

Запаренко Анна Владимировна, асп., кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних изделий и пищеконцентратов, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-39.

Zaparenko Ganna, Ph.D. student, Department of bread production technology, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-39.

Борисова Аліна Олексійвна, доц., кафедра іноземних мов, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Борисова Алина Алексеевна, доц., кафедра иностранных языков, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Borysova Alina, Associate Professor, Department of foreign languages, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-69.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 663.052

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАРЧОВИХ ГІДРОКОЛОЇДІВ

І.М. Страшинський, О.П. Фурсік, В.М. Пасічний, А.І. Маринін

Одним з актуальних напрямів розвитку сучасної харчової промисловості є використання гідроколоїдів, які являють собою високомолекулярні сполуки, що розчиняються або набухають у воді. Наведено результати досліджень реологічних характеристик 1%-вих водних розчинів гідроколоїдів, визначено вплив на них нагрівання та використання в складі розчинів добавки E551 (пірогенного кремнезему марки А300). Установлено, що внесення вказаної добавки як антизлежувача не лише попереджає грудкування харчових гідроколоїдів, але й частково впливає на реологічні характеристики розчинів гідроколоїдів.

Ключові слова: гідроколоїди, кремнезем, динамічна в'язкість.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ГИДРОКОЛЛОИДОВ

И.М. Страшинский, О.П. Фурсик, В.Н. Пасичный, А.И. Маринин

Одним из актуальных направлений развития современной пищевой промышленности является использование гидроколлоидов, которые представляют собой высокомолекулярные соединения, которые растворяются или набухают в воде. Изложены результаты исследований реологических характеристик 1%-ных водных растворов гидроколлоидов при воздействии на них нагрева и использования в составе растворов добавки E551 (пирогенного кремнезема марки А300). Установлено, что внесение указанной добавки в качестве антислеживателя не только предотвращает комкование пищевых гидроколлоидов, но и частично воздействует на реологические характеристики растворов гидроколлоидов.

Ключевые слова: гидроколлоиды, кремнезем, динамическая вязкость.

STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FOOD HYDROCOLLOIDS

I. Strashynskiy, O. Fursik, V. Pasichniy, A. Marynin

One of the important directions of modern food industry development is the use of stabilizers' consistency, thickeners, emulsifiers, gelling agent. Hydrocolloids relate to preparations that perform these functions in food composition. They are high molecular compounds, which are soluble or swellable in water.

The article describes data of the research to determine rheological characteristics of a 1% aqueous solution of hydrocolloids such as carrageenan, sodium alginate, xanthan and guar gums. The results of the effect of thermal processing conditions, specific to the technology of cooked sausages, on their dynamic viscosity were analyzed. The changes of this indicator, as a result of the addition of pyrogenic silica A300 were specified.

It is proved that the introduction of silica to aqueous solutions of guar and xanthan gum somewhat improve dynamic viscosity before and after the heat treatment parameters, whereas in the composition of sodium alginate this indicator does not change. Introducing this additive to carrageenan, this indicator decreases. It is found that introduction of the mentioned additives as anti-caking agent prevents caking both of food hydrocolloids, and partially affect their properties.

Keywords: hydrocolloids, silica, dynamic viscosity.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Одним з актуальних напрямів розвитку сучасної харчової промисловості є

розробка продуктів емульсійного типу з використанням поверхнево-активних речовин (ПАР), які, стабілізуючи структуру емульсій, впливають на їх реологічні властивості.

У харчовій промисловості як речовини, що впливають на реологічні характеристики продуктів, використовують високомолекулярні полісахариди – камеді, карагенани, альгінат натрію, які відіграють роль структуроутворювачів [1].

