

УДК 664.34:678.048

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-6>

Лариса МАРУШКО

кандидат хімічних наук, доцент, декан факультету хімії, екології та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0002-8373-6747

Елла КАДИКАЛО

кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0002-5613-1662

Микола ЛУКАЩУК

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0001-9177-7808

Бібліографічний опис статті: Марушко, Л., Кадикало, Е., Лукащук, М. (2021). Антиоксидантна дія екстрактів із лікарських рослин родини *Ericaceae* на стабільність харчових олій та олійних емульсій у процесі їх зберігання. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 39–44, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-6>

АНТИОКСИДАНТНА ДІЯ ЕКСТРАКТІВ ІЗ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН РОДИНИ *ERICACEAE* НА СТАБІЛЬНІСТЬ ХАРЧОВИХ ОЛІЙ ТА ОЛІЙНИХ ЕМУЛЬСІЙ У ПРОЦЕСІ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

Метою роботи було виявлення антиоксидантного ефекту екстрактів із лікарських рослин родини *Ericaceae*: брусниці звичайної (*Vaccinium vitis-idaea* L.), буюхів (*Vaccinium uliginosum* L.), журавлини болотної (*Oxycoccus* Hill L.), чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus* L.), на окиснювальну стабільність харчових олій та олійних емульсій (основи майонезів).

Об'єктом дослідження стала олія соняшникова та емульсія на основі цієї олії. Для їхньої стабілізації використовували олійні, водні та водно-спиртові екстракти із пагонів брусниці, буюхів, журавлини і чорниці. Для визначення антиоксидантного ефекту обраховували пероксидне число екстрактів і контрольного зразка. Такі дослідження є актуальними, оскільки антиоксидантна дія фітоекстрактів брусниці звичайної, буюхів, журавлини болотної, чорниці звичайної є маловивченою, порівняно з іншими представниками родини Вересових.

Визначення ступенів інгібування процесу окиснення олії соняшникової за додавання олійних екстрактів показало, що екстракти чорниці та журавлини мають сильний антиоксидантний ефект (ступені інгібування 57% і 51%, відповідно), екстракт брусниці володіє середнім антиоксидантним ефектом (35%), екстракт буюхів виявляє слабкий антиоксидантний ефект (21%).

Обраховавши відсоток інгібування процесу окиснення емульсії на основі олії соняшникової за додавання водних фітоекстрактів, встановлено, що водні екстракти чорниці та журавлини виявляють середній антиоксидантний ефект (41% та 37%, відповідно), водні екстракти брусниці та буюхів мають слабкий антиоксидантний ефект (24% і 15%, відповідно).

За використання водно-спиртових фітоекстрактів для приготування емульсії на основі олії соняшникової встановлено, що ступінь інгібування процесу окиснення в усіх випадках є децю вищим, ніж за використання водних фітоекстрактів, а саме: водно-спиртовий екстракт чорниці виявляє сильний антиоксидантний ефект (53%), водно-спиртові екстракти журавлини та брусниці мають середній антиоксидантний ефект (46% і 32%, відповідно), водно-спиртовий екстракт буюхів чинить слабкий антиоксидантний ефект (19%).

Ключові слова: природні антиоксиданти, пероксидне число жиру, зберігання олій.

Larysa MARUSHKO

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Chemistry, Ecology and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-8373-6747

Ella KADYKALO

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-5613-1662

Mykola LUKASHCHUK

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0001-9177-7808

To cite this article: Marushko, L., Kadykalo, E., Lukashchuk, M. (2021). Antyoksydantna diia ekstraktiv z likarskykh roslyn rodyny Ericaceae na stabilnist kharchovykh olii ta oliinykh emulsii u protsesi yikh zberihannia [Antioxidant effect of extracts from medicinal plants of the family *Ericaceae* on the stability of food oils and oil emulsions during storage]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 39–44, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-6>

ANTIOXIDANT EFFECT OF EXTRACTS FROM MEDICINAL PLANTS OF THE FAMILY *ERICACEAE* ON THE STABILITY OF FOOD OILS AND OIL EMULSIONS DURING STORAGE

*The aim of the study was to identify the antioxidant effect (AE) of extracts from medicinal plants of the family Ericaceae: lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), buoy (*Vaccinium uliginosum* L.), cranberry (*Oxycoccus* Hill L.), blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) on the oxidative stability of food oils and oil emulsions (mayonnaise base).*

The object of the study was sunflower oil and an emulsion based on this oil. Oil, water and water-alcohol extracts from shoots of lingonberries, buoys, cranberries and blueberries were used to stabilize them. Peroxide number of extracts and control sample were determined to establish AE. Such studies are relevant because the antioxidant effect of phytoextracts of lingonberry, buoys, cranberry, blueberry is little studied in comparison with other members of the Ericaceae family.

Determination of the degree of oxidation inhibition of sunflower oil with the addition of oil extracts showed that the extracts of blueberries and cranberries show strong AE (inhibition degree of 57% and 51%, respectively), lingonberry extract has medium AE (35%), buoy extract shows a weak AE (21%).

After calculating the inhibition degree of the oxidation process of the emulsion based on sunflower oil with the addition of aqueous phytoextracts, it was found that aqueous extracts of blueberries and cranberries show average AE (41% and 36%, respectively), aqueous extracts of lingonberry and buoys have weak AE (24% and 15%, respectively).

Using water-alcohol phytoextracts in sunflower oil emulsions, it was found that the inhibition degree of the oxidation process in all cases is slightly higher than when using aqueous phytoextracts, namely blueberry extract shows strong AE (53%), extracts of cranberries and lingonberry have average AE (46% and 32%, respectively), extract of buoys has weak AE (19%).

Key words: natural antioxidants, peroxide number of fat, storage of oils.

Актуальність проблеми. Важливим питанням, яке виникає під час розробки будь-якого харчового продукту з сировини, що містить велику кількість поліненасичених жирних кислот (далі – ПНЖК), є його стабілізація, захист лабільних сполук від окиснення. Одним із таких продуктів і водночас сировиною для виробництва інших харчових продуктів є рослинні олії, які відіграють надзвичайно важливу роль у щоденному харчуванні людини, забезпечуючи її організм 50–60% добової потреби жирів

та енергії. Відомо, що ω -3 і ω -6 ПНЖК, які містяться в рослинних оліях, нестійкі і мають високий ступінь окиснення та деградації в умовах виробництва і зберігання рослинних олій. Окиснення ПНЖК погіршує якість продуктів: з'являються неприємні запах і смак, знижується біологічна цінність через зменшення вмісту ω -3 жирних кислот. Для запобігання окиснювальному псуванню харчових жирів пропонують використовувати різноманітні антиоксиданти (синтетичні або натуральні).

До них належать речовини фенольної природи: бутилгідроксианізол (далі – БОА), бутилгідрокситолуол (далі – БОТ), дигідрокверцетин, різні форми токоферолів (α -, γ -, δ -токоферол), а також аскорбінова, лимонна, молочна, галова, ортофосфатна кислоти та їх солі.

Однак навіть із застосуванням антиоксидантів термін придатності продуктів не може бути збільшений на тривалий період, оскільки кількість внесених антиоксидантних домішок обмежена з міркувань безпеки. Використання перевищеної рекомендованої дози антиоксидантів (0,02% для БОА, БОТ) становить небезпеку для здоров'я людини. Деякі штучні антиоксиданти є алергенами. Ортофосфатна кислота може бути причиною порушення кальцієво-фосфорного балансу в організмі, негативно впливати на травлення, викликати захворювання шлунково-кишкового тракту. Цитрати також не рекомендовані людям із алергією. Тому існує необхідність розробки нових способів стабілізації харчових олій і продуктів на їх основі, а також поліпшення їхніх споживчих властивостей.

Речовинами, що виявляють значну антиоксидантну дію, є екстракти рослин. Вони знаходяться застосування у виробництві харчових продуктів, виконуючи одночасно роль смакових й ароматичних добавок. Екстракти рослин із антиоксидантними властивостями є екологічно чистими домішками, не мають негативних побічних реакцій і забезпечують необхідний ефект уже за внесення невеликих кількостей.

Отже, вибір природних інгібіторів для підвищення окиснювальної стабільності харчових олій та олійних емульсій (основи майонезів), а також вивчення їхнього впливу на органолептичні характеристики і збереження ненасичених жирних кислот є нагальними питаннями.

Антиоксидантна дія екстрактів рослин брусниці звичайної, буяків, журавлини болотної, чорниці звичайної є маловивченою, порівняно з іншими представниками родини Вересових, а отже, такі дослідження є актуальними і дозволяють оцінити ступінь ефективності цих екстрактів для запобігання окиснювальному псуванню олій соняшникової та продуктів, виготовлених на її основі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через хімічну нестабільність ω -3 і ω -6 ПНЖК у процесі виробництва та зберігання олій утворюються речовини, які погіршують якісні

характеристики й можуть завдати шкоди здоров'ю людини. З огляду на це постала проблема збереження якості харчових олій, що полягає у захисті ліпідів від окиснення.

