

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЦИТИНА В СОСТАВЕ БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

М.В. Патшина, кандидат технических наук, доцент
Г.В. Гуринович, доктор технических наук, профессор
И.С. Патракова, кандидат технических наук, доцент
С.А. Серегин, кандидат технических наук, доцент
Н.С. Горюнова, студент-магистрант

Кемеровский государственный университет

E-mail: m.patshina@yandex.ru

Ключевые слова: лецитин, белково-жировая эмульсия, антиокислительные свойства, животный жир, окисление липидов.

Реферат. Сроки хранения ряда мясных продуктов ограничиваются окислительными процессами в их жировой составляющей. Соответственно, использование добавок, влияющих на скорость окисления жира, напрямую связано с сохранением качества продуктов на более длительное время с увеличением сроков хранения. Для снижения затрат при производстве и расширения ресурсов производители заменяют животные жиры на белково-жировые эмульсии, в связи с чем целью исследований являлось изучение влияния лецитина на интенсивность и динамику процесса окисления липидов белково-жировых эмульсий в процессе хранения при отрицательных температурах. Объектами исследований являлись белково-жировые эмульсии с разным уровнем добавления лецитина. Изменение показателей кислотного, перекисного и тиобарбитурового чисел в процессе хранения белково-жировых эмульсий с добавлением лецитина свидетельствует о том, что добавление 1 % лецитина от общего количества сырья позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления жира без изменения органолептических характеристик.

THE INVESTIGATION OF LECITHINE ANTIOXIDANT ABILITY UNDER CONSIST OF RPROTEIN-FATS EMULSION BASED ON ANIMALS' FATS

M.V. Patshina, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
G.V. Gurinovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
I.S. Patrakova, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
S.A. Seregin, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
N.S. Goriunova, Master's Student

Kemerovo State University

Key words: lecithine, protein-fat emulsion, antioxidant ability, animal fat, oxidations lipids.

Abstract. The high concentration fats in meat products is important value in terms of a healthy nutrition as well as keeping their quality on long-term period. The shelftime of a number of meat products is limited by oxidative processes in their fat's component. The producers can offer the meats products with substitute animal fats on protein-fat emulsion in response to consumer demand for low-fat products. The added water content in emulsions reducers the stability of the products during storage process. The research aims to investigate the influence of lecithine on the intensity and dynamics of oxidation lipids of protein-fat emulsion during storage at below-freezing temperature. The subjects of research were protein-fat emulsions with various levels of lecithine addition. Changes in acid, peroxide and thiobarbiturate numbers during storage of protein-fat emulsions with addition of lecithine indicate stabilization of oxidation processes of lipid fraction.

Большая часть мясных продуктов отличается высоким содержанием жира, что влияет на сроки годности в силу окислительной лабильности липидов в их составе. Данное свойство определяет актуальность изучаемой темы для мясной промышленности. В частности, замороженные рубленые полуфабрикаты достаточно устойчивы к микробной порче, но окислительные процессы жиров развиваются и при отрицательных температурах, что приводит к изменению вкуса и аромата продукта, накоплению токсичных продуктов окисления, разрушению жирорастворимых витаминов.

Окисление жиров представляет собой необратимый автокаталитический процесс, при котором жирные кислоты подвергаются воздействию кислорода с образованием активных свободных радикалов. Свободные радикалы и химически активные молекулы, содержащие кислород, такие как супероксид-радикал ($O_2^{\cdot-}$), синглетный кислород (1O_2), гидроксил-радикал ($OH^{\cdot}$), перекисный ($ROO^{\cdot}$), алкоксильный ($RO^{\cdot}$), являются активными формами кислорода, которые оказывают существенное влияние на биологические системы с образованием опасных и токсичных веществ.

Скорость окислительных процессов зависит от большого количества факторов, в частности температуры, профиля жирных кислот, наличия ферментов, количества воды и др. Окисление невозможно предотвратить, однако скорость этого процесса можно значительно снизить с помощью антиоксидантов [1].

