та спиртостійкості дріжджів шляхом генної інженерії та впливу фізико-хімічних чинників [3]. Триває пошук ефективних способів селекції та адаптації дріжджів до підвищених концентрацій сухих речовин у виробничих субстратах.

Результати досліджень, проведених із використанням різних концентрацій сусла на стадії культивування (7,5, 10, 12,5, 15 і 17,5 °B_{lg}), показали прямо пропорційну залежність кількості нагромадженої біомаси лагерних дріжджів від концентрації сусла. Було відзначено, що кількість біомаси клітин, культивованих на суслі з концентрацією 17,5 °B_{lg}, збільшилась приблизно на 30% порівняно з концентрацією 7,5 °B_{lg}. Проте підвищення концентрації сусла від 7,5 до 12,5 та 17,5 °B_{lg} веде до зниження життєздатності дріжджів у кінці бродиння (98, 95 і 89% відповідно). При концентрації середовища вище 12,5 °B_{lg} рівень життєздатності становить менше 90%. [4].

Попередні дослідження [5] показали лише 4%-ве зниження життєздатності клітин лагерних дріжджів після їх інокуляції на культуральному середовищі концентрацією 12 і 20 °B_{lg}.

Проте актуальним залишається дослідження впливу концентрації культурального середовища на динаміку зброджування висококонцентрованого сусла за участю одержаних засівних дріжджів і фізико-хімічні показники пива.

Мета статті – дослідження впливу концентрації живильного середовища на стадії культивування на фізіологічні властивості дріжджів та зброджування ними концентрованого пивного сусла.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом досліджень обрано пивні дріжджі низового бродіння штаму W-34/70, які за результатами експериментальних досліджень показали кращі осмо- та спиротолерантні властивості [6]. Дріжджі культивували на пивному неохмеленому стерильному суслі з концентраціями сухих речовин (СР) 10, 12, 14, 16 і 18% у три етапи: 1-й етап – у пробірку додавали 10 см³ сусла заданої концентрації та засівали чисту культуру дріжджів, 2-й етап – у колбу додавали 50 см³ сусла та засівали дріжджі з попередньої стадії, 3-й етап – у колбу додавали 200 см³ сусла та дріжджі з попередньої стадії. Культивування проводили при температурі 25°C тривалістю 24 год на кожному етапі. Наприкінці кожної стадії культивування визначали частку мертвих клітин, забарвлених метиленовим синім, клітин із глікогеном та загальну концентрацію клітин методом їх розрахунку на камері Горяєва. Отримані дріжджі центрифугували протягом 10 хв при 4000 об./хв та визначали сиру біомасу зважуванням. Надалі проводили зброджування охмеленого сусла (200 см³) концентрацією 16% СР при температурі 15°C протягом 9 діб за участю дріжджів, культивованих у суслі з різною концентрацією. Процес зброджування сусла контролювали за масою виділеного вуглекислого газу. У молодому пиві визначали рН, кислотність, вміст екстракту та етанолу, ступінь зброджування, вміст віцінальних дикетонів (ВДК) за прийнятими в галузі методиками [7].

Якість пива значною мірою залежить від дріжджів, тому важливо забезпечити оптимальні умови для їх життєдіяльності, направлено та ефективно керуючи чинниками, які регулюють обмін речовин дріжджів.

В умовах високогустинного пивоваріння створюються несприятливі умови для живлення дріжджів і перебігу бродіння, а вміст спирту більше 5% об. інгібує життєдіяльність дріжджів. Знизити реакцію на осмотичний стрес можна поступовою адаптацією клітин до високої концентрації, починаючи зі стадії культивування дріжджів.

Концентрація живильного середовища на стадії культивування значно впливає на фізіологічний стан дріжджів. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що підвищення концентрації живильного середовища веде до збільшення частки мертвих клітин дріжджів (рис. 1а). В інтервалі концентрацій 10–14% спостерігали незначну зміну кількості клітин, забарвлених метиленовим синім, а при вмісті СР 16 і 18% – значне їх збільшення. Для 1-ї стадії культивування характерні найбільші значення частки мертвих клітин, що свідчить про адаптування дріжджів до підвищеного осмотичного тиску на подальших стадіях. Дріжджі, культивовані на 10–14%-му суслі, відповідали регламентованим нормам за часткою мертвих клітин (0,5–3,3%).

У разі надлишку живильних речовин дріжджові клітини запасують резервні речовини – глікоген, фосфати, ліпіди, трегалозу. Резервні речовини у клітинах визначають фізіологічний стан дріжджової культури, безпосередньо впливають на перебіг бродіння, беруть участь у підтримці життєздатності клітин у стресових умовах.