Для цілеспрямованого формування органолептичних і структурних характеристик харчових продуктів важливим є визначення реологічних властивостей деяких структуроутворювачів і впливу на них температурних режимів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гідроколоїди добре зв'язують воду, тому виконують у м'ясопродуктах цілу низку функцій: зниження втрат під час термообробки та збільшення виходу готової продукції; поліпшення текстури готового продукту за рахунок утворення гелю; отримання більш соковитого продукту; запобігання синерезису в готовому продукті [2].

Карагенани – це складні полісахариди, гідроколоїд, представлений в основному Д-галактозою. Він має унікальні технологічні властивості, які можна використовувати для гелеутворення, загущення та стабілізації харчових продуктів і харчових систем. Карагенани розподіляють на три основних типи: каппа- і йота-карагенан, які утворюють термозворотні гелі з різною текстурою – від міцної і крихкої до м'якої та еластичної, тоді як лямбда-карагенан гель не утворює. Температури гідратації та гелеутворення істотно залежать від солей, пов'язаних з карагенаном або спеціально доданих до розчину [3].

У виробництві м'ясних продуктів камеді використовуються як регулятори й стабілізатори в'язкості та пластичності фаршів. Характерної для м'ясного фаршу в'язкості досягають додаванням 0,1...0,5% камеді ксантану [4; 5], від 0,5 до 2,5% камеді гуару [6], від 0,1% до 1,5% альгінату натрію.

Ксантанова камедь вважається синергістом щодо більшості загущувачів і структуроутворювачів. Додавання ксантану до гуарової камеді сприяє підвищенню в'язкості, а в поєднанні з камеддю ріжкового дерева – формуванню гелеподібної структури продукту.

Завдяки порівняно швидкому гелеутворенню під впливом іонів кальцію альгінат натрію також знайшов застосування у виробництві реструктурованих продуктів – як сполучна ланка для невеликих шматочків м'яса (забійних тварин, птиці, риби). Унікальна система гелеутворення приводить до того, що утворені гелі мають високу термостабільність [7].

Метою статті було вивчення впливу на реологічні властивості гідроколоїдів нагрівання та внесення пірогенного кремнезему.

Об'єктом дослідження були водні розчини харчових гідроколоїдів до та після нагрівання та під час внесення в них пірогенного кремнезему.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досліджень використали низку гідро колоїдів, представлених на ринку України, а саме k-карагенан, гуарову та ксантанову камеді, а також альгінат натрію. Ці харчові добавки випускаються у вигляді порошків, які стандартизують за в'язкістю 1%-вих водних розчинів. На світовому та вітчизняному ринках спостерігається тенденція до використання комплексних харчових добавок спрямованої дії, до складу яких входять гідроколоїди в суміші з іншими інгредієнтами. Під час їх зберігання можливе злежування та утворення грудок, що погіршує якість комплексних харчових добавок. Для уникнення цих негативних явищ рекомендується вносити речовини, що цьому перешкоджають [8].

У харчовій промисловості як допоміжну речовину, що перешкоджає злежуванню та грудкуванню, використовують діоксид кремнію аморфний E551. Для визначення впливу цієї добавки на реологічні властивості досліджуваних гідроколоїдів використали наноккомпозит (пірогенний кремнезем марки A300) питомою площею поверхні $S_{\text{БЕТ}}=232 \text{ м}^2/\text{г}$, із відповідним середнім радіусом первинних наночастинок 5,88 нм та насипною густиною $\rho_0 \approx 22 \text{ г/см}^3$ [9].

Як предмети досліджень використали 1%-ві водні розчини на основі перерахованих гідроколоїдів з внесенням і без внесення в розчин 0,2% пірогенного кремнезему марки A300.

Гідратацію харчових гідроколоїдів проводили за інтенсивного перемішування протягом 60...90 с. Реологічні показники стандартизованих за концентрацією розчинів досліджували за температури 18...20°C та після експозиційного нагрівання розчинів за температури 75...80°C протягом 20 хв і охолодження до температури 18...20°C, що моделювало нагрівання в умовах традиційних для виробництва варених ковбас. У підготовлених зразках гідроколоїдів визначили реологічні властивості. Дослідження проводили на ротатійному віскозиметрі марки «Reotest 2» та розраховували отримані показники згідно із стандартними методиками [10].