Численні дослідження довели перспективне використання рослинних антиоксидантів із високим ефектом стабілізації. Переважно це олійні, водні і спиртові екстракти листя та/або квітів базиліку, календули, коров'яку, модрини, софори японської, амаранта фіолетового, звіробою, розмарину, м'яти перцевої, меліси, чебрецю, горіха, шавлії, зеленого чаю, кави. Доцільно також використовувати шипшину, горобину, кісточку винограду, квасоллю, ефірні олії апельсина, лимона, гвоздики, кориці, шкірки граната тощо.

Наприклад, у роботі (Máriássyová, 2006), де об'єктами дослідження були соняшникова та ріпакова олії, рекомендується використовувати антиоксидантні концентрати з календули, базиліку, суховершків звичайних, коров'яку в кількості 2 мг/кг.

Дослідження кукурудзяної олії показало, що екстракти з трави чебрецю, шавлії, м'яти перцевої пригнічують окиснення жиру в процесі зберігання (Baştürk et al., 2018). Щодо антиоксидантної активності чебрецю та м'яти перцевої, було зроблено висновок про їхню найвищу здатність до інгібування і доцільність їх використання у харчовій промисловості. Істотним недоліком використання вищезазначених екстрактів пряних та ароматичних трав є їхній інтенсивний смак й ароматичні властивості, які можуть негативно вплинути на органолептичні характеристики олій.

Антиоксидантну активність ефірних олій, спиртових та водних екстрактів меліси на прикладі соняшникової олії порівняно в (Kamkar et al, 2010). Ефірна олія меліси не має значного антиоксидантного ефекту (далі – АЕ). Також доведено антиоксидантну дію ефірних олій розмарину, гвоздики та кориці на горіховій і маковій олії (Özcan, Arslan, 2011).

Вплив природних антиоксидантів (екстрактів розмарину, чаю, бамбука) на якість соєвої та пальмової олій було досліджено в (Gong et al., 2018). Виявлено, що екстракти ефективно знижують кислотне та пероксидне числа жиру. Найбільше інгібування виявляють екстракти бамбука. В роботі (Vodoira et al., 2017) підкреслено порівняний ефект процесу інгібування

екстракту розмарину на окиснювальну стабільність олії насіння чіа. Сильний вплив спиртового розмаринового екстракту на збереження ω -3 жирних кислот лляної олії експериментально доведено в (Wang et al., 2018).

У (Dubinina et al., 2014) досліджено антиоксидантний комплекс листя чорної смородини. До його складу входять речовини фенольної та тіолової природи.

Результати, отримані під час вивчення впливу пектину цитрусових на окиснення жирів змішаної соняшникової та лляної олій упродовж двох тижнів зберігання за температури 35° С, представлені в (Celus et al., 2018). Встановлено, що низькомолекулярний пектин виявляє вищу антиоксидантну здатність, ніж високомолекулярний пектин. Ці результати показують потенціал структурно модифікованого пектину цитрусових як природного антиоксиданту в олійних емульсіях.

Таким чином, для підвищення стійкості рослинних олій до окиснення було запропоновано використовувати численні рослинні сировини. Рекомендувалося застосовувати природні антиоксиданти в кількості від 0,05% до 10% для забезпечення достатньої стабілізуючої дії на окиснювальні та гідролітичні процеси у рослинних оліях. Це дає можливість отримувати продукти стабільної якості та подовжувати термін їхнього зберігання. Однак універсального інгібітора для всіх видів рослинних олій немає. Це пояснюється різним хімічним складом сировини, вмістом ненасичених жирних кислот, параметрами виробництва й умовами зберігання продуктів. Тому доцільно обирати природний антиоксидант спеціально для тієї чи іншої рослинної олії.

Метою дослідження було виявлення антиоксидантного ефекту екстрактів біологічно активних речовин із лікарських рослин родини *Ericaceae* (пагонів брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної і чорниці звичайної) на стабільність харчових олій та олійних емульсій (основи майонезів).

Для досягнення цієї мети були вирішені такі завдання:

- одержання олійних/водних/водно-спиртових екстрактів із пагонів брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної та чорниці звичайної;
- визначення впливу фітоантиоксидантів, що містяться в отриманих екстрактах, на зміну

пероксидного числа харчових олій та олійних емульсій в процесі їхнього зберігання;

– оцінка антиоксидантного потенціалу екстрактів рослин родини *Ericaceae* за величиною ступенів інгібування системи «жир – антиоксидант».

Виклад основного матеріалу. Для визначення антиоксидантної дії екстрактів із лікарських рослин родини *Ericaceae* на стабільність харчових олій у процесі їхнього зберігання готували олійні екстракти, використовуючи пагони брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної і чорниці звичайної та олію соняшникову рафіновану дезодоровану (ТМ «Щедрий Дар»). Кількості сухої подрібненої рослинної сировини для екстракції становили 2, 4 і 6% від маси олії. Екстракцію проводили за 25–30° С упродовж 24 годин (із періодичним струшуванням). Далі екстракт відфільтрували. Зразок олії для порівняння (контроль) був витриманий в аналогічних умовах, що й екстракти (25–30° С, 24 години). Екстракти та контрольний зразок зберігали в темному місці впродовж 10 місяців за позитивної нерегульованої температури.

Для з'ясування антиоксидантного ефекту щомісяця визначали пероксидне число (далі – ПЧ) олійних фітоекстрактів та контрольного зразка олії соняшникової, згідно з ДСТУ 4570:2006 «Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа».

Дослідження показало, що збільшення концентрацій олійних екстрактів на понад 4% вже не сприяє зростанню антиоксидантного ефекту. Тому далі наведено експериментальні дані лише для екстрактів із концентрацією 4%. Динаміка зміни ПЧ досліджуваних олійних екстрактів та контрольного зразка наведена в табл. 1.

На другому етапі дослідження готували два зразки екстрактів із пагонів брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної і чорниці звичайної: водні та водно-спиртові. До 4,0 г сухої подрібненої рослинної сировини додали 15 мл дистильованої води (водні екстракти) або 15 мл 10% розчину етилового спирту (водно-спиртові екстракти). Екстракцію проводили на водяній бані за температури 60° С упродовж 1 години. Отримані екстракти фільтрували та використовували як водну фазу для приготування емульсії (основи майонезу).

Для приготування емульсії брали олію соняшкову – 100 мл, водний або водно-спиртовий

фітоекстракт – 10 мл, жовток курячого яйця (емульгатор) – 1 шт. Для водної фази контрольного зразка емульсії використовували дистильовану воду чи 10% розчин етанолу. Далі отримували хлороформний екстракт жирової фази з емульсії: пробу емульсії змішували з хлороформом у співвідношенні 1:6 і проводили екстракцію за температури 25° С упродовж 40 хви-

лин. Для отриманих хлороформних екстрактів визначали пероксидне число (табл. 2).

Кількісну оцінку антиоксидантної дії олійних/водних/водно-спиртових екстрактів на стабільність харчових олій та олійних емульсій у процесі їхнього зберігання здійснено за значенням максимального ступеня інгібування (Jacobsen et al., 2008), який розраховували за формулою:

$$\% \text{ інгібування} = \frac{П.Ч.(контроль) - П.Ч.(антиоксидантний зразок)}{П.Ч.(контроль)} \times 100\%$$

Визначення ступенів інгібування процесу окиснення олії соняшникової за додавання олійних екстрактів показало, що екстракти чорниці та журавлини виявляють сильний АЕ (ступені інгібування – 57% і 51%, відповідно), екстракт брусниці володіє середнім АЕ (35%), екстракт буяхів має слабкий АЕ (21%).

Обрахувавши відсоток інгібування процесу окиснення емульсії на основі олії соняшникової за додавання водних фітоекстрактів, встановлено, що водні екстракти чорниці та журавлини виявляють середній АЕ (41% та 37%,

відповідно), а водні екстракти брусниці і буяхів мають слабкий АЕ (24% і 15%, відповідно).

Під час використання водно-спиртових фітоекстрактів для приготування емульсії на основі олії соняшникової з'ясовано, що ступінь інгібування процесу окиснення в усіх випадках є дещо вищим, ніж за використання водних фітоекстрактів, а саме: водно-спиртовий екстракт чорниці виявляє сильний АЕ (53%), водно-спиртові екстракти журавлини та брусниці володіють середнім АЕ (46% і 32%, відповідно), водно-спиртовий екстракт буяхів чинить слабкий АЕ (19%).

Таблиця 1

**Динаміка зміни пероксидного числа олійних екстрактів (4%)
із рослин родини *Ericaceae* та контрольного зразка**

	Термін зберігання, місяці									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Пероксидне число, ½О ммоль/кг									
Олія соняшникова (контроль)	2,1	2,4	2,9	3,4	4,0	4,8	5,7	6,8	7,9	9,1
Екстракт чорниці звичайної	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,4	3,9
Екстракт журавлини болотної	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5
Екстракт брусниці звичайної	1,9	2,1	2,4	2,7	3,1	3,5	4,0	4,6	5,2	5,9
Екстракт буяхів	1,9	2,2	2,6	3,0	3,4	4,0	4,6	5,4	6,2	7,2

