

Лукьянчиков Павел Владимирович, магістрант, кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетических системах, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна. Адрес: пл. Свободы, 4, г. Харьков, Украина, 61000. Тел.: (057)7075270.

Lukyanchikov Pavlo, student, Department of Information Technology in Physical and Energy Systems, Kharkiv National University named by V.N. Karasin. Address: Svobody square, 4, Kharkiv, Ukraine, 61000. Tel.: (057)7075270.

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

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

Borysova Alina, Ph.D, 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 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.
DOI: 10.5281/zenodo.1108603*

УДК 66.075.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНОЇ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕСИ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ

**І.В. Цихановська, І.М. Демидов, О.В. Александров,
Т.Б. Гонгар, Л.Ф. Павлоцька**

Методом конденсації синтезовано дрібнодисперсний магнетит, який був використаний як біологічно активна добавка, що виявляє антиоксидантну дію відносно ліпідів. Досліджено вплив добавки магнетиту на процеси окиснення нерафінованих та рафінованих дезодорованих олій, топлених харчових тваринних і кондитерських жирів під час зберігання за температури 20°C протягом 2160 годин, зміни фізико-хімічних і оптичних характеристик чистих жирів та олій і з добавкою магнетиту в кількості 0,05 мас.%. Установлено, що добавка магнетиту збільшує термін зберігання жирів та олій.

Ключові слова: магнетит, олія, жир, окиснення, стабілізатор, суспензія, властивості.

© Цихановська І.В., Демидов І.М., Александров О.В., Гонгар Т.Б., Павлоцька Л.Ф., 2017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ

**И.В. Цихановская, И.Н. Демидов, А.В. Александров,
Т.Б. Гонтар, Л.Ф. Павлоцкая**

Методом конденсации синтезирован мелкодисперсный магнетит, который был использован как биологически активная добавка, проявляющая антиоксидантное действие по отношению к липидам. Исследованы влияние добавки магнетита на процессы окисления нерафинированных и рафинированных дезодорированных растительных масел, топленых пищевых животных и кондитерских жиров при хранении при температуре 20°C в течение 2160 часов, изменения физико-химических и оптических характеристик чистых жиров и растительных масел и с добавкой магнетита в количестве 0,05 мас.%. Установлено, что добавка магнетита увеличивает срок хранения жиров и растительных масел.

Ключевые слова: магнетит, растительное масло, жир, окисление, стабилизатор, суспензия, свойства.

STUDY OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE IMPACT ON LIPIDS OXIDATION PROCESSES

**I. Tsykhanovska, I. Demidov, A. Alexandrov,
T. Gontar, L. Pavlotska**

An important task of the food industry is expanding the range of quality products with a long shelf life. However, lipids (including fats and oils) from plants and animals in the process of receiving, storing and the production of food products subject to different, sometimes profound, changes. Thus, fats and fatty foods depending on their chemical composition possess different resistance to oxidation, hydrolytic and other chemical transformations. The presence of oxidation products in fats worsens their quality and complicates processing. It is therefore necessary to take measures to prevent these changes, and control lipids quality in order to maintain the products' consumer characteristics and biological value.

In this context, the solution of the problem of lipids oxidation for the prevention of destructive processes in lipids and fats protection against damage is actual. For this purpose, "passive" and "active" methods of preventing the factors that cause or catalyze processes of deterioration are used. "Active" methods of fats oxidation – substances interrupting oils oxidation, which are designed to extend their storage.

A finely divided magnetite, which was used as a dietary supplement, which exhibits antioxidant effect on lipids, is synthesized by condensation. The influence of magnetite additive on the oxidation of crude and refined deodorized oils, rendered edible animal and confectionery fats during storage at 20°C for 2160 hours, namely, addition of physical, chemical and optical properties of pure fats and oils

with the addition of magnetite in an amount of 0.05 wt.% is studied. It is found that the addition of magnetite increases the storage term of fats and oils.