На рис. 1 подано зміну динамічної в'язкості 1%-вих розчинів карагенану до та після нагрівання з внесенням і без внесення кремнезему марки A300.

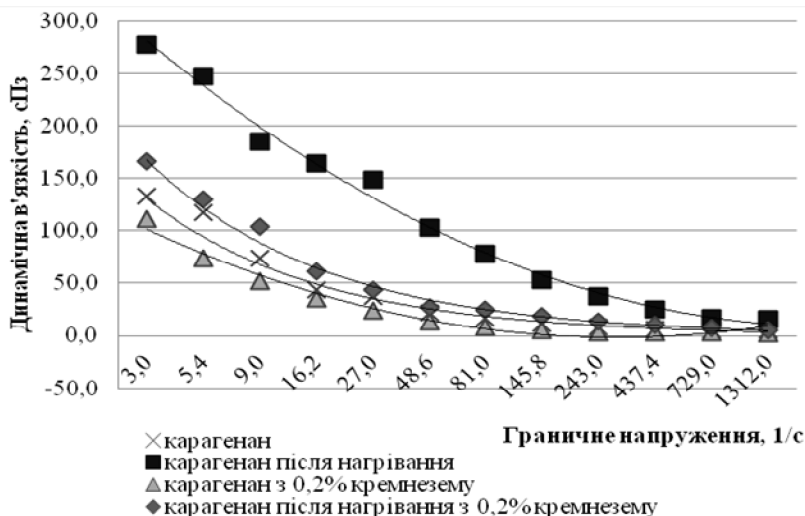


Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості розчинів карагенану від градієнта напруження зсуву

Зміни динамічної в'язкості розчинів карагенану описуються такими рівняннями:

$$y_1 = 181,24e^{-0,326x} - 1\% \text{-й розчин карагенану}; \quad (1)$$

$y_2 = 1,8372x^2 - 48,496x + 328,51 - 1\% \text{-й розчин карагенану після нагрівання}; \quad (2)$

$y_3 = 1,328x^2 - 24,892x + 115,69 - 1\% \text{-й розчин карагенану з 0,2\% кремнезему}; \quad (3)$

$y_4 = 230,45e^{-0,318x} - 1\% \text{-й розчин карагенану з 0,2\% кремнезему після нагрівання}. \quad (4)$

Під час гідратації водні розчини утворюють дисперсії з розподіленими по всьому об'єму завислими частинками, що зумовлює незначну початкову в'язкість. Унаслідок нагрівання до температури 40...60°C відбувалося набухання карагенану в складі розчину і в'язкість зростала. Під час доведення до температури 75...80°C динамічна в'язкість зменшувалася, а подальше охолодження призводило до значного збільшення цього показника.

Внесення пірогенного кремнезему призводило до зменшення в'язкості досліджуваних розчинів до та після термічної обробки в середньому на 40 та 57% відповідно.

На рис. 2 подано зміну динамічної в'язкості 1%-вих розчинів альгінату натрію до та після нагрівання з внесенням і без внесення кремнезему марки А300.

