

УДК 664.3:665

**Лозова Т. М.,**

*lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,*

*Researcher ID E-9830-2019,*

*д.т.н., проф., професор кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

## **ПОЛІПШЕННЯ ЗБЕРІГАННЯ МОЛОЧНОГО ЖИРУ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО АВТООКИСНЕННЯ**

**Анотація.** У статті наведено результати дослідження стійкості молочного жиру до автоокиснення. Розглянуто можливість поліпшення зберігання цього жиру у спосіб сповільнення процесів окиснення шляхом використання натуральних добавок-антиоксидантів рослинного походження. Наведено результати досліджень вчених, які займаються проблемою пошуку антиоксидантів. Зазначено, що застосування антиоксидантів має ґрунтуватися на лабораторному вивченні специфіки та особливостей природи жиру, його складу. Важливе значення відводиться контролю ступеня окиснення жиру. Метою статті є встановлення антиоксидантних властивостей добавок на рослинній основі з метою виявлення можливості подовжити тривалість збереження молочного жиру, а отже, продуктів із його вмістом. Автором статті показано позитивну дію натуральних антиоксидантів стосовно збереження якості молочного жиру. Продемонстровано, що додавання до складу молочного жиру рослинних добавок у різних концентраціях (% до маси жиру) сприяє помітному сповільненню утворення й накопичення продуктів глибокого окиснення та збереженню його якості. Досліджено антиоксидантний вплив таких добавок на основі лікарсько-технічної сировини, як звіробій звичайний, квіти бузини чорної, вільха чорна. Доведено, що застосування зазначених добавок у концентрації 0,2% до маси жиру сприяє сповільненню накопичення вторинних продуктів окиснення в 1,7–2,3 рази. Вивчено також антиоксидантний ефект рослинних добавок плодів черемхи, перстачу прямоствоячого і материнки звичайної в концентрації 0,1 і 0,2%. Застосування цих добавок у концентрації 0,2% виявляє вищу дію порівняно з концентрацією 0,1% приблизно на 30%. Їхнє використання обмежує утворення вторинних продуктів окиснення до 1,9 рази. Встановлена антиоксидантна дія досліджених рослинних добавок на молочному жирі обґрунтовується вмістом цінних біологічних сполук, таких як біофлавоноїди, антоціани, хлорогенової, аскорбінової кислот тощо.

**Ключові слова:** молочний жир, антиоксиданти, вторинні продукти окиснення.

**Lozova T. M.,**

*lozovatm@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4681-5849,*

*Researcher ID E-9830-2019,*

*Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Commodity Science,*

*Customs Business and Quality Management,*

*Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

## **IMPROVING THE STORAGE OF MILK FAT BY INCREASING ITS RESISTANCE TO AUTOOXIDATION**

**Abstract.** The article presents the results of a study of the milk fat resistance to autooxidation. The possibility of improving the storage of this fat by slowing down the oxidation process by using natural additives-antioxidants of vegetable origin is considered. The results of researches of scientists who are engaged in a problem of search for antioxidants are given. It is noted that the use of antioxidants should be based on laboratory studies of the specifics and characteristics of the nature of fat, its composition. It is important to control the degree of oxidation of fat. The aim of the article is to determine the antioxidant properties of plant-based supplements in order to identify the possibility of extending the shelf life of milk fat as well as products containing it. The author of the article shows the positive effect of natural antioxidants on maintaining the quality of milk fat. It has been shown that the addition of vegetable additives to milk fat in various concentrations (% by weight of fat) significantly slows down the formation and accumulation of deep oxidation products and preserves its quality. The antioxidant effect of such additives on the basis of medicinal and technical raw materials as:

*St. John's wort, black elder flowers, black alder has been studied. It is proved that the use of these additives at a concentration of 0.2% by weight of fat helps to slow down the accumulation of secondary oxidation products by 1.7–2.3 times. The antioxidant effect of herbal supplements of bird-cherry tree fruits, foxglove and oregano ordinary at a concentration of 0.1 and 0.2% was also studied. The use of these additives in a concentration of 0.2% has a higher effect compared to a concentration of 0.1% by about 30%. Their use limits the formation of secondary oxidation products to 1.9 times. The revealed antioxidant effect of the studied plant supplements on milk fat is substantiated by the content of valuable biological compounds, such as bioflavonoids, anthocyanins, chlorogenic, ascorbic acids, etc.*

**Key words:** milk fat, antioxidants, secondary oxidation products.

**JEL Classification:** L81

**DOI 10.36477/2522-1221-2021-27-07**

**Постановка проблеми.** Окиснення жиру – це безперервний процес, який супроводжується накопиченням у жирі продуктів окиснення під дією несприятливих факторів. До таких факторів належать підвищена температура, взаємодія з киснем повітря, присутність у жирах металів та їх солей, які є каталізаторами окиснення, наявність вологи у жирі та інші. Все це призводить до погіршення органолептичних властивостей (виникнення неприємного смаку і запаху) і неможливості використання жиру та жиромісних продуктів у харчових цілях.