Keywords: magnetite, oil, fat, oxidation, stabilizer, suspension, properties.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Важливим завданням харчової промисловості є розширення асортименту якісної здоров'язбережної продукції з підвищеною харчовою цінністю і тривалим терміном зберігання [1; 2].

Однак ліпіди, зокрема жири та олії, рослинного та тваринного походження під час одержання, зберігання і виробництва харчової продукції (особливо теплової кулінарної) зазнають різних, часом глибоких, змін. Продукти хімічних перетворень ліпідів, що виникають унаслідок реакцій окиснення, термopolімеризації, циклізації, взаємодії жиру з водою та харчовими інгредієнтами, істотно погіршують харчові властивості та якість ліпідів [3; 4]. Унаслідок окиснення в ліпідах утворюються пероксиди, гідрпероксиди, карбонільні, циклічні та полімерні сполуки – речовини, що подразнюють стінки травного тракту, печінки і призводять до тяжких запалень цих органів. Загальна кількість цих речовин не повинна перевищувати певних норм, інакше жир стає непридатним для харчових цілей [2; 3].

Вміст продуктів окиснення в жирах значно погіршує їх якість, ускладнює переробку. Тому запобігання окисним процесам під час отримання, переробки і зберігання жирів та контроль за цими процесами мають дуже важливе значення. У зв'язку з цим вирішення проблеми окиснення ліпідів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукової інформації з питань окиснення ліпідів і його наслідків показав, що до сього дні недостатньо даних про методи і добавки, які перешкоджають окисним процесам у жирах і оліях [4–8]. Недостатньо наукових публікацій, що стосуються універсальних високоякісних жирно – олійних композицій багатофункціонального призначення як для безпосереднього вживання в їжу – в салатах, соусах, бутербродах, так і для використання в домашній кулінарії, харчової промисловості, мережі громадського харчування для смаження і приготування випечених виробів) [1; 4; 9–10].

У природі немає жирів, які мали б високу стійкість до окиснення і повністю відповідали вимогам збалансованого жирнокислотного складу [3; 10].

Останнім часом олії все більше витісняють на виробництві кулінарні жири на основі саломасу, які містять значну частину трансізомерів жирних кислот, що підвищують ризик розвитку атеросклерозу і супутніх захворювань серця й судин, знижують

чутливість клітин підшлункової залози до інсуліну, спричиняють розвиток хронічних запальних процесів і ожиріння [3; 6; 10].

Олії особливо багаті поліненасиченими жирними кислотами (насамперед соняшникова, соєва, кукурудзяна), корисними для людини, але при цьому в їх складі бракує насичених жирних кислот [4; 6]. У ріпаковій олії вміст жирних кислот від природи майже ідеальний. У ній багато олеїнової кислоти (65–85%), але недостатньо поліненасичених жирних кислот [4; 6].

Найбільший вплив на окиснюваність жирів та олій має ступінь ненасиченості. Тому олії, насамперед соняшникова, соєва, кукурудзяна, та їх суміші, найбільшою мірою піддаються окисному псуванню під час смаження і подальшого зберігання харчових продуктів, оскільки містять значну кількість поліненасичених жирних кислот (до 70%). Лінолева і ліноленова кислоти беруть активну участь у реакціях ізомеризації, циклізації та полімеризації. Лінолева кислота в ході ізомеризації завжди дає два геометричних ізомери (цис-транс і транс-цис). Під час прогрівання їх концентрація зростає й утворюється транс-транс ізомер [3; 4; 5]. Лінолева, ліноленова і інші поліненасичені кислоти починають окиснюватися ще за низьких температур, нижче 60°C, швидке окиснення олеїнової кислоти починається за температури вище 100°C, і тільки олеїнова фракція пальмової олії починає окиснюватися за більшої температури [4; 5].