Для сторонников здорового образа жизни при выборе продуктов определяющим фактором является их состав как по основным, так и по добавленным компонентам, включая антиоксиданты, среди которых они отдают предпочтение ингредиентам натурального происхождения. В связи с этим основная задача исследователей заключается в поиске новых жизнеспособных альтернатив, которые могут уменьшить или устранить нежелательные компоненты в мясных продуктах, расширяя тем самым ассортимент продуктов для здорового питания.

Еще одним из направлений «оздоровления» мясных продуктов является разработка мясных продуктов с низким содержанием жира и улучшенным жирнокислотным профилем. Замена части животного жира на белково-жировую эмульсию способствует снижению общей доли жира в мясных продуктах за счет использования в ее составе белка и воды. С другой стороны, добавление воды и аэрирование липидов в процессе приготовления эмульсии действуют как факторы снижения стойкости липидов при хранении.

Известно, что способностью замедлять окисление жиров, наряду с синтетическими антиоксидантами, обладают некоторые травы, специи и их экстракты (розмарин, толокнянка, зверобой, кора дуба и др.). Среди природных антиоксидантов известны также токоферолы, дигидрокверцетин, каротин [2].

Несомненный интерес в качестве натурального антиоксиданта представляют лецитины, которые придают пищевым продуктам профилактическую направленность, снижая в организме человека количество холестерина, приводящего к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы [3]. Лецитины, являясь поверхностно-активными веществами (ПАВ), обладают эмульгирующей способностью, благодаря чему находят широкое применение в производстве маргаринов, майонезов, шоколада, выпечке мучных и хлебобулочных кондитерских изделий [4, 5].

Важная особенность фосфолипидов, отличающая их от других эмульгаторов, – это способность образовывать липосомы, т.е. липидные везикулы либо «пузырьки», которые представляют частицы, образованные концентрическими замкнутыми липидными бислоями с внутренним водным слоем, изолированным от внешней среды и содержащим различные включения пептидов или белков. Данная способность фосфолипидов и позволяет использовать их в пищевой промышленности как антиоксиданты, так как фосфолипиды способны защищать от внешних воздействий, сохранять влагу или органические вещества, снижать точку замерзания продуктов [6].

Основным фосфолипидом полярной липидной фракции различных лецитинов, в частности соевого, подсолнечного, яичного, кукурузного, рапсового, является фосфатидилхолин [7]. Именно этот фосфолипид проявляет сильный синергетический эффект с природными антиоксидантами растительных масел, какими являются токоферол и кверцетин. Утверждается, что по мере увеличения содержания влаги антиоксидантные свойства фосфатидилхолина значительно возрастают [8–10]. В ряде работ доказаны антиокислительные свойства лецитина в отношении животных жиров, для которых характерно низкое содержание природных антиоксидантов, что повышает возможности лецитина как технологического компонента [6]. По сравнению с маслами и жирами более сложной системой являются эмульсии, специфика которых заключается в наличии границы раздела фаз, большой удельной поверхности диспергированной жировой фазы, способной адсорбировать катализатор окисления – кислород. Белково-жировые эмульсии широко применяются в технологии мясных продуктов в качестве одного из наиболее распространенных жировых компонентов.

В связи с этим целью представленной работы является изучение антиокислительной стабильности белково-жировой эмульсии на основе животного жира, обогащенной лецитином.

Белково-жировую эмульсию (БЖЭ) готовили на основе изолята соевого белка Майсол в соответствии с рекомендациями фирмы изготовителя, жира-сырца свиного и воды в соотношении 1 : 5 : 5 соответственно. Жир-сырец свиной предварительно измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 3–5 мм. Сухой лецитин добавляли на стадии гидратации белкового препарата. Фракционный состав лецитина: фосфотидилхолин (26 %), фосфатидилэтаноламин (20 %), инозит фосфатид (14 %), фитогликолипиды (13 %) и другие фосфатиды и липиды (17,2 %).

В ходе эксперимента исследовали три опытных образца белково-жировой эмульсии с добавлением 1, 5 и 10 % лецитина к массе сырья и контрольный образец – без лецитина. Диапазон исследуемых концентраций устанавливали на основании анализа литературных данных и инструкций по применению лецитина в производстве пищевых продуктов.

Приготовление эмульсии выполняли на микрокуттере с последовательным добавлением воды, белкового препарата и в конце обработки – измельченного жира-сырца, общая продолжительность куттерования 3–5 мин.

Все образцы белково-жировой эмульсии замораживали и хранили при температуре минус 12 °С в течение 2 месяцев. Отбор проб проводили каждые 15 дней с целью определения показателей, характеризующих состояние жировой фазы эмульсии.

Определение свободных жирных кислот (кислотное число КЧ) выполняли титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 50457.

Первичные продукты окисления (перекиси и гидроперекиси) определяли методом, основанным на реакции взаимодействия их с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа с последующим количественным определением выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом (ГОСТ Р 51487), результат определения выражали значением перекисного числа (ПЧ).

Накопление вторичных продуктов окисления устанавливали фотометрическим методом, основанным на реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым альдегидом, образующимся при окислении жирных кислот, и последующем измерении интенсивности окраски на спектрофотометре (ГОСТ Р 55810). Результат определения представляли как тиобарбитуровое число (ТБЧ).

Косвенным показателем окислительной порчи жировой фазы эмульсии является кислотное число, которое характеризует накопление в исследуемых образцах свободных жирных кислот и других продуктов гидролиза триглицеридов, участвующих в цепной реакции свободно-радикального окисления. Результаты определения данного физико-химического показателя в исследуемых образцах БЖЭ в процессе низкотемпературного хранения представлены на рис. 1.

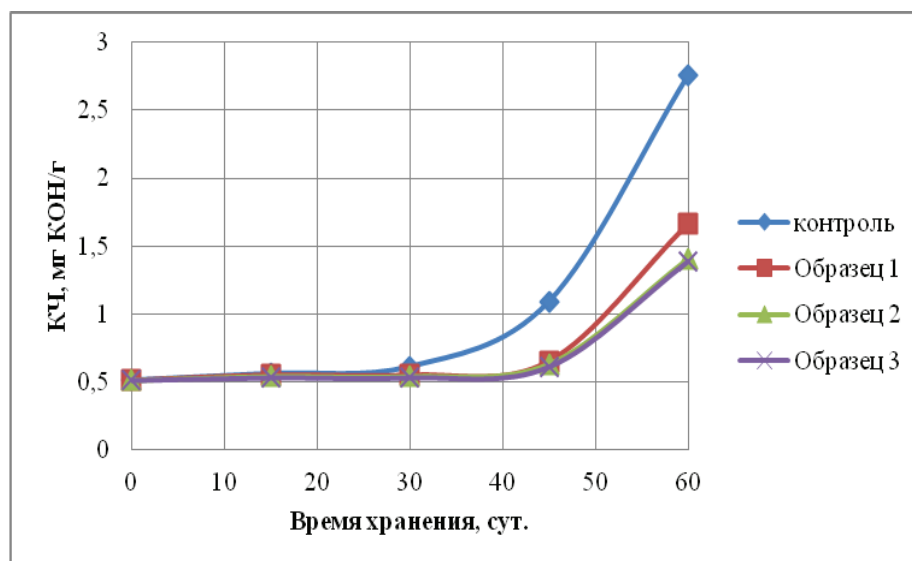


Рис. 1. Изменение кислотного числа

Согласно полученным данным, в опытных и контрольном образцах зависимости изменения кислотных чисел БЖЭ от продолжительности хранения аналогичны. Различия выявлены в интенсивности накопления свободных жирных кислот. Сразу после изготовления БЖЭ их количество составило 0,51 мг КОН/г.

Первый отбор проб через 15 суток показал незначительное изменение КЧ. Так, у контрольного образца этот показатель увеличился на 10 %, у опытных – на 4–8 %. Через 30 суток низкотемпературного хранения КЧ для опытных и контрольного образцов также различались незначительно и составили соответственно 0,61 и 0,53–0,55 мг КОН/г.