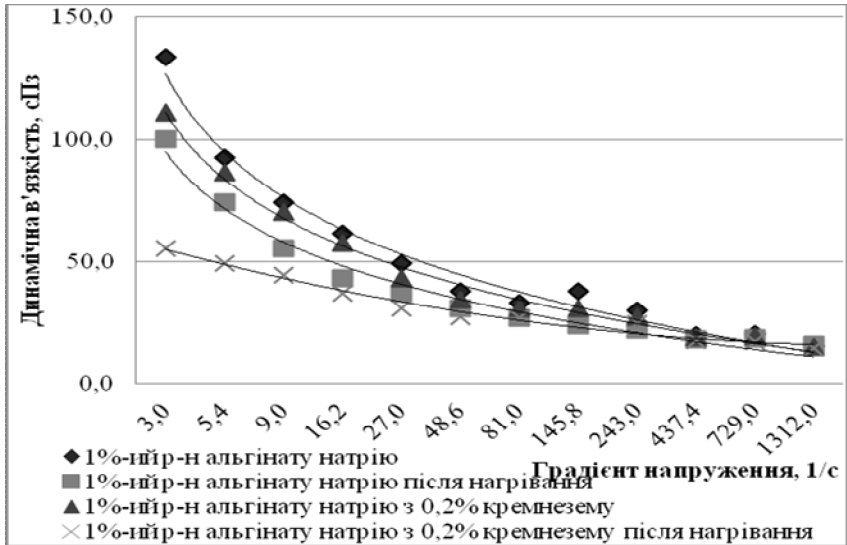


Рис. 2. Залежність динамічної в'язкості розчинів альгінату натрію від градієнта напруження зсуву

Зміни динамічної в'язкості розчинів альгінату натрію описуються такими рівняннями:

$$y_1 = -45,94 \ln(x) + 127,08 - 1\% \text{-й розчин альгінату натрію}; \quad (5)$$

$$y_2 = -39,57 \ln(x) + 111,51 - 1\% \text{-й розчин альгінату натрію після нагрівання}; \quad (6)$$

$$y_3 = -33,94 \ln(x) + 95,471 - 1\% \text{-й розчин альгінату натрію з 0,2\% кремнезему}; \quad (7)$$

$$y_4 = 0,2617x^2 - 6,9457x + 61,827 - 1\% \text{-й розчин альгінату натрію з 0,2\% кремнезему після нагрівання}. \quad (8)$$

Отримані водні розчини альгінату характеризувались низькою структурною в'язкістю, що майже не змінювалась. Термічна обробка суттєво не впливала на цей показник.

Зменшення динамічної в'язкості водних розчинів альгінату натрію внаслідок внесення кремнезему можна обґрунтувати відсутністю взаємодії між цими інгредієнтами, що призводить або до випадання осаду, або до незалежного існування їх у розчині з поступовим розділенням фаз.

На рис. 3 подано зміну динамічної в'язкості 1%-вих розчинів гуарової камеді до та після нагрівання з внесенням і без внесення кремнезему марки А300.

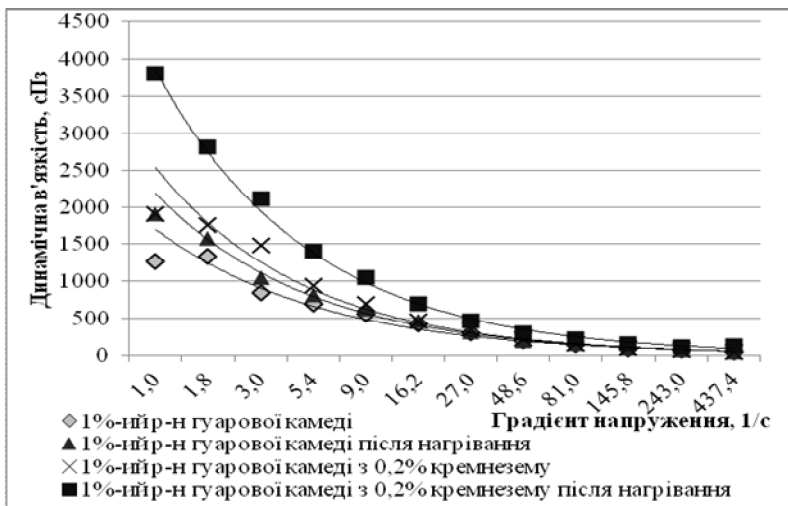


Рис. 3. Залежність динамічної в'язкості розчинів гуарової камеді від градієнта напруження зсуву