Запобігання окисненню жирів – це, насамперед, контроль за ступенем їх окиснення. Перекисне і карбонільне числа – одні з найважливіших показників, які характеризують окиснювальні процеси в жирі та жировій основі продуктів. Більш глибоке окиснення контролюється за вмістом вторинних продуктів окиснення спектрометричним методом.

Застосування антиоксидантів у деяких випадках є одним із найкращих методів стабілізації жирів та жиромісних продуктів. Антиоксиданти (антиокиснювачі) – речовини, які сприяють запобіганню процесів перекисного окиснення ліпідів і не дають накопичуватися в ньому вільним радикалам окиснення. Антиоксидантна активність – це здатність сповільнювати процеси радикального окиснення органічних і високомолекулярних сполук, тим самим знижуючи вихід продуктів цього окиснення: гідроперекисів, перекисів, спиртів, альдегідів, кетонів та ін. Включення до раціону харчових продуктів, які мають антиоксидантні властивості, сприяє загальному оздоровленню організму і профілактиці низки захворювань. Вітамін Е, сірковмісні амінокислоти, фермент глутатіонпероксидаза, яка містить мікроелемент селен, інші сполуки, маючи різний механізм антиоксидантної дії, є синергістами. Це

дозволяє досягати більшого захисного ефекту за наявності в харчовому продукті різних сполук, які мають антиоксидантну активність.

Більшість антиокиснювачів становлять речовини, які містять рухомий атом водню (наприклад, феноли).

Отже, сучасні тенденції в харчовій промисловості, які формуються під впливом зростаючого купівельного попиту на продукти харчування, що виробляються з використанням натуральних інгредієнтів, орієнтують науковців на пошук ефективних стабілізаторів, антиоксидантів, інших добавок, безпечних і корисних для споживача.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковцями численними дослідженнями встановлено, що активність антиоксиданту залежить від низки факторів: його структури і концентрації, структури субстрату, методів визначення, реакційних умов, присутності важких металів та ін. [1].

Активність фенольних антиоксидантів залежить від положення і числа алкільних заміників. Наприклад, у 3,5-диалкілпірокатехолу вона є вищою, ніж у 4-монозаміщеного похідного.

Найбільший інгібірувальний ефект виявляють антиокиснювачі за низьких концентрацій. У цих умовах індукційний період є лінійною функцією концентрації антиоксиданту [2].

Слабкі антиоксиданти мають максимум активності за певних концентрацій, тоді як у сильних антиоксидантів активність не залежить від концентрацій у широкому інтервалі [3; 4].

Звичайні фенольні антиоксиданти дуже активні в тих випадках, коли реакційні ланцюги довгі, але вони мають низьку активність у тих системах, де реакційні ланцюги скорочуються, і тому антиоксидант швидко витрачається з утворенням вільних радикалів. Активність антиоксиданту знижується за умови зростання температури, кількості гідроперекисів, ступеня

ненасиченості системи і збільшення концентрації важких металів [5].

Сліди важких металів, особливо міді і заліза, деактивують фенольні антиоксиданти, але антиоксиданти і синергісти, які присутні в надлишку, можуть перетворювати метали на інактивні комплекси.

Серед антиоксидантів у харчовій промисловості застосовують токоферолі, аскорбінову кислоту і пальмітат аскорбінової кислоти, бутилоксіанізол (БОА), бутилоксітолуол (БОТ), ефіри галової кислоти [6; 7].

Аскорбінова кислота слабкорозчинна в оліях, тому її використовують тільки у водному середовищі. Пальмітат аскорбінової кислоти, незважаючи на добру розчинність в оліях, виявляє антиокиснювальну властивість лише як ізолюючий агент. Його застосовують самостійно, але частіше в суміші з токоферолами.