За біологічною цінністю тваринні топлені жири поступаються оліям, що зумовлено меншим вмістом вітамінів та біологічно цінних незамінних поліненасичених жирних кислот. У тваринних жирах містяться ненасичені жирні кислоти (в основному це олеїнова кислота: у свинячому жиру її 41–51%, у яловичому жиру 2–5%), а ліноленова й арахідонова в невеликих кількостях тільки у свинячому жиру. Більший є вміст насичених жирних кислот (особливо пальмітинової і стеаринової разом 30–46%) [4; 6].

Невеликий вміст поліненасичених жирних кислот у саломасі, у топлених тваринних жирах – свинячому і яловичому, у замінику молочного жиру та кондитерських жирах: масова частка транс-ізомерів олеїнової кислоти в перерахунку на метилеаїдат – 2–25%; масова частка поліненасичених жирних кислот (лінолева і ліноленова) – близько 15%; масова частка твердих триацилгліцеридів при температурі 20°C – 12–60%; співвідношення поліненасичених жирних кислот до насичених жирних кислот 0,25–0,30 [4; 6].

Окиснення ненасичених жирних кислот в ліпідах може відбуватися навіть за нормальної температури під час їх зберігання – так зване самоокиснення [3; 5; 6]. Швидкість окисного псування жирів під час зберігання різко зростає з підвищенням температури і збільшенням

поверхні їх контакту з повітрям. Крім того, самоокиснення жирів прискорюється під дією світла, особливо ультрафіолетових променів [3; 8]. На стійкість жирів негативно впливає і підвищена вологість. Волога спричиняє гідролітичний розпад жиру з накопиченням вільних жирних кислот, а у твердих жирах, крім того, сприяє розвитку мікроорганізмів. Тому жирові продукти з підвищеним вмістом вологи 16–17%, зокрема маргарин, вершкове масло, замітники молочного жиру, кондитерські жири, більше схильні до гідролітичних процесів, ніж майже безводні олії з вологістю 0,1–0,2% [3–8].

Тваринні топлені жири, на відміну від олій, містять мало природних антиокисників (токоферолі, каротиноїди), тому значно швидше піддаються окисному псуванню під дією кисню повітря, що призводить до їх згірнення й осалювання [3–8].

Таким чином, жири й жирові продукти залежно від їх хімічного складу мають різну стійкість до окисних, гідролітичних та інших хімічних перетворень. Отже, необхідно вживати заходи для запобігання цим змінам, і контролювати якість ліпідів з метою збереження споживчих характеристик і біологічної цінності [3; 4; 9].

Для запобігання деструктивним процесам в ліпідах і захисту жирів від псування використовують пасивні й активні методи. До пасивних методів належить запобігання впливу чинників, що спричиняють або каталізують процеси псування. До активних методів запобігання окисненню жирів належать такі: уведення різних добавок, зокрема антиоксидантів – речовин, що переривають реакцію окиснення олій і призначені для подовження термінів їх зберігання [3; 4; 6; 10]. Застосування антиоксидантів, як і інших харчових добавок, регулюється органами охорони здоров'я. Інгрєдєнти, що входять до складу жирів та продуктів на їх основі, повинні бути біологічно активними, безпечними, мати норми щоденного споживання, а також проявляти антиоксидантну активність [1, 2, 4].

Як антиоксидант може застосовуватися магнетит ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), який був використаний у ролі активної антиокисної складової ліпідно-магнетитових суспензій (ЛМС) [11]. За рахунок Fe (II) магнетит здатен виявляти відновні властивості [10; 11]. Цитоморфологічними дослідженнями в експериментах *in vivo* доведено, що магнетит є швидкозасвоюваним препаратом. Установлено позитивний вплив магнетиту на окремі органи і системи органів організму людини. Fe_3O_4 здатен змінювати активність поверхні клітин шлунка і підшлункової залози, виступає як додаткове джерело засвоюваного заліза (II), виявляє сорбційні властивості. Доведено мікробіологічна безпечність магнетиту [11].

З огляду на позитивний вплив магнетиту на організм людини [10; 11] і застосування Fe_3O_4 як антиоксиданта та джерела засвоюваного заліза [11], можливе його використання в продуктах харчування з метою підвищення якості олійно-жирової продукції, збагачення організму $Fe(II)$ і створення протианемічної групи продуктів (для лікування і профілактики). Весь комплекс отриманих даних дозволяє рекомендувати Fe_3O_4 як біологічно-активну добавку комплексної дії в ліпідно-магнетитових суспензіях, у яких дисперсійним середовищем є ліпіди [11].

Мета статті – дослідження впливу антиоксидантної біологічно-активної добавки на процеси окиснення ліпідів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У роботі досліджено вплив антиоксидантної добавки магнетиту на зміну ступеня окиснення ліпідів різного жирно-кислотного складу, таких як олії, тваринні жири і жирно-олійні композиції, під час зберігання (температура 20°C).

Антиоксидантну добавку – магнетит отримували методом хімічної конденсації під час змішування водяних розчинів солей заліза (II) і (III) з концентрованим водяним розчином амоній-гідроксиду (25%) із подальшим відмиванням водою до рН = 7,0 і просушуванням за 60°C протягом 3–4 годин [11].

Об'єктами дослідження були олії (нерафіновані та рафіновані дезодоровані): соняшникова, кукурудзяна, соєва, маслинова, пальмова, ріпакова, лляна; саломас (нерафінований та рафінований); топлени тваринні жири – свинячий, яловичий; замітник молочного жиру «Жир кулінарний «Віолія – Мољжир 3»; жири кондитерські «Віолія» та «Шортенінги» серії «Віолія», що відповідають вимогам нормативних документів.

Ліпідно-магнетитову суспензію (ЛМС) отримували змішуванням підігрітого до 60...70°C ліпиду (олії, жиру) 99,0–99,25 мас.% із підігрітою до 60...70°C на водяній бані суспензією 0,75–1,00 мас.% на основі магнетиту і поверхнево-активної речовини (ПАР) – моноацилгліцеролу Dimodan HP (або полігліцеринрицинолеатів) [10; 11]. Оптимальне співвідношення в суспензії магнетит : ПАР (стабілізатор) становить 0,05:0,70 мас.% [10; 11].

Під час дослідження впливу часу зберігання на перебіг окисних процеси в жирно-олійних композиціях проби ЛМС витримували в закритій тарі на світлі при 20°C протягом 2160 годин, при цьому фізико-хімічні характеристики визначали відразу після приготування зразка, через 24, 48, 1080 і 2160 годин. Порівнювали з контрольним зразком – відповідним ліпідом без антиоксидантної добавки. Жири, які

застигають при 20°C, перед аналізом розтоплювали, інтенсивно перемішували протягом 2 хвилин (проба при цьому перебувала на водяній бані, нагрітій до 40...50°C), а потім проводили вимірювання.

Отримані зразки ЛМС та контрольні проби ліпідів перевіряли нормативними документами за фізико-хімічними показниками: пероксидним числом (ПЧ), йодним числом (ІЧ), кислотним числом (КЧ), анізидиновим числом (АЧ), числом омилення (ЧО) та дієвою кон'югацією (ДК) [8; 9].

Під час тривалого зберігання жирів та олій у них відбуваються процеси окиснювального і мікробіологічного псування. При цьому збільшується кислотне, пероксидне, анізидинове число, число омилення, зменшується йодне число і кількість вітаміну Е. Зростання КЧ обумовлено в основному гідролізом тригліцеридів жиру і збільшенням ступеня їх гідролітичного розпаду [8; 9].

Кислотне (КЧ) і пероксидне (ПЧ) числа характеризують доброякісність олій та жирів, тобто є показниками ступеня їх свіжості, і збільшуються в разі недотримання термінів зберігання. Аналізуючи експериментальні дані залежності КЧ від терміну зберігання, можна помітити, що значення КЧ відповідають стандарту, але в пробах із магнетитом воно менше та з часом поступово зменшується (у середньому на 1–9%), у той час як у пробах без магнетиту – збільшується. Тобто введення добавки магнетиту в жири та олії не тільки уповільнює процеси їх гідролізу (накопичення вільних жирних кислот, які легше окиснюються під час зберігання, визначаючи токсичність ліпідів), але й сприяє сорбції на частинках магнетиту деякої кількості жирних кислот. Це значить, що Fe_3O_4 збільшує термін зберігання та покращує якість жирів та олій.