Зміни динамічної в'язкості розчинів гуарової камеді описуються такими рівняннями:

$$y_1 = 2326,6e^{-0,312x} - 1\%-й \text{ розчин гуарової камеді}; \quad (9)$$

$y_2 = 3054,6e^{-0,335x} - 1\%-й \text{ розчин гуарової камеді після нагрівання}; \quad (10)$

$y_3 = 3590,4e^{-0,349x} - 1\%-й \text{ розчин гуарової камеді з 0,2\% кремнезему}; \quad (11)$

$y_4 = 5430,2e^{-0,342x} - 1\%-й \text{ розчин гуарової камеді з 0,2\% кремнезему після нагрівання}. \quad (12)$

Гуарова камедь завдяки високому ступеню розгалуження молекули характеризується високою розчинністю у воді навіть за малих концентрацій з утворенням в'язких розчинів. Оскільки добавка є термостабільною (здатна відновлювати свої властивості після впливу високих температур), динамічна в'язкість після нагрівання не зазнала значних змін.

Внесення кремнезему призводило до збільшення в'язкісних характеристик водних розчинів у середньому на 25%, а після нагрівання на 75% порівняно із зразком без кремнезему. Це можна пояснити утворенням асоціацій міжмолекулярних ланцюгів за рахунок внесення кремнезему, що призводить до формування складних тривимірних сіток, які навіть за низьких швидкостей зсуву руйнуються, але підвищують структурну в'язкість водних розчинів.

На рис. 4 подано зміну значень динамічної в'язкості 1%-вих розчинів ксантанової камеді до та після нагрівання з внесенням і без внесення кремнезему марки А300.

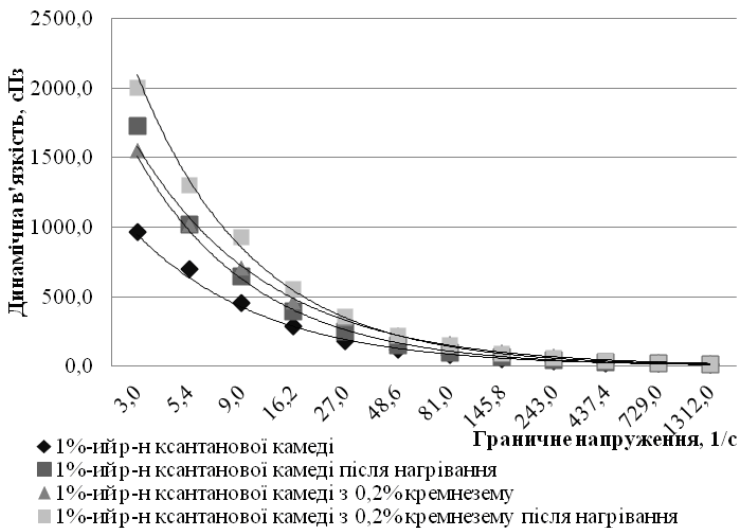


Рис. 4. Залежність динамічної в'язкості розчинів ксантанової камеді від граничного напруження зсуву

Зміни динамічної в'язкості розчинів ксантанової камеді описуються такими рівняннями:

$$y_1 = 1411,4e - 0,399x - 1\% \text{-ий розчин ксантанової камеді}; \quad (13)$$

$$y_2 = 2337,5e - 0,438x - 1\% \text{-ий розчин ксантанової камеді після нагрівання}; \quad (14)$$

$$y_3 = 2340,7e - 0,392x - 1\% \text{-ий розчин ксантанової камеді з 0,2\% кремнезему}; \quad (15)$$

$$y_4 = 3275e - 0,448x - 1\% \text{-ий розчин ксантанової камеді з 0,2\% кремнезему після нагрівання}. \quad (16)$$

У разі підвищення температури в'язкість розчину ксантанової камеді знижується, але під час охолодження повертається до початкового значення. Це зумовлено здатністю бокових ланцюгів молекули оточувати основний ланцюг, забезпечуючи тим самим захист лабільного β -(1 \rightarrow 4)-зв'язку від зовнішніх впливів.

Отримані дані свідчать, що внесення кремнезему призводить до незначного збільшення в'язкісних характеристик водних розчинів до та після нагрівання. Це зумовлено підвищенням здатності молекул до

переходу від так званої «розбавленої області» до «напіврозбавленої» внаслідок утворення полімерних клубків за рахунок взаємного проникнення полімерних молекул.

Отримані дані, подані на рис. 3 та 4, свідчать про сумісність обраних гідроколоїдів із харчовою добавкою E551 (кремнезем), що дозволило модифікувати їх реологічні властивості за рахунок взаємного позитивного впливу.

Це підтверджує можливість ефективної модифікації реологічних характеристик камедей під час їх спільного використання з кремнеземом у складі функціонально-технологічних композицій.

Висновки. Моделювання впливу температурних режимів обробки, характерних для технології варених ковбас, на в'язкість полісахаридів показало, що для 1%-вих розчинів к-карагенану спостерігається підвищення динамічної в'язкості в середньому на 45% порівняно з гідратованими зразками в холодній воді. Для водних розчинів альгінату натрію, ксантанової та гуарової камедей даний показник не змінюється. Це пояснюється стійкістю полімерних молекул цих гідроколоїдів до впливу високих температур і здатністю відновлювати початкові характеристики в'язкості після наступного охолодження.

Виявлено ефект синергізму, підвищення реологічних показників водних розчинів ксантанової та гуарової камедей під час їх спільного використання з пірогенним кремнеземом.

Установлено погіршення динамічної в'язкості (у середньому на 40...57%) під час взаємодії кремнезему з молекулами карагенану та відсутність взаємодії з альгінатом натрію.

Отримані дані свідчать про перспективи використання пірогенного кремнезему марки А300 в суміші з камедями під час розроблення нових рецептур функціональних композицій для м'ясної промисловості.

Список джерел інформації / References

1. Подвойская И. А. Перспективные разработки композиций гидроколлоидов Торгового Дома «ПТИ» / И. А. Подвойская, Д. И. Кучерук // Мясная индустрия. – 2004. – № 5. – С. 23–24.

Podvoyskaya, I.A., Kucheruk, D.I. (2004), “Future development of the compositions of hydrocolloids Trading House "PTI"” [“Perspektivnyie razrabotki kompozitsiy gidrokolloidov Torgovogo Doma «PTI»”], *Meat industry*, No. 6, pp. 23-24.

2. Использование гидроколлоидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.alma-veko.com.ua/content/ispolzovanie-gidrokolloidov>

“Using hydrocolloids” [“Ispolzovanie gidrokolloidov”], available at: Electronic resource. Access: <http://www.alma-veko.com.ua/content/ispolzovanie-gidrokolloidov>

3. Светлаков Д. Б. Разработка композиции на основе каппа-карагинана для регулирования реологических свойств эмульгированных мясopодуков : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Д. Б. Светлаков. – Москва, 2004. – 25 с.

Svetlakov, D.B. (2004), *Development of compositions based on kappa-carrageenan to regulate the rheological properties of emulsified meat: Antor's thesis* [Razrabotka kompozitsii na osnove kappa-karraginana dlya regulirovaniya reologicheskikh svoystv emulgirovannykh myasoproduktov: avtoref. dis. kand. tehn. nauk], Moscow, 25 p.

4. Williams, P.A., Phillips, G.O. (2009), "Introduction to food hydrocolloids", *Handbook of hydrocolloids. Second edition*, Woodhead Publishing Limited, p. 12.

5. Половко Н. П. Дослідження гелів гуарової камеді / Н. П. Половко, А. О. Башура, О. Г. Башура // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2012. – № 2 (9). – С. 94–96.

Polovko, N.P., Bashura, A.O., Bashura, O.G. (2012), "Research guar gum gels" ["Doslidzhennia heliv huarovoi kamedii"], *Current issues of pharmaceutical and medical science and practice*, No 2 (9), pp. 94-96.

6. Sworn, G. (2009), "Xanthan gum", *Handbook of hydrocolloids. Second edition*, Woodhead Publishing Limited, pp. 187-202.

7. Draget, K.I. (2009), "Alginates", *Handbook of hydrocolloids. Second edition*, Woodhead Publishing Limited, pp. 807-825.

8. Семячкина Ю. А. Нанотехнологии современности: пищевая промышленность / Ю. А. Семячкина, А. Я. Клочков // Технические науки: традиции и инновации : междунар. заоч. науч. конф. : [материалы]. – Челябинск : Два комсомольца, 2012. – С. 166–167.

Semyachkina, Yu.A., Klochkov, A.Ya. (2012), "Nanotechnology modern food industry", *Engineering: Tradition and Innovation: Proceedings of the international correspondence scientific Conf.* ["Nanotehnologii sroverennosti: pischevaya promyshlennost"], *Tehnicheskije nauki: traditsii i innovatsii: materialyi mezhdunar. zaoch. nauch. konf.*, Two Komsomolets, Chelyabinsk, pp. 166-167.

9. International Risk Governance Council, Policy Brief: Appropriate Risk Governance Strategies for Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics, Geneva, Switzerland, 2009.

10. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 576 с.

Antipova, L.V., Glotova, I.A., Rogov, I.A. (2001), *Methods of research of meat and meat products* [Metodyi issledovaniya myasa i myasnykh produktov], Kolos, Moscow, 576 p.

Страшинський Ігор Мирославович, канд. техн. наук, доц., кафедра технології м'яса і м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: 0677987063; e-mail: sim2407@i.ua.

Страшинский Игорь Мирославович, канд. техн. наук, доц., кафедра технологии мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: 0677987063; e-mail: sim2407@i.ua.

Strashinskyi Ihor, Candidate of Technical Science, Associate Professor, The department of technology of meat and meat products, National University of Food Technologies. Address: Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: 0677987063; e-mail: sim2407@i.ua.

Фурсік Оксана Петрівна, асп., кафедра технології м'яса і м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: 0932795347; e-mail: oksana.fursik@mail.ru.

Фурсик Оксана Петровна, асп., кафедра технологии мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: 0932795347; e-mail: oksana.fursik@mail.ru.

Fursik Oksana, graduate student, The Department of Technology of Meat and Meat Products, National University of Food Technologies. Address: Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: 0932795347; e-mail: oksana.fursik@mail.ru.

Пасічний Василь Миколайович, д-р техн. наук, проф., кафедра технології м'яса і м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: 0676611112; e-mail: Pasww1@ukr.net.

Пасичный Василий Николаевич, д-р техн. наук, проф., кафедра технологии мяса и мясных продуктов, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: 0676611112; e-mail: Pasww1@ukr.net.

Pasichniy Vasil, Doctor of Technical Science, Professor, the Department of Technology of Meat and Meat Products, National University of Food Technologies. Address: Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: 0676611112; e-mail: Pasww1@ukr.net.

Маринін Андрій Іванович, канд. техн. наук, доц., завідуючий проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій. Адреса: вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601. Тел.: 0503574667; e-mail: a_marinin@ukr.net.

Маринин Андрей Иванович, канд. техн. наук, доц., заведующий проблемной научно-исследовательской лабораторией, Национальный университет пищевых технологий. Адрес: ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601. Тел.: 0503574667; e-mail: a_marinin@ukr.net.

Marynin Andriy, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Head of the Problem research laboratory, National University of Food Technologies. Address: Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601. Tel.: 0503574667; e-mail: a_marinin@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. М.П. Головом.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*