Прогрессирующее увеличение КЧ жировой фазы контрольной эмульсии выявлено на 45-е сутки хранения. К этому времени изменение показателя относительно исходного значения составило 114 %, а к 60-м суткам хранения – 441 %. Увеличение КЧ на поздних стадиях хранения можно объяснить тем, что к этому моменту начинают развиваться процессы окисления с образованием вторичных продуктов, в частности кетонов, и их последующим окислением с образованием кислот.

Для всех опытных образцов значения КЧ через 45 суток изменились незначительно и составили 0,57–0,61 мг КОН/г, при этом не выявлено существенной разницы в значениях КЧ в зависимости от уровня введения лецитина. В последующие 15 суток хранения значение контролируемого показателя увеличилось на 174,5 и 172,5 % для БЖЭ с 5 и 10 % соевого лецитина и на 225,5 % для БЖЭ с 1 % лецитина.

На всем протяжении хранения после 20 суток величина показателя КЧ в контрольном образце превышает опытные в 1,7–2 раза.

Следует отметить, что величины кислотных чисел как для опытных, так и контрольного образцов эмульсий остаются в значениях, соответствующих свежему продукту.

В совокупности полученные данные свидетельствуют о замедлении процесса гидролиза жира в присутствии лецитина, увеличение концентрации которого свыше 1 % не оказало выраженного позитивного эффекта.

Параллельно проводили исследование антиокислительной активности лецитина в составе БЖЭ в зависимости от уровня его введения путем количественного определения первичных (ПЧ) и вторичных (ТБЧ) продуктов окисления.

Результаты определения ПЧ в исследуемых образцах в процессе хранения приведены на рис. 2.

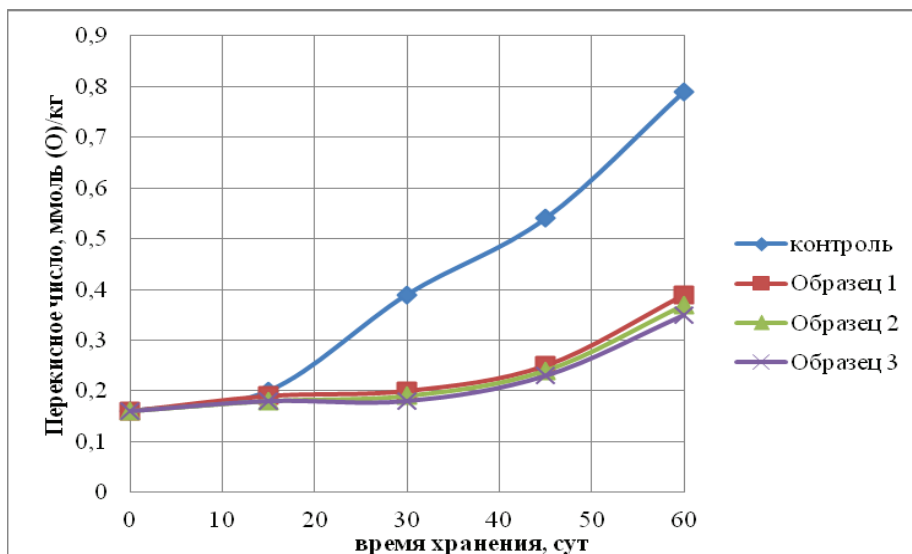


Рис. 2. Изменение перекисного числа

Установлено, что значения перекисных чисел опытных и контрольного образца БЖЭ в первые 15 суток хранения сопоставимы между собой. Сразу после изготовления БЖЭ показатель ПЧ был на уровне 0,16 %. В каждые последующие 15 суток изменение значений ПЧ в БЖЭ без лецитина относительно исходного составляет 25, 144, 238 и 394 % соответственно. Значение индукционного периода – 14 суток.

В образцах БЖЭ с добавлением лецитина образование первичных продуктов окисления происходит значительно медленнее. К 60-м суткам хранения показатель перекисного числа в контрольном образце оказался выше, чем в опытных с лецитином, в 2–2,2 раза, причем увеличение концентрации лецитина до 5 и 10 % не привело к повышению эффективности его антиокислительного действия. Значения индукционного периода для БЖЭ с 1; 5 и 10 % лецитина составили 39; 40 и 40 суток соответственно.

Коэффициент ингибирования для лецитина при использовании его в составе БЖЭ с животным жиром составил 2,8.

С результатами определения первичных продуктов окисления согласуются данные определения вторичных продуктов окисления (рис. 3).

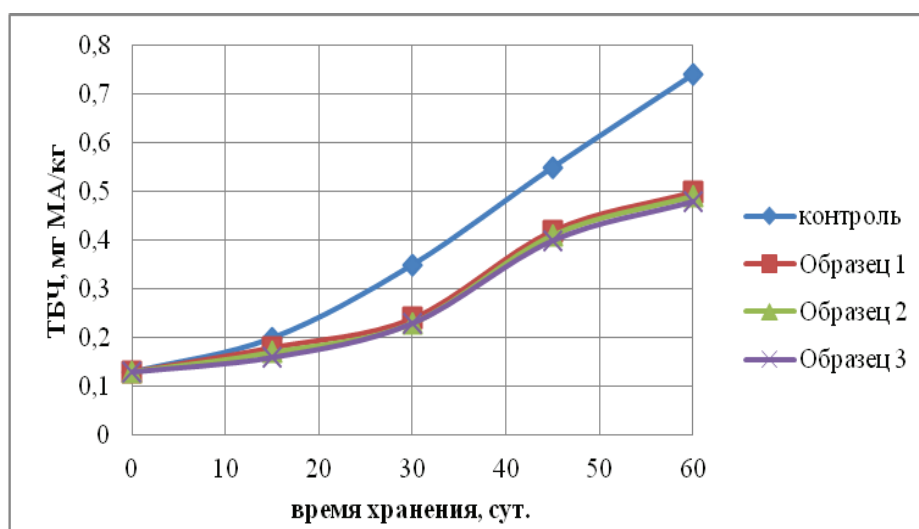


Рис. 3. Изменение тиобарбитурового числа

На всем протяжении хранения значения ТБЧ для опытных образцов БЖЭ остаются ниже, чем в контрольном. В количественном отношении уменьшение значения ТБЧ через 30 суток хранения составило 31–34 %, через 45 суток – 23–27, через 60 суток – 32–35 %.

Полученные данные показывают, что лецитин обладает антиоксидантной активностью в составе БЖЭ на основе свиного жира, при этом эффективность его действия проявляется при концентрации 1 % к массе эмульсии и не увеличивается по мере возрастания концентрации. Полученные данные следует объяснять действием лецитина в качестве кислородного барьера между поверхностями раздела жира и воздуха. В некоторой мере антиокислительное действие может быть объяснено присутствием в фосфолипидах лецитинов аминокислотных групп, которые вступают во взаимодействие с карбонильными группами, образующимися при окислении липидов, и образованием продуктов реакции Майяра [11].

В ходе исследований было установлено, что добавление лецитина в количестве более 1 % приводит к изменению окраски эмульсии с белого цвета до слабо-желтого. Введение в эмульсию 10 % лецитина придает ей крошливость после размораживания.

Таким образом, полученные значения перекисного, кислотного и тиобирбитурового чисел показали, что добавление 1 % лецитина к общему количеству сырья позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления жира. Это имеет практическое значение при производстве продуктов пролонгированного срока хранения. Экспериментальные данные интересны также в свете реализации концепции мясных продуктов для здорового питания с целью разработки продуктов с улучшенным жирнокислотным профилем, что будет реализовано на следующем этапе работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицын А.Б., Туниева Е.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование // Все о мясе. – 2015. – № 1. – С. 10–15.
2. Насонова В.В. Сравнительные исследования эффективности антиокислителей / В.В. Насонова, Е.К. Туниева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – № 3 (30). – С. 563–569.
3. Современные представления о биологических свойствах лецитина (лекция для врачей) / Г.В. Дзяк, А.Л. Дроздов, С.М. Шульга, А.И. Глух, И.С. Глух // Медичні перспективи. – 2010. – № 2. – С. 123–135.
4. Лецитины в технологиях продуктов питания: монография / И.М. Жаркова, О.Б. Рудаков, К.К. Полянский, Ю.Ф. Росляков. – Воронеж: ВГУИТ. – 2015. – 256 с.
5. Красильников В.Н. Современный ассортимент лецитинов как пищевых добавок // Пищевая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 24–27.
6. Влияние соевого лецитина на характер окислительных процессов в животных жирах / Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина, В.Н. Леонова, Р.В. Муравьева // Все о мясе. – 2009. – № 6. – С. 37–39.
7. *Lecithins* from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors / M.J. Alhajj, N. Montero, C.J. Yarce, C.H. Salamanca // *Cosmetics*. – 2020. – Vol. 7, N. 87. – P. 19. – DOI:10.3390/cosmetics7040087.
8. *Antioxidant* effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols / A. Judde, P. Villeneuve, A. Rossignol-castera, A. le Guillou // *Journal of the American Oil Chemists Society*. – 2003. – Vol. 80 (12). – P. 1209–1215. – DOI:10.1007/s11746-003-0844-4.
9. *Synergistic* effect of lecithins for tocopherols: lecithin-based regeneration of α -tocopherol / M. Doert, K. Jaworska, J.-Th. Moersel, L.W. Kroh // *European Food Research and Technology*. – 2012. – Vol. 235 (5). – P. 915–928.
10. *Synergism* of phosphatidylcholine on the antioxidant properties of α -tocopherol in corn oils under different relative humidity / J.Y. Kim, S. Oh, Y. Bora, M.J. Kim // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2015. – Vol. 50(6). – P. 1421–1428. – DOI:10.1111/ijfs.12793.

11. Cui L., Decker E.A. Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants? // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2016. – Vol. 96 (1). – P. 18-31.

REFERENCES

1. Lisicyn A.B., Tunieva E.K., Gorbunova N.A., *Vse o myase*, 2015, No. 1, pp. 10–15. (In Russ.)
2. Nasonova V.V. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*, 2019, No. 3 (30), pp. 563–569. (In Russ.)
3. Dzyak G.V., Drozdov A.L., Shul'ga S.M., Gluh A.I., Gluh I.S., *Medichni perspektivi*, 2010, No. 2, pp. 123–135.
4. Zharkova I.M., Rudakov O.B., Polyanskij K.K., Roslyakov Yu.F., *Lecitiny v tekhnologiyah produktov pitaniya: monografiya* (Lecithins in food technology), Voronezh: VGUI, 2015, 256 p.
5. Krasil'nikov V.N. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2005, No. 5, pp. 24–27. (In Russ.)
6. Titov E.I., Mitaseva L.F., Apraksina S.K., Leonova V.N., Murav'eva R.V., *Vse o myase*, 2009, No. 6, pp. 37-39. (In Russ.)
7. Alhajj M.J., Montero N., Yarce C.J., Salamanca C.H., Lecithins from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors, *Cosmetics*, 2020, Vol. 7, No. 87, P. 19, DOI:10.3390/cosmetics7040087.
8. Judde A., Villeneuve P., Rossignol-castera A., Guillou A. le, Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 2003, Vol. 80 (12), pp. 1209–1215, DOI:10.1007/s11746-003-0844-4.
9. Doert M., Jaworska K., Moersel J.-Th., Kroh L.W., Synergistic effect of lecithins for tocopherols: lecithin-based regeneration of α -tocopherol, *European Food Research and Technology*, 2012, Vol. 235 (5), pp. 915-928.
10. Kim J.Y., Oh S., Bora Y., Kim M.J., Synergism of phosphatidylcholine on the antioxidant properties of α -tocopherol in corn oils under different relative humidity, *International Journal of Food Science & Technology*, 2015, Vol. 50 (6), pp. 1421-1428, DOI:10.1111/ijfs.12793.
11. Cui L., Decker E.A., *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016. Vol. 96 (1), pp. 18-31.