Йодне число (ІЧ) характеризує вміст у жирах і оліях ненасичених жирних кислот та ступінь їх ненасиченості, тобто кількість подвійних зв'язків у ненасичених жирних кислотах жиру та олій. Унаслідок окиснення ліпідів під час зберігання ІЧ зазвичай зменшується, як бачимо, у пробах із магнетитом у середньому на 10–18%). Із часом воно зменшується повільніше. Уведення добавки магнетиту, ймовірно, уповільнює деструктивні процеси кратних зв'язків (окиснення, полімеризація, циклізація), які призводять до зменшення ступеня ненасиченості вищих жирних кислот.

Первинними продуктами окиснення жирів та олій є гідропероксиди (і пероксиди) [3; 8; 10]. Про вміст пероксидних сполук у жирах та оліях роблять висновок за пероксидним числом (ПЧ), яке дозволяє виявити процеси окиснення і появу продуктів псування значно раніше, ніж це може бути визначено органолептично.

Аналізуючи експериментальні дані залежності ПЧ від терміну зберігання, можна помітити, що значення пероксидного числа ліпиду з добавкою магнетиту є не стабільним: спочатку зростає в середньому на 0,35–0,90 ммоль $\frac{1}{2}$ O/kg, а потім зменшується, на відміну від безмагнетитових проб – там ПЧ постійно збільшується. Це пов'язано, ймовірно, з руйнуванням гідропероксидів за участю атомів заліза.

Для оцінювання окиснювальних процесів жирів і олій використовується анізидинове число, яке характеризує вміст вторинних продуктів окиснення (альдегідів, кетонів) олій та жирів і дозволяє більш повно оцінити їх якість і безпечність.

Унаслідок окиснення жирів та олій під час зберігання АЧ зазвичай збільшується. Як бачимо у пробах із магнетитом АЧ менше (у середньому на 3–10%), та з часом воно збільшується повільніше. Уведення добавки магнетиту в ліпіди уповільнює швидкість окиснення, ймовірно, внаслідок переривання окисно-відновних циклів у результаті утворення нерозчинних магнетитових комплексів або за рахунок стеричних ускладнень між магнетитом і компонентами ліпиду чи їх проміжними продуктами окиснення.

Число омилення (ЧО) характеризує ступінь гідролітичного псування жиру, олії і під час зберігання зазвичай збільшується. Значення ЧО відповідають стандарту, але в пробах із магнетитом ЧО менше в середньому на 1–2%), із часом воно збільшується повільніше. Тобто введення добавки магнетиту в жири та олії уповільнює процеси гідролізу олій, перешкоджає вимиванню гліцерину та сприяє накопиченню вільних жирних кислот на частинках магнетиту. А це приводить до збільшення терміну зберігання жиру й олії та покращення їх якості.

У ході пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) на стадії утворення вільних радикалів у молекулах ненасичених жирних кислот виникає система сполучених подвійних зв'язків, що супроводжується появою нового максимуму в спектрі поглинання при 232 нм. Інтенсивність ПОЛ оцінювали за зміною вмісту основних молекулярних продуктів цього процесу – дієнових кон'югатів (ДК) [10]. Концентрацію продуктів ПОЛ розраховували на загальний вміст ліпідів.

У ході досліджень виявлено, що значення вмісту ДК у ліпідних зразках з добавкою магнетиту не стабільне: спочатку зростає в середньому на 1–5нмоль/мг, а потім зменшується на 0,5–1,5 нмоль/мг, на відміну від безмагнетитових проб – там вміст ДК постійно збільшується. Це можна пояснити схильністю магнетиту до комплексоутворення з киснем пероксидних радикалів і гідрогенпероксидів.

Таким чином, введення добавки магнетиту в жири та олії впливає на процеси окиснення. Проаналізувавши фізико-хімічні характеристики: кислотне, йодне, пероксидне, анізидинове числа та дієнові кон'югати відібраних зразків ліпідів із добавкою магнетиту та без добавки Fe_3O_4 , можна зробити висновок, що їх значення відповідають нормативним. Добавка магнетиту позитивно впливає на збереження якості та подовження строків використання олій і жирів.

Висновки. 1. Результати дослідження впливу добавки магнетиту на процеси окиснення жирів та олій при зберіганні при 20°C протягом 2160 годин показали, що додавання 0,05 мас.% магнетиту в жири та олії уповільнює процеси окиснення та позитивно впливає на органолептичні показники ліпідів, а також подовжує термін їх зберігання.

2. Після зберігання ліпідів при 20°C протягом 2160 годин визначено кислотне, йодне, пероксидне, анізидинове, числа та число омилення, що мають такі значення:

– йодне ($\text{г I}_2/100 \text{ г}$): 40,0–170,0 та 30,0–50,0 для олій та жирів без добавки магнетиту і 50,0–179,0 та 36,0–58,0 для олій та жирів відповідно з добавкою магнетиту;

– пероксидне ($\text{ммоль } \frac{1}{2}\text{O}/\text{кг}$): 2,55–10,0 та 0,45–5,15 для олій та жирів без добавки магнетиту і 2,10–9,80 та 0,30–5,00 для олій та жирів відповідно з добавкою магнетиту;

– кислотне ($\text{мг КОН}/\text{г}$): 0,22–4,09 та 0,27–2,55 для олій та жирів без добавки магнетиту і 0,16–3,98 та 0,18–2,10 для олій та жирів відповідно з добавкою магнетиту;

– анізидинове (ум.од.): 3,00–5,95 та 3,05–3,70 для олій та жирів без добавки магнетиту і 2,85–5,75 та 2,75–3,30 для олій та жирів відповідно з добавкою магнетиту;

– дієнові кон'югати ($\text{нмоль}/\text{мг}$): 80,0–83,5 та 72,0–77,0 для олій та жирів без добавки магнетиту і 73,0–79,0 та 66,5–72,0 для олій та жирів відповідно з добавкою магнетиту.

Список джерел інформації / References

1. Скурихин И. М. Всё о пище с точки зрения химика / И. М. Скурихин. – М.: Высш.шк., 1991. – С. 33–40.

Skurikhin, I. M. (1991), All about food from the chemist's point of view. [Vso o pische s tochki zreniya himika], Moscow, Vyssh. shk., pp. 33–40.

2. МБТ 5061-89. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов.

МБТ 5061-89. *Biomedical requirements and sanitation quality standards to edible raw materials and food products* [Mediko-biologicheskiye trebovaniya i sanitarnyye normy kachestva prodovol'stvennogo syr'ya I pishchevykh produktov].

3. Тютюнников Б. Н. Химия жиров / Б. Н. Тютюнников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1992. – 448 с.

Tyutyunnikov, B.N. (1992), “The chemistry of fats” [“Himiya zhirov”], Moscow, Kolos, 448 s.

4. Жири у виробництві харчової продукції : монографія / Л. З. Шильман, І. В. Сімакова, Н. В. Камсуліна та ін.; за заг. ред. Л. З. Шильмана. – Суми : Університетська книга, 2016. – 278 с.

Shil'man, L. Z., Simakova, I. V., Kamsulin, et al. (2016), “Fats in the foodstuff manufacture : monograph” [“Zhyry u vyrobnytsvtvi kharchovoi produktsii : monohrafiya”], Sumy, Universytetska knyha, 278 p.

5. Демидов І. М. Вплив ступеня ненасиченості олій на склад вторинних продуктів їх окиснення / І. М. Демидов, А.В. Григорова // Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, оліє-жирової та молочної галузей: тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. – Київ, 2012. – С. 42–43.

Demidov, I.M., Hryhorova, A.V. (2012), “The impact of oils unsaturation degree on composition of secondary products of their oxidation”, *Technical sciences: the state, achievements and prospects of the development of meat, oilseed and fat dairy industries* [“Vplyv stupenia nenasychenosti olii na sklad vtorynykh produktiv yikh okysnennia”], *Tekhnichni nauky: stan, dosiahnennia i perspektvyv rozvytku miasnoi, oliie-zhyrovoi ta molochnoi haluzei*, Kyiv, pp. 42–43.

6. Техника и технологии производства и переработки растительных масел : учеб. пособие / С. А. Нагорнов, Д. С. Дворецкий, С. В. Романцова, В. П. Таров. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

Nagornov, S.A., Dvoretzky, D. S., Romantsova, S.V., Tarov, V.P. (2010), “Manufacturing technology of production and processing of vegetable oils : textbook” [“Tehnika i tehnologii proizvodstva i pererobotki rastitelnyih masel : uchebnoe posobie”], Tambov, Publishing house GOU VPO TGTU, 96 p.

7. Лисицын А. Н. Некоторые факторы, определяющие стабильность растительных масел к окислению / А. Н. Лисицын, Т. Б. Алымова, Л. Т. Прохорова // Масложировая промышленность. – 2005. – № 3. – С. 11–15.

Lisitsyn, A.N., Alimova, T.B., Prokhorova L.T. (2005), “The factors specifying of vegetable oils to oxidation” [“Nekotoryie faktoryi, opredelyayushchie stabilnost rastitelnyih masel k okisleniyu”], *Fat-and-oil industry*, No. 3, pp. 11–15.

8. Сидзюки Ото. Порча жиров и масел и способ ее предотвращения / Ото Сидзюки // J. Jap. Oil Chem. Soc. – 1989. – Vol. 38, No. 7, pp. 545-552.

Sidzyuki, Oto, (1989), “ The spoilage of fats and oils, and the methods to prevent it” [“Porcha zhirov i masel i sposob yeye predotvrascheniya”], *J. Jap. Oil Chem. Soc.*, Vol. 38, No. 7, pp. 545–552.

9. Левачев М. М. Новые аспекты биологических качеств пищевых жиров / М. М. Левачев // Журнал всеоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. – М. : Мир, 1978. – 443 с.

Levachev, M.M., (1978), “New aspects of biological qualities of edible fats” [“Novyie aspektyi biologicheskikh kachestv pishevyyh zhirov”], *Journal of the All-Union Chemical Society D. I. Mendeleev*, Moscow, Mir, 443 p.

10. Стоцкий В. С. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья / В. С. Стоцкий. – М. : Мир, 1992. – 286 с.

Stotsky, V. S., (1992), “Chemistry of fats and the products of processing of fat raw materials” [“Khimiya zhirov i produktov pererabotki zhirovogo syrya”], Moscow, Mir, 286 p.

11. Дослідження процесів окиснювальних та термічних перетворень в системі: олія-ліпід-магнетитова суспензія / І. В. Цихановська, І. М. Демидов, З. В. Барсова, Л. Ф. Павлоцька // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 353–362.

Tsykhanovska, I.V., Demidov, I.M., Barsova, Z.V., Pavlotska, L.F., (2015), “The study of oxidation processes and chemical changes in the system: oil-lipid-magnetite suspension”, *Advanced equipment and technology of food production of restaurant industry and trade* [“Doslidzhennia protsesiv oksyniuvalnykh ta termichnykh peretvorenn v systemi: oliia-lipido-mahnetytova suspenziia”, *Progresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vurobnystv restorannogo gospodarstva i torghvli*, KHDUKHT, Kharkiv, Iss. 1 (21), pp. 353–362.

Цихановська Ірина Василівна, канд. хім. наук, доц., кафедра хімічних та харчових технологій, Українська інженерно-педагогічна академія. Адреса: вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003. Тел.: (057)336-49-10, 0956175989; e-mail: cikhanovskaja@rambler.ru.

Цихановская Ирина Васильевна, канд. хим. наук, доц., кафедра химических и пищевых технологий, Украинская инженерно-педагогическая академия. Адрес: ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61016. Тел.: (057)336-49-10, 0956175989; e-mail: cikhanovskaja@rambler.ru.

Tsykhanovska Iryna, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Food Technology, Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy. Address: Universitetskaya str., 16, Kharkiv, Ukraine, 61003. Tel.: (057)336-49-10, 0956175989; e-mail: cikhanovskaja@rambler.ru.

Демидов Ігор Миколайович, д-р техн. наук, проф., кафедра технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Адреса: вул. Кирпичова, 21, м. Харків, Україна, 61002. Тел.: (057)707-69-20, 0951853267; e-mail: demigon@rambler.ru.

Демидов Игорь Николаевич, д-р техн. наук, проф., кафедра технологии жиров и продуктов брожения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». Адрес: ул. Кирпичёва, 21, г. Харьков, Украина, 61002. Тел.: (057)707-69-20, 0951853267; e-mail: demigon@rambler.ru.

Demidov Igor, Doctor of Engineering Science, Professor, Department of Technology of fats and fat substitute, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”. Address: Kipicheva str., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002. Tel.: (057)707-69-20, 0951853267; e-mail: demigon@rambler.ru.

Александров Олександр Валентинович, канд. хім. наук, доц., кафедра харчових та хімічних технологій, Українська інженерно-педагогічна академія. Адреса: вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003. Тел.: (057)733-79-94, 0993560936; e-mail: alexandrov_a_v@inbox.ru.

Александров Александр Валентинович, канд. хим. наук, доц., кафедра пищевых и химических технологий, Украинская инженерно-педагогическая академия. Адрес: ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003. Тел.: (057)733-79-94, 0993560936; e-mail: alexandrov_a_v@inbox.ru.

Alexandrov Alexandr, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Food Technology, Ukrainian Engineering-Pedagogy Academy. Address: Universitetskaya str., 16, Kharkiv, Ukraine, 61003. Tel. (057)733-79-94, 0993560936; e-mail: alexandrov_a_v@inbox.ru.

Гонтар Тетяна Борисівна, ст. викл., кафедра харчових та хімічних технологій, Українська інженерно-педагогічна академія. Адреса: вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003. Тел.: (057)733-79-94, 0955003212; e-mail: taty-gontar@mail.ru.

Гонтар Татьяна Борисовна, ст. преп., кафедра пищевых и химических технологий, Украинская инженерно-педагогическая академия. Адрес: ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003. Тел.: (057)733-79-94, 0955003212; e-mail: taty-gontar@mail.ru.

Gontar Tatyana, Senior Lecturer of the Department of Chemical and Food Technology, Ukrainian Engineering-Pedagogy Academy. Address: Universitetskaya str., 16, Kharkiv, Ukraine, 61003. Tel. (057)733-79-94, 0955003212; e-mail: taty-gontar@mail.ru.

Павлоцька Лариса Федорівна, канд. мед. наук, проф., кафедра гігієни харчування і мікробіології, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)337-92-67, 0504039267; e-mail: kaf_gi_gp@it@mail.ru.

Павлоцкая Лариса Фёдоровна, канд. мед. наук, проф., кафедра гигиены питания и микробиологии, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)337-92-67, 0504039267; e-mail: kaf_gi_gp@it@mail.ru.

Pavlotska Larisa, Candidate of Medical Sciences, Professor, The head Department of Food Hygiene and Microbiology, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)337-92-67, 0504039267; e-mail: kaf_gi_gp@it@mail.ru.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Ф.В. Перцевим, д-ром техн. наук, проф. М.Л. Рябчиковим, д-ром техн. наук, проф. Р.М. Трищ. Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108607