Експериментально встановлено, що підвищення концентрації живильного середовища практично не впливало на нагромадження глікогену в дріжджових клітинах на 1-й і 2-й стадіях культивування. На 3-й стадії спостерігали збільшення частки зрілих клітин із підвищенням концентрації сусла (рис. 1б).

Умови середовища значною мірою впливають на ріст і розмноження дріжджових клітин. Підвищення вмісту СР у живильному середовищі від 10 до 16% приводило до росту концентрації дріжджових клітин (рис. 2а) і біомаси дріжджів (рис. 2б), а подальше підвищення концентрації до 18% спричиняло незначне зниження цих показників. Оскільки підвищення концентрації сусла веде до збільшення кількості асимільованих поживних речовин, то варто порівняти біомасу нагромаджених дріжджів у відносних значеннях (у перерахунку на 10%-ве сусло). У діапазоні від 10 до 16% СР відбувалось незначне зменшення відносної біомаси (на 7–16,6%), а при вмісті СР 18% – суттєве її зниження (на 34,9%). Тому недоцільно використовувати живильне середовище концентрацією 18% СР на стадії культивування дріжджів для високогустинного пивоваріння.

Бродильна активність – важлива технологічна ознака дріжджів, оскільки визначає тривалість головного бродіння, фізико-хімічні властивості пива, його біологічну стійкість. Під час дослідження динаміки головного бродіння висококонцентрованого пивного сусла встановлено, що збільшення концентрації живильного середовища від 10 до 16% на стадії культивування дріжджів призводило до зменшення

швидкості бродіння за участю одержаних засівних дріжджів (рис. 3). Аналогічно зменшувались загальна маса виділеного вуглекислого газу та концентрація етилового спирту в молодому пиві, збільшувався вміст екстракту в ньому. Таким чином, культивування дріжджів на більш концентрованому суслі призводить до зменшення ступеня зброджування екстракту (табл.).

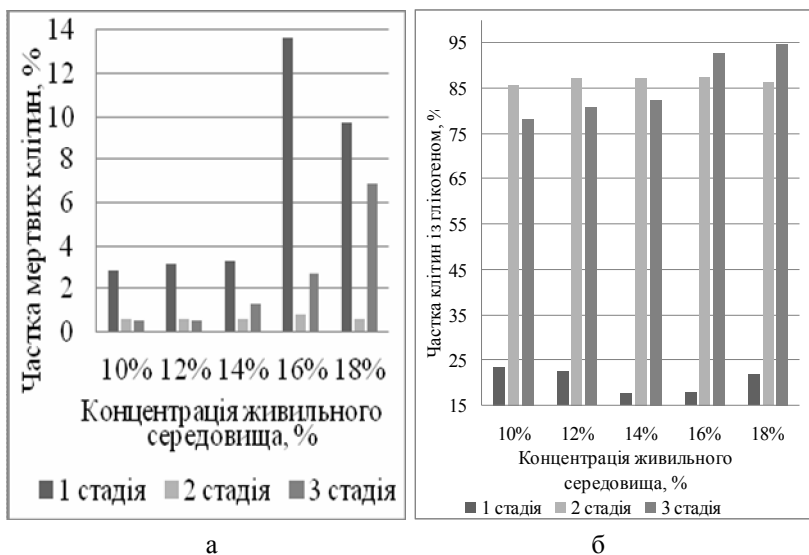


Рис. 1. Залежність від концентрації сусла на різних стадіях культивування: а – частки мертвих клітин; б – частки клітин із глікогеном

Отже, використання менш концентрованого живильного середовища на стадії культивування дозволяє одержати засівні дріжджі з вищою бродильною активністю. Це обумовлено збільшенням швидкості їх росту та розмноження (рис. 2а, 2б), покращенням фізіологічного стану (рис. 1а, 1б), збільшенням частки життєздатних клітин (рис. 1а).

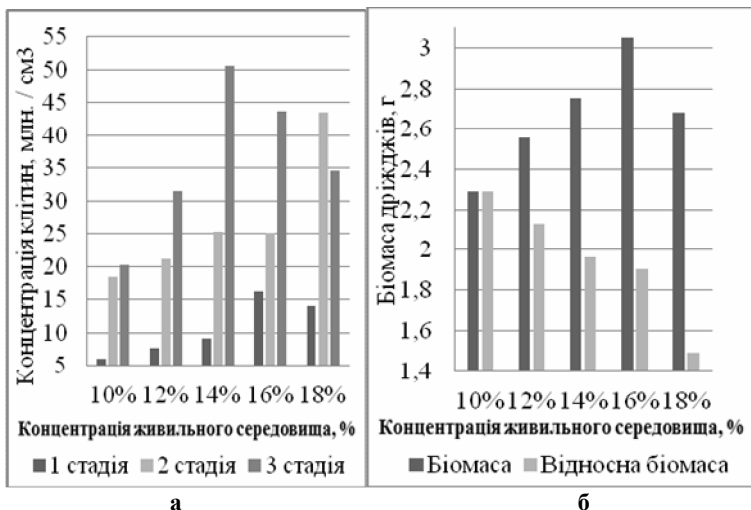


Рис. 2. Залежність від концентрації суслу на різних стадіях культивування: а – концентрації дріжджових клітин; б – біомаси дріжджів

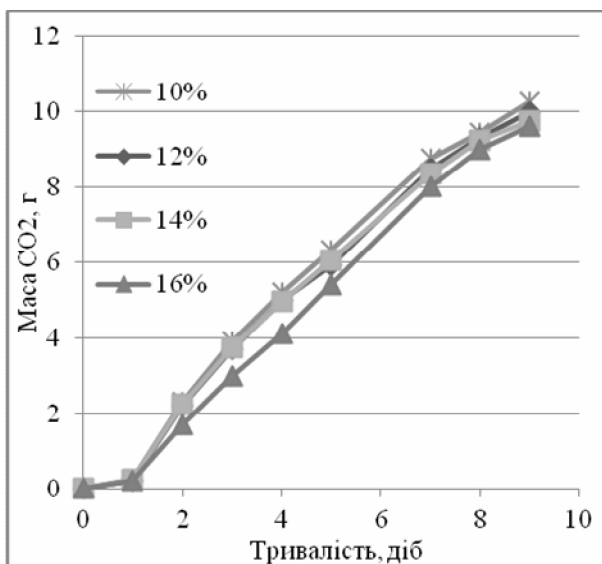


Рис. 3. Динаміка головного бродіння суслу за участю дріжджів, культивованих у живильному середовищі концентрацією 10, 12, 14, 16%

Фізико-хімічні показники молодого пива

Показник молодого пива	Концентрація живильного середовища, %			
	10	12	14	16
Вміст екстракту (% мас.):				
видимий	3,51	3,58	3,70	4,09
дійсний	5,89	5,96	6,00	6,37
Вміст етанолу, % мас.	5,37	5,27	5,10	5,05
Ступінь зброджування (%):				
видимий	77,62	77,55	76,41	74,35
дійсний	64,74	64,65	63,70	62,09
рН	4,651	4,581	4,674	4,692
Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ NaOH/100 см ³	3,0	3,0	2,8	2,8
Вміст ВДК, мг/дм ³	0,16	0,17	0,24	0,31

Смаковий профіль пива формують смакоароматичні речовини, у тому числі значною мірою віцинальні дикетони. У результаті досліджень встановлено, що вміст ВДК у молодому пиві зменшується та відповідно покращуються його органолептичні показники за умов використання засівних дріжджів, культивованих у менш концентрованих живильних середовищах (табл.).

Висновки. Оптимальним діапазоном концентрацій живильного середовища на стадії культивування пивних дріжджів для високогустинного пивоваріння є 10–12% СР, оскільки одержані засівні дріжджі характеризуються кращим фізіологічним станом і більшим виходом біомаси клітин. Ці значення концентрацій дають можливість отримати молоде пиво з вищим вмістом спирту, ступенем зброджування та низьким вмістом дикетонів.

Список джерел інформації / References

1. Almeida, R.B., Almeida e Silva, J.B., Lima, U.A., Silva, D.P., Assis, A.N. (2001), "Evaluation of fermentation parameters during high-gravity beer production", *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 18, pp. 459-465.
2. Pratt-Marshall, P.L., Brey, S.E., deCosta, S.D., Bryce, J.H., Stewart, G.G. (2002), "High gravity brewing—an inducer of yeast stress", *Brewer's Guardian*, 131(3), pp. 22-26.
3. Pratt-Marshall, P.L., Bryce, J.H., Stewart, G.G. (2003), "The effects of osmotic pressure and ethanol on yeast viability and morphology", *Journal of the Institute of Brewing*, 109, pp. 218-228.

4. Cahill, G., Murray, D.M., Walsh, P.K., Donnelly, D. (2000), "Effect of the Concentration of Propagation Wort on Yeast Cell Volume and Fermentation Performance", *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 58(1), 14-20.

5. Cunningham, S., Stewart, G.G. (1998), "Effects of High-Gravity Brewing and Acid Washing on Brewers' Yeast", *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, 56(1), pp. 12-18.