Таблиця 2

Динаміка зміни пероксидного числа жирової фракції емульсій, отриманих із додаванням водних/водно-спиртових екстрактів із рослин родини *Ericaceae*, та контрольного зразка

	Термін зберігання, місяці									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Пероксидне число, ½О ммоль/кг									
Контрольний зразок	2,2	2,5	3	3,5	4,2	5	5,9	7,1	8,3	9,9
Водні екстракти										
Екстракт чорниці звичайної	2,0	2,1	2,4	2,7	3,1	3,5	4,0	4,5	5,1	5,8
Екстракт журавлини болотної	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,7	4,2	4,8	5,5	6,2
Екстракт брусниці звичайної	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,2	4,8	5,6	6,5	7,5
Екстракт буяхів	2,1	2,4	2,9	3,4	3,9	4,6	5,4	6,3	7,4	8,4
Водно-спиртові екстракти										
Екстракт чорниці звичайної	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,7
Екстракт журавлини болотної	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,8	5,3
Екстракт брусниці звичайної	2,1	2,3	2,7	3,0	3,5	3,9	4,5	5,2	5,9	6,7
Екстракт буяхів	2,1	2,4	2,8	3,3	3,9	4,5	5,2	6,0	7,0	8,0

Висновки і перспективи подальших досліджень. Доведено, що використання природних антиоксидантів уповільнює процеси гідролізу та окиснення олії соняшникової й емульсії на її основі.

Можна констатувати, що олійні екстракти пагонів брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної і чорниці звичайної мають інгібувальну дію. Наприклад, їх введення у кількості 4% сприяло збільшенню окислювальної стабільності олії соняшникової в 1,2–1,6 рази, а отже, вплинуло і на збереження вмісту поліненасичених жирних кислот в її складі.

Використання водних і водно-спиртових фітоекстрактів із пагонів брусниці звичайної, буяхів, журавлини болотної і чорниці звичайної для приготування на основі олії соняшникової

емульсії, яка є основою майонезів, забезпечує збереження споживних властивостей таких жировмісних харчових продуктів упродовж терміну їх зберігання, а також дозволяє подовжити термін їхньої придатності завдяки уповільненню процесу окислювального псування жирової фази. Причому водно-спиртові фітоекстракти мають вираженішу антиоксидантну дію, порівняно з водними екстрактами, що можна пояснити більш повним вилученням із рослинної сировини біологічно активних речовин, які здатні інгібувати процеси окиснення.

У подальшому планується провести дослідження оптимальних умов екстракції та складу отриманих фітоекстрактів для обґрунтування їхнього використання у виробництві харчових жирних систем.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Máriássyová M. Antioxidant activity of some herbal extracts in rapeseed and sunflower oils. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2006. No. 3. P. 104–109.
2. Baştürk A., Ceylan M.M., Çavuş M., Boran G., Javidipour I. Effects of some herbal extracts on oxidative stability of corn oil under accelerated oxidation conditions in comparison with some commonly used antioxidants. *LWT*. 2018. Vol. 89. P. 358–364.
3. Kamkar A., Javan A.J., Asadi F., Kamalinejad M. The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food and Chemical Toxicology*. 2010. Vol. 48, No. 7. P. 1796–1800.
4. Özcan M.M., Arslan D. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry*. 2011. Vol. 129. No. 1. P. 171–174.
5. Gong G., Zhao X., Wu S. Effect of natural antioxidants on inhibition of parent and oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons in Chinese fried bread youtiao. *Food Control*. 2018. Vol. 87. P. 117–125.
6. Bodoira R.M., Penci M.C., Ribotta P.D., Martínez M.L. Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT*. 2017. Vol. 75. P. 107–113.
7. Wang Y.-Z., Fu S.-G., Wang S.-Y., Yang D.-J., Wu Y.-H.S., Chen Y.-C. Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. *LWT*. 2018. Vol. 89. P. 210–216.
8. Dubinina A.A., Lenert S.O., Khomenko O.O. Oxidation stabilization of peanut-linen blend lipids. *Technology audit and production reserves*. 2014. Vol. 4. No. 2 (18). P. 10–14.
9. Celus M., Salvia-Trujillo L., Kyomugasho C., Maes I., Van Loey A. M., Grauwet T., Hendrickx M.E. Structurally modified pectin for targeted lipid antioxidant capacity in linseed/sunflower oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 241. P. 86–96.
10. Jacobsen Ch., Bruni Let M., Skall Nielsen N., Meyer A.S. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: a comparative evaluation. *Trends in Food Science & Technology*. 2008. V. 19. P. 76–93.