Бутилоксіанізол (Е320) і бутилоксітолуол (Е321) виявляють майже однакову дію. Вони добре розчинні в оліях, слугують добрими антиоксидантами також для тваринних жирів. БОА – це дрібні кристали білого або рожевувато-кремового кольору, які плавляться за температури 46–55 °С. Ця речовина має дуже слабкий запах, не надає продукту неприємного смаку, не змінює колір жиру, стійка до дії високих температур і слабких лугів, практично нерозчинна у воді. БОТ – білі кристали з температурою плавлення 70 °С, без запаху і смаку. Він розчиняється в етиловому спирті, розчинниках для жирів і жирах, є сильним антиокиснювачем для жирів [8].

Введення антиоксиданту БОА значно подовжує першу стадію окиснення, не впливаючи на енергію активації цієї стадії. Додавання антиоксиданту на другій стадії різко гальмує процес. Однак після певного затримання реакція поновлюється внаслідок витрачання інгібітора. На підставі цих результатів Емануель Н. та низка інших науковців вважають, що автоокиснення природних жирів відбувається у дві стадії: перша – автоокиснення у присутності натуральних інгібіторів, які є в жирі, а друга характеризується швидким розвитком процесу після руйнування цих інгібіторів [9; 10].

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження проблеми поліпшення зберігання молочного жиру способом сповільнення процесу автоокиснення. З цією метою необхідно дослідити антиоксидантну дію натуральних добавок на роліній основі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У результаті різних процесів під час зберігання

відбувається окиснення молочного жиру за вільнорадикальним механізмом. У процесі експериментів були досліджені зразки жиру на рівень окиснення спектрометричним методом. Досліджувалися зразки контрольний та з додаванням у систему добавок-антиоксидантів.

Традиційно використовуються для уповільнення процесу автоокиснення синтетичні антиоксиданти, які негативно впливають на здоров'я. Натуральні антиоксиданти, беззаперечно, мають суттєві переваги.

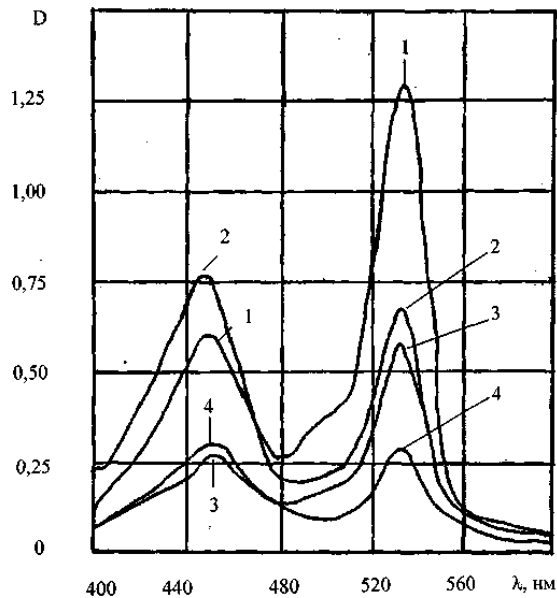
Виконані дослідження доводять ефективність використання натуральних антиоксидантів для збільшення стійкості молочного жиру до окиснення. Вивчалася антиоксидантна дія лікарсько-технічних рослин. Встановлено, що антиокиснювальна активність трьох видів лікарських рослин – звіробою звичайного, квітів бузини чорної, вільхи чорної – в однаковій концентрації (0,2%) була досить висока, особливо щодо накопичення діальдегідів за 4 доби зберігання. Найменша кількість цих сполук виявлена в молочному жирі з додаванням вільхи чорної, яка була в 2,3 рази нижча, ніж у жирі з 0,2% звіробою звичайного. У зразках жиру з включенням звіробою звичайного і квітів бузини чорної містилася приблизно однакова кількість діальдегідів, хоча вміст моноальдегідів був різний. За довжини хвилі  $\lambda$  448–452 нм оптична густина продуктів окиснення з 2-ТБК зразка жиру зі звіробоєм була на 19% вищою порівняно із зразком жиру з квітами бузини.

На молочному жирі порівняли антиоксидантну активність плодів черемхи звичайної в концентрації 0,1 і 0,2%, а також перстачу прямиостоячого і материнки звичайної (по 0,1 % до маси жиру). Після 4 діб найбільше діальдегідів виявлено в жирі з 0,1 % плодів черемхи (рис. 1).

Подвійна концентрація добавки (0,2%) обмежила в 1,9 рази утворення цих сполук.

Більш висока оптична густина з  $\lambda$  448–452 нм цього зразка (1,26 рази), ймовірно, зумовлена взаємодією певних сполук добавки з ТБК. Антиокиснювальна активність плодів черемхи пояснюється наявністю флавоноїдів (1,5–2%), антоціанів (3-рутинозид ціанідину – 9,1%, 3-глікозид ціанідину – 7,3%), хлорогенової та аскорбінової кислот.

У жирі з перстачем прямиостоячим містилось у 2,3 рази менше діальдегідів, ніж з 0,1% плодів черемхи, і найменше моноальдегідів. Антиоксидантні властивості перстачу зумовлені значною кількістю дубильних речовин і аскорбінової кислоти.



**Рис. 1.** Спектрограми продуктів окиснення молочного жиру з 2-ТБК після 4 діб зберігання за температури  $(98\pm 2)$  °С з добавками:

1 – плоди черемхи звичайної, 0,1%; 2 – плоди черемхи звичайної, 0,2%; 3 – перстач прямостоячий, 0,1%; 4 – материнка звичайна, 0,1%

Найвищу стабілізуювальну дію проявила материнка звичайна, в жирі з якою містилось у 4,7 раза менше діальдегідів, ніж у зразку з плодами черемхи (0,1%), і в 2,1 раза порівняно із перстачем прямостоячим.

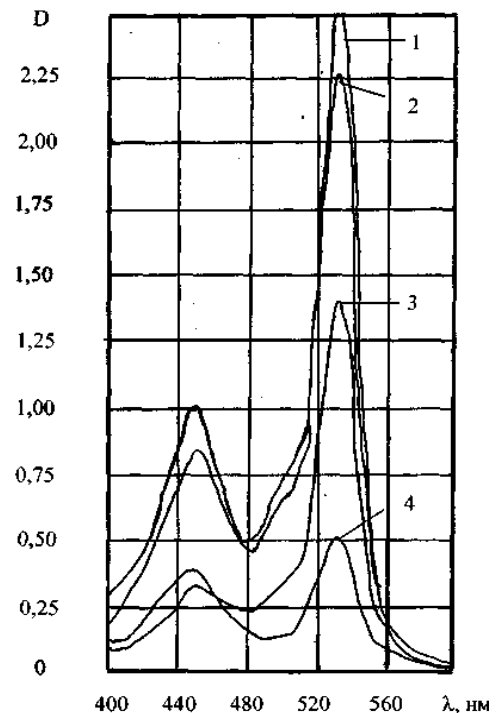
Найбільш активними антиоксидантами можна вважати флавоноїди, дубильні речовини, аскорбінову кислоту і складники ефірної олії. Величина оптичної густини з  $\lambda$  535 нм жиру з материнкою звичайною близька до показника з  $\lambda$  450 нм, а зразків із перстачем прямостоячим із 0,1% плодів черемхи у 2,15 раза вища.

Протягом наступних двох діб у зразках жиру з плодами черемхи звичайної (0,1%) кількість діальдегідів майже подвоїлась (1,95 раза), а материнки звичайної (0,1%) зросла у 5,2 раза (рис. 2).

Досить вагомим було підвищення вмісту діальдегідів у жирі з подвійною концентрацією плодів черемхи (3,4 раза). Воно свідчить про те, що за період зберігання біоантиоксиданти добавок ефективно витрачалися на інактивацію активних радикалів. Антиоксидантна активність сполук материнки звичайної була вищою, ніж плодів черемхи, в 1,8 раза (0,1%) і 4,3 раза (0,2%).

Подвійна концентрація плодів черемхи підвищила гальмування окиснювальних перетворень тільки на 10%, тоді як материнки звичайної –

у 2,7 раза. Це відображає більш високу стабілізуювальну дію сполук материнки.



**Рис. 2.** Спектрограми продуктів окиснення молочного жиру з 2-ТБК після 6 діб зберігання за температури  $(98\pm 2)$  °С з добавками:

1 – черемха звичайна (плоди), 0,1%; 2 – черемха звичайна (плоди), 0,2%; 3 – материнка звичайна, 0,1%; 4 – материнка звичайна, 0,2%

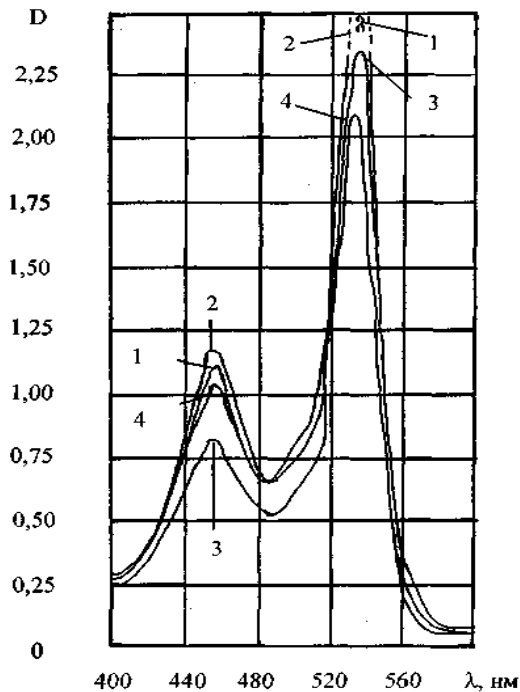
За порівняльний період підвищилась оптична густина дослідних зразків з  $\lambda$  450 нм, зокрема в жирі з 0,1% плодів черемхи в 1,7 раза, 0,2% плодів черемхи – в 1,13 раза, з 0,1% материнки звичайної – 1,17 раза. Отже, з прискоренням автоокиснення зростає кількість моно- і діальдегідів.

Співвідношення між величинами оптичної густини з  $\lambda$  535 і  $\lambda$  450 нм у дослідних зразках жиру з добавками плодів черемхи становило 2,49 (0,1%) і 2,66 раза (0,2%), а материнки звичайної – 4,12 (0,1%) і 1,33 раза (0,2%).

Антиокислювальна активність вільхи була у 5 разів вищою. Величина оптичної густини жиру з ТБК при  $\lambda$  450 нм з включенням звіробою звичайного за дві доби підвищилася на 19 %, з перстачем прямостоячим – на 27%, а з вільхою – знизилася на 13%. Це, можливо, пов'язано з витрачанням частини екстрактивних речовин добавки в окиснювальних перетвореннях жиру. Водночас оптична густина цього зразка з  $\lambda$  450 нм була вища від аналогічного показника  $\lambda$  535 нм в 1,4 раза. У жирі з додаванням звіробою звичайного діальдегідів містилось у 2,9 раза більше, ніж

моноальдегідів, а з перстачем прямостоячим – у 3,7 раза. Отже, розгалуження ланцюгових радикальних реакцій пов'язане в основному з утворенням діальдегідів у молочному жиру.

Тривале зберігання молочного жиру зумовило інтенсивне автоокиснення і накопичення великої кількості діальдегідів у всіх дослідних зразках із добавками (рис. 3).



**Рис. 3. Спектрограми продуктів окиснення молочного жиру з 2-ТБК після 10 діб зберігання за температури  $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$  з добавками (0,2%):**

1 – звіробій звичайний; 2 – перстач прямостоячий; 3 – вільха чорна; 4 – бузина звичайна (квітки)

За період від 6 до 10 діб кількість діальдегідів у жиру з добавкою звіробою (0,2%) і перстачу прямостоячого (0,2%) збільшилась у 2,2 раза, а вільхи – у 9,4 раза. Досить висока концентрація діальдегідів накопичилась також у жиру з додаванням квіток бузини (0,1%), хоча на 17% менше, ніж у зразку з вільхою. Від 4 до 10 діб цей показник підвищився у 8,3 раза.

У всіх зразках помітне накопичення моноальдегідів, за винятком жиру з вільхою, в якому їх містилося в 1,86–1,65 раза менше.

За період з 6 до 10 діб кількість моноальдегідів збільшилась у зразках жиру з добавками звіробою звичайного у 2,5 раза, перстачу прямостоячого – у 3,5 раза, шишечок вільхи – в 1,8 раза.

Отже, тривале зберігання молочного жиру призводить до суттєвого зниження антиокиснювальної дії добавок рослинного походження

і може характеризувати зміни дослідних зразків тільки в динаміці.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.** Таким чином, виконані дослідження довели позитивну дію вивчених рослинних добавок щодо стабілізації якості молочного жиру. Їхнє додавання дає змогу сповільнити процес автоокиснення в близько 2,2 раза. Особлива вагомість проведених досліджень підкреслюється тим, що добавки здатні обмежувати утворення вторинних продуктів окиснення як показників глибокого процесу псування жиру. Таким чином, результати досліджень слугують обґрунтуванням для використання зазначених добавок у складі молочного жиру та харчових продуктів на його основі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Рудакова М.Ю., Николаева Ю.В. Повышение безопасности продуктов питания, жаренных во фритюре. *Продовольственные технологии*. 2017. № 1. С. 21–26.
2. Лисицын А.Б., Туниева И.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование. *Всё о мясе*. 2015. № 1. С. 10–14.
3. Cebi N., Yilmaz M.T., Sagdic O., Yuce H. et al. Prediction of peroxide value in omega-3 rich microalgae oil by ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics. *Food Chem*. 2017. Vol. 225. P. 188–196.
4. Goicoechea E., Brandon E.F., Blokland M.H., Guillen M.D. Fate in digestion in vitro of several food components, including some toxic compounds coming from omega-3 and omega-6 lipids. *Food Chem. Toxicol*. 2011. Vol. 49. P. 115–124.
5. Martinez-Yusta A., Goicoechea E., Guillen M.D. A review of thermo-oxidative degradation of food lipids studied by 1H NMR spectroscopy: influence of degradative conditions and food lipid nature. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2014. Vol. 13. P. 838–859.
6. Саркисян В.А., Кочеткова А.А., Бессонов В.В., Глазкова И.В. Токсикологическая характеристика основных продуктов окисления липидов. *Вопр. питания*. 2016. № 6. С. 80–85.
7. Xia W., Budge S.M., Lumsden M.D. New 1H NMR-based technique to determine epoxide concentrations in oxidized oil. *J. Agric. Food Chem*. 2015. Vol. 63, № 24. P. 5780–5786.
8. Semb T.N. (2012), Analytical Methods for Determination of the Oxidative Status in Oils. Norway : Department of Biotechnology, Norwegian University of Science and Technology, 2012. 115 p.
9. Xia W., Budge S.M. Techniques for the analysis of minor lipid oxidation products derived from triacylglycerols: epoxides, alcohols, and ketones.

*Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2017. Vol. 16, № 4. P. 735.

10. Alexandri E., Ahmed R., Siddiqui H., Choudhary M. I. et al. High resolution NMR spectroscopy as a structural and analytical tool for unsaturated lipids in solution. *Molecules*. 2017. Vol. 22. P. 1663–1671.

#### REFERENCES:

1. Rudakova, M.Ju. (2017), Povyshenie bezopasnosti produktov pitaniya, zharenyh vo fritjure, *Prodovol'stvennye tehnologii*, № 1, p. 21–26.

2. Lisicyn, A.B. (2015), Okislenie lipidov: mehanizm, dinamika, ingibirovanie, *Vsjo o mjase*, № 1. P. 10–14.

3. Cebi N., Yilmaz M.T., Sagdic O., Yuce H. et al. (2017), Prediction of peroxide value in omega-3 rich microalgae oil by ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometrics, *Food Chem.*, vol. 225, p. 188–196.

4. Goicoechea E., Brandon, E.F. Blokland, M.H. and Guillen, M.D. (2011), Fate in digestion in vitro of several food components, including some toxic compounds coming from omega-3 and omega-6 lipids, *Food Chem. Toxicol.*, vol. 49, p. 115–124.

5. Martinez-Yusta A., Goicoechea E. and Guillen, M. D. (2014), A review of thermo-oxidative deg-

radation of food lipids studied by 1H NMR spectroscopy: influence of degradative conditions and food lipid nature, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 13, pp. 838–859.

6. Sarkisjan, V. A. Kochetkova, A. A. Bessonov, V. V. and Glazkova, I. V. (2016), Toksikologicheskaja harakteristika osnovnyh produktov okislenija lipidov, *Vopr. Pitaniya*, № 6, p. 80-85.

7. Xia W., Budge, S.M. and Lumsden, M.D. (2015), New 1H NMR-based technique to determine epoxide concentrations in oxidized oil, *J. Agric. Food Chem.*, vol. 63, № 24, p. 5780–5786.

8. Semb, T.N. (2012), Analytical Methods for Determination of the Oxidative Status in Oils. Norway : Department of Biotechnology, Norwegian University of Science and Technology, 2012, 115 p.

9. Xia W. and Budge, S.M. (2017), Techniques for the analysis of minor lipid oxidation products derived from triacylglycerols: epoxides, alcohols, and ketones, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 16, № 4, p. 735.

10. Alexandri E., Ahmed R., Siddiqui H., Choudhary, M.I. et al. (2017), High resolution NMR spectroscopy as a structural and analytical tool for unsaturated lipids in solution, *Molecules*, vol. 22, p. 1663–1671.

*Стаття надійшла до редакції 18.08.2021*