6. "Вплив концентрацій сухих речовин та етанолу на бродильну активність пивних дріжджів" / Т. Харандюк, Р. Косів, Л. Паляниця, Н. Березовська, Н. Паньків // Матеріали 81-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблеми харчування людства у XXI столітті». – Київ, 2015. – Ч. 1. – С. 226–227.

Kharandyuk, T., Kosiv, R., Palyanycya, L., Berezovska, N., Pankiv, N. (2015), "The influence of the concentration of solids and ethanol on fermentation activity of brewer's yeast", *Materials for the 81st International Conference of young scientists and students "Scientific achievements of young people – to the problem solution of human nutrition in the XXI Century"* ["Vplyv koncentracij suchykh rečovyn ta etanolu na brodylnu aktyvnist' pyvnykh drizhdzhiv", *Materialy` 81 Mizhnarodnoyi naukovoi konferenciyi molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv „Naukovi zdobutky molodi – vyirishennyu problemy` kharchuvannya lyudstva u XXI stolitti`*"], Kyiv, pp. 226-227.

7. Мелетьев А. С. Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв : підручник / А. С. Мелетьев, С. Р. Тодосійчук, В. М. Кошова. – Вінниця : Нова книга, 2008. – 300 с.

Meletyev, S.R., Todosijchuk, V.M., Koshova A.C. (2008), *Chemical Control of malt, beer and soft drinks [Texnoximichnyj kontrol` solodu, pyva ta bezalkogol`nykh napoyiv]*, Nova knyga, Vinnycya, 300 p.

Харандюк Тетяна Валеріївна, асп., кафедра технології органічних продуктів, НУЛП. Адреса: вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: tetyanakharandyuk@gmail.com.

Харандюк Татьяна Валерьевна, асп., кафедра технологии органических продуктов, НУЛП. Адрес: ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: tetyanakharandyuk@gmail.com.

Kharandyuk Tetyana, graduate student, department of technology of organic products, NULP. Address: S. Bandera st., 12, Lviv, 79013. Tel.: (032)258-26-81; e-mail: tetyanakharandyuk@gmail.com.

Косів Руслана Богданівна, канд. техн. наук, доц., кафедра технології органічних продуктів, НУЛП. Адреса: вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: r.kosiv@online.ua.

Косив Руслана Богдановна, канд. техн. наук, доц., кафедра технологии органических продуктов, НУЛП. Адрес: ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: r.kosiv@online.ua.

Kosiv Ruslana, Ph.D., associate professor, department of technology of organic products, NULP. Address: S. Bandera st., 12, Lviv, 79013. Tel.: (032)258-26-81; e-mail: r.kosiv@online.ua.

Паляниця Любов Ярославівна, канд. хім. наук, доц., кафедра технології органічних продуктів, НУЛП. Адреса: вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: liubapal@ukr.net.

Паляныця Любовь Ярославовна, канд. хим. наук, доц., кафедра технологии органических продуктов, НУЛП. Адрес: ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: liubapal@ukr.net.

Palyanytsya Lubov, Ph.D., associate professor, department of technology of organic products, NULP. Address: S. Bandera st., 12, Lviv, 79013. Tel.: (032)258-26-81; e-mail: liubapal@ukr.net.

Березовська Наталія Іванівна, канд. хім. наук, доц., кафедра технології органічних продуктів, НУЛП. Адреса: вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: NBeresovska@gmail.com.

Березовская Наталья Ивановна, канд. хим. наук, доц., кафедра технологии органических продуктов, НУЛП. Адрес: ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013. Тел.: (032)258-26-81; e-mail: NBeresovska@gmail.com.

Berezovska Natalia, Ph.D., associate professor, department of technology of organic products, NULP. Address: S. Bandera st., 12, Lviv, 79013. Tel.: (032)258-26-81; e-mail: NBeresovska@gmail.com.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.В. Реутським, канд. техн. наук, М.І. Солодом.

Отримано 1.08.2015. ХДУХТ, Харків.

УДК 620.179.13:664

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОІНДИКАТОРНИХ ФАРБ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Д.І. Шматков, С.М. Артюх, Г.С. Кіпоренко

Розглянуто можливість застосування термоіндикаторних фарб для забезпечення безпеки харчових продуктів. Пропонується нанесення їх у вигляді ярлика на тару із продукцією, яка має декілька температурних режимів, що обумовлюють строки її зберігання. Ярлик із термоіндикаторної фарби відображає всі межі температурного режиму зберігання продуктів харчування, що дозволяє контролювати їх якість та забезпечувати безпеку під час використання.

Ключові слова: *термоіндикатор, фарба, харчові продукти, безпечність, контроль, зберігання.*

© Шматков Д.І., Артюх С.М., Кіпоренко Г.С., 2015