Для корреспонденции
Николаева Юлия Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВО «МГУПП»
Адрес: 125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11
Телефон: (499) 750-01-11, доб. 72-01, 65-6
E-mail: organikamgupp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2961-8942

Нечаев А.П.[1], Самойлов А.В.[2], Бессонов В.В.[3], Николаева Ю.В.[1], Тарасова В.В.[1], Пилипенко О.В.[1]

Влияние антиоксидантов в нативной и мицеллированной формах на сроки годности эмульсионного жирового продукта

Influence of antioxidants in native and micelled forms on the shelf life of the emulsion fat product

Nechaev A.P.[1], Samoylov A.V.[2], Bessonov V.V.[3], Nikolaeva Yu.V.[1], Tarasova V.V.[1], Pilipenko O.V.[1]

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, г. Москва, Российская Федерация
[2] Акционерное общество «Акванова РУС», 141983, Московская область, г. Дубна, Российская Федерация
[3] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, 109240, г. Москва, Российская Федерация
[1] Moscow State University of Food Production, 125080, Moscow, Russian Federation
[2] JSC “Aquanova RUS”, 141983, Moscow Region, Dubna, Russian Federation
[3] Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 109240, Moscow, Russian Federation

Эмульсионные жировые продукты вследствие наличия водной фазы более подвержены окислительной порче, чем чистые масла и жиры, что требует использования антиокислителей. Исходя из социального запроса на использование в пищевой промышленности природных антиоксидантов распространение получают токоферолы, их смеси, а также аскорбиновая кислота. Однако большинство натуральных антиокислителей (витамины, растительные экстракты) имеет более низкую антиокислительную активность в жирах, чем синтетические, и требует внесения большего количества в продукт, что может негативно сказаться на его органолептических свойствах и стоимости готового эмульсионного жирового продукта. Одним из путей решения этой проблемы является использование новых мицеллированых форм антиокислителей.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Для цитирования: Нечаев А.П., Самойлов А.В., Бессонов В.В., Николаева Ю.В., Тарасова В.В., Пилипенко О.В. Влияние антиоксидантов в нативной и мицеллированной формах на сроки годности эмульсионного жирового продукта // Вопросы питания. 2020. Т. 89, № 5. С. 101–109. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10070
Статья поступила в редакцию 28.04.2020. **Принята в печать** 20.09.2020.

Funding. The study did not have sponsorship.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
For citation: Nechaev A.P., Samoylov A.V., Bessonov V.V., Nikolaeva Yu.V., Tarasova V.V., Pilipenko O.V. Influence of antioxidants in native and micelled forms on the shelf life of the emulsion fat product. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020; 89 (5): 101–9. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10070 (in Russian)
Received 28.04.2020. **Accepted** 20.09.2020.

Мицеллирование различных видов водо- и жирорастворимых антиоксидантов позволяет повысить их удельную активность, что связано, по-видимому, с увеличением относительной поверхности взаимодействия в среде продукта. Разработка эмульсионных жировых продуктов с использованием новых технологических форм природных антиоксидантов с целью увеличения их сроков годности является актуальной и практически значимой.

***Цель** исследования – сравнительная оценка эффективности действия природных антиоксидантов в нативной и мицеллированной формах в рецептуре маргарина.*

***Материал и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны антиоксиданты (токоферолы, экстракт розмарина и аскорбиновая кислота) в нативной и мицеллированной формах для их внесения в маргарин с массовой долей жира 82%. В процессе хранения маргарина в его жировой фазе определяли перекисное и анизидиновое число в динамике.*

***Результаты.** Получены экспериментальные данные о воздействии исследуемых антиоксидантов различной технологической формы на образование первичных и вторичных продуктов окисления в маргарине в процессе хранения. Было определено, что введение мицеллированных форм различных антиоксидантов в маргарин в концентрации 0,015–0,03% наиболее эффективно замедляет образование продуктов окисления по сравнению с использованием их нативных форм в эквивалентном по активным веществам количестве (в среднем в 2 раза в периоде хранения 10 мес при температуре 23±3 °С).*

***Заключение.** Экспериментально установлено, что использование мицеллированных форм токоферолов, аскорбиновой кислоты и экстракта розмарина позволяет более эффективно создавать эмульсионные жировые продукты с увеличенным сроком годности.*

***Ключевые слова:** антиоксиданты, токоферолы, аскорбиновая кислота, экстракт розмарина, мицеллирование, маргарин, окисление, срок годности*

Emulsion fat products due to the presence of the aqueous phase are more prone to oxidative damage than pure oils and fats, which requires the use of antioxidants. Based on a social request for the use of natural antioxidants in the food industry, tocopherols, their mixtures, as well as ascorbic acid are widespread. However, most natural antioxidants (vitamins, plant extracts) have lower antioxidant activity in fats than synthetic ones and require more incorporation into the product, which can negatively affect its organoleptic properties and the cost of the finished emulsion fat product. One way to solve this problem is to use new micellized forms of antioxidants. The micellization of various types of water- and fat-soluble antioxidants can increase their specific activity, which is apparently associated with an increase in the relative interaction surface in the product. The development of emulsion fat products using new technological forms of natural antioxidants in order to increase their shelf life is relevant and practically significant for the food industry.

***The aim** of the study was a comparative assessment of the effectiveness of natural antioxidants in native and micellized forms in the margarine formulation.*

***Material and methods.** Antioxidants (tocopherols, rosemary extract and ascorbic acid) in the native and micellized forms were selected as objects of the study for their introduction into margarine with a mass fraction of fat of 82%. Peroxide Value and p-anizidin Value were determined in dynamics during storage of margarine in its fatty phase.*

***Results.** Experimental data have been obtained on the action of the studied antioxidants in various technological forms on the formation of primary and secondary oxidation products in margarine during storage at the temperature 23±3 °C. It was determined that the introduction of micellized forms of various antioxidants into margarine at a concentration of 0.015–0.03% most effectively slows down the formation of oxidation products compared to using their native forms in an amount equivalent to the active substances.*

***Conclusion.** It has been experimentally established that the use of micellized forms of tocopherols, ascorbic acid and rosemary extract allows more efficient creation of emulsion fat products with an extended shelf life.*

***Keywords:** antioxidants, tocopherols, ascorbic acid, rosemary extract, micellization, margarine, oxidation, shelf life*

Эмульсионные жировые продукты, к которым относятся маргарины, требуют специальных условий хранения вследствие особенностей состава и структуры, которые повышают риск окисления липидов. Нестойкость жиров при хранении проявляется в их прогоркании и осаливании и даже приводит к их непригодности для употребления в пищу. В результате таких изменений происходит потеря эссенциальных нутриентов, измене-

ние вкуса, цвета и консистенции маргарина, что негативно отражается на его пищевой ценности и приводит к снижению сроков годности [1–3].

Среди прочих мер использование антиокислителей позволяет продлить срок хранения эмульсионных жировых продуктов. Их действие основано на ингибировании или прерывании свободнорадикального самоокисления триглицеридов, они действуют как акцепторы свободных радикалов, за счет чего прерывают окисление на начальной стадии [4–6]. Для предотвращения окислительной порчи жировых продуктов используют синтетические и натуральные антиоксиданты [7]. В качестве синтетических антиоксидантов наибольшее практическое применение в мире получили лишь некоторые производные фенола. Это объясняется жесткостью требований законодательных органов разных стран к применению таких синтетических антиоксидантов. В связи с этим актуален поиск новых активных ингредиентов, оказывающих не только технологический эффект в пищевых продуктах, но и обладающих физиологическим действием на состояние здоровья человека, создание новых технологий пищевой продукции с заданными свойствами [8–11]. В последнее время наблюдается тенденция к применению антиокислителей, которые при определенных условиях могут иметь физиологическое, а не только технологическое действие (в зависимости от их количества в продукте). Это обусловлено не столько технологическими особенностями таких антиоксидантов, сколько анализом потребительских предпочтений. В настоящее время в качестве таких природных антиоксидантов применяют токоферолы, аскорбиновую кислоту, растительные экстракты и др. [12–13]. Последнее время в связи с тенденцией к созданию «чистой» этикетки продуктов большую популярность приобретают растительные экстракты. Среди них экстракт розмарина, обладающий высокой антиоксидантной активностью, которая обусловлена наличием фенольных дитерпенов, карнозола и карнозиновой кислоты [14]. Экстракт розмарина как антиоксидант, блокируя свободные радикалы, не теряет свою активность в отличие от других антиоксидантов. В сочетании с аскорбилпальмитатом он проявляет синергические свойства [8, 15].

Содержание нативных и мицеллированных форм антиокислителей в образцах маргарина

The content of native and micellized forms of antioxidants in margarine samples

Образец, № *No. sample*	**Маркировка образца *Labeling of the sample***	**Активное вещество *Active substance***	**Фактическое количество активного вещества в добавке, мг/100 г *Actual amount of active substance in the additive, mg/100 g***	**Дозировка добавки в маргарин, % *Dosage of the additive in margarine, %***	**Расчетное количество активного вещества в маргарине, мг/кг *Calculated amount of active substance in the margarine, mg/kg***
Мицеллированная форма					
1	Контроль	–	–	–	–
2	миц АК + Т 0,015%	Аскорбиновая кислота	10,02	0,01500	15,0
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	6,51		9,8
3	миц АК + Т 0,02%	Аскорбиновая кислота	10,02	0,02000	20,0
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	6,51		13,0
4	миц АК + Т 0,03%	Аскорбиновая кислота	10,02	0,03000	30,1
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	6,51		19,5
5	миц АК + Р + αТ 0,015%	Аскорбиновая кислота	10,04	0,01500	15,1
		α-Токоферол	0,51		0,8
		Карнозол + карнозиновая кислота	1,81		2,7
6	миц АК + Р + αТ 0,02%	Аскорбиновая кислота	10,04	0,02000	20,1
		α-Токоферол	0,51		1,0
		Карнозол + карнозиновая кислота	1,81		3,6
Нативная форма					
7	АК + Т 0,015% экв.	Аскорбиновая кислота	99,85	0,00150	15,0
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	70,10	0,00140	9,8
8	АК + Т 0,02% экв.	Аскорбиновая кислота	99,85	0,00200	20,0
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	70,10	0,00190	13,3
9	АК + Т 0,03% экв.	Аскорбиновая кислота	99,85	0,00300	30,0
		Смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов	70,10	0,00280	19,6
10	АК + Р + αТ 0,015% экв.	Аскорбиновая кислота	99,95	0,00150	15,0
		α-Токоферол	97,91	0,00008	0,8
		Карнозол + карнозиновая кислота*	20,12	0,00135	2,7
11	АК + Р + αТ 0,02% экв.	Аскорбиновая кислота	99,95	0,00200	20,0
		α-Токоферол	97,91	0,00010	1,0
		Карнозол + карнозиновая кислота*	20,12	0,00180	3,6

** – в нативном экстракте розмарина.*

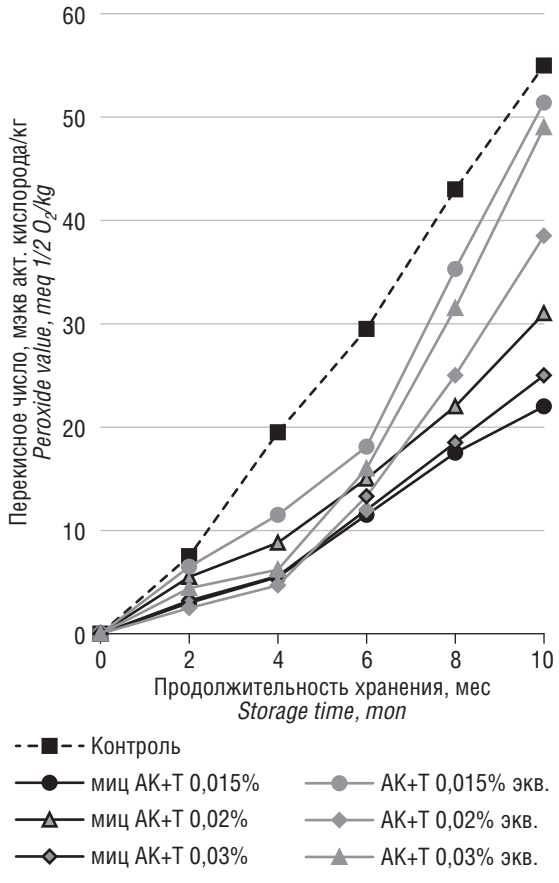

Рис. 1. Изменение значений перекисного числа жировой фазы маргарина с мицеллированной формой токоферолов и аскорбиновой кислоты и нативными эквивалентами в течение 10 мес хранения при комнатной температуре

Fig. 1. *Change in peroxide value of the fat phase of margarine with the micelle form of tocopherols and ascorbic acid and native equivalents for 10 months' storage at room temperature*

Антиоксиданты имеют свойство окисляться при контакте с кислородом воздуха во время дозирования и внесения, а также расходуются в процессе окисления при производстве и хранении продукта [16]. При этом зачастую необходимо увеличивать дозировку антиокислителя вплоть до максимально допустимой.

Поскольку в последнее время большой интерес исследователей вызывает изучение возможности снижения дозировок активных веществ пищевых добавок и биологически активных соединений при их применении в продуктах, одним из современных способов получения специальных форм антиокислителей является технология мицеллирования. Мицеллирование – это способ инкапсулирования веществ (как жидких, так и сухих) в мицеллу размером 30–100 нм. Структура такой мицеллы повторяет структуру физиологической мицеллы, которая образуется в организме человека во время процесса пищеварения и отвечает за усвояемость пищевых веществ. Преимущество технологии заключается в том, что в амфифильном коллоидном растворе мицеллы позволяют сохранить активные вещества внутри себя при различных воздействиях окружающей среды, не меняя его физических и химических свойств [14]. При такой технологии в одной мицелле можно сочетать, например, жирорастворимые токоферолы, являющиеся истинными антиоксидантами, с водорастворимой аскорбиновой кислотой, являющейся синергистом к токоферолам. Таким образом, получают жиро-водорастворимые комплексные антиокислители, которые можно вводить в эмульсионные жировые продукты как через водную, так и через жировую фазы [17, 18].

В связи с этим разработка эмульсионных жировых продуктов с использованием новых форм природных антиоксидантов с целью увеличения их сроков годности является актуальной и практически значимой для пищевой промышленности.

Цель исследования – сравнительная оценка эффективности действия природных антиоксидантов в нативной и мицеллированной формах в рецептуре маргарина.

Материал и методы

В качестве объектов исследования были выбраны антиоксиданты в нативной и мицеллированной формах для их внесения в маргарин с массовой долей жира 82%:

- аскорбиновая кислота в нативной форме (Henan Lvyuan Pharmaceutical);
- смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов в нативной форме (Frutarom);
- α-токоферол в нативной форме (BASF);
- экстракт розмарина, содержащий в качестве активных веществ карнозол и карнозиновую кислоту в нативной форме (Synthite);
- смесь α-, β-, γ-, δ-токоферолов и аскорбиновой кислоты в мицеллированной форме «NovaSOL®CT» (АО «Акванова РУС», РФ);
- смесь α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты в мицеллированной форме «NovaSOL®КОФ Р» (АО «Акванова РУС», РФ).

Мицеллированные формы антиокислителей, их состав и соотношение компонентов были разработаны компанией АО «Акванова РУС», технология мицеллирования запатентована [19]. По данной технологии выпускаются различные биологически активные и пищевые добавки. Наиболее востребованными на рынке антиокислителями являются токоферолы. Экстракт розмарина представляет интерес как обладающий высокой антиокислительной активностью за счет содержания карнозола и карнозиновой кислоты, позволяя сформировать при этом «чистую» этикетку готового продукта. В данном исследовании рассматриваются обладающие максимальной антиокислительной активностью соотношения токоферолов или экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты как синергиста к ним. На этапе разработки антиокислительная активность мицеллированных антиоксидантов оценивалась различными методами: определение их

тролоксового эквивалента DPPH-методом, определение скорости роста перекисного (ПЧ) и анизидинового числа (АЧ) и индукционного периода в модельных жирах (например, пальмовое масло) с внесенными антиокислителями.

Выбранные для настоящего исследования мицеллированные антиокислители являются серийно выпускаемыми пищевыми добавками. Количественный анализ содержания активных веществ в мицеллированных и нативных антиокислителях осуществлялся в лаборатории АО «Акванова РУС» с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе серии «Prominence» со спектрофотометрическим детектором SPD-20A (Shumadzu, Япония). Количество аскорбиновой кислоты определяли по ГОСТ Р ЕН 14130-2010 «Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии», токоферолов – по ГОСТ EN 12822-2014 «Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (α-, β-, γ- и δ-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Для анализа содержания карнозола и карнозиновой кислоты методом ВЭЖХ использовали колонку C18 AQ Gist (100×3). Для растворения аналита использовали 0,1% раствор ортофосфорной кислоты в метаноле. Элюент – 35% 1% водного раствора ортофосфорной кислоты и 65% 100% ацетонитрила, скорость потока 0,5 см^3/мин, объем инжекции 10 мм^3, температура термостата колонки – 30 °С. В качестве образца контроля использовали аналитические стандарты компании «Sigma-Aldrich» (CAS Nr. 5957-80-2 и 3650-09-7).

Образцы маргаринов 82% жирности получали на лабораторной установке «Sthephan UMC 5» (Sthephan, Германия) путем смешивания расплавов сбалансированных по жирнокислотному составу (ω-6/ω-3 = 10/1) растительных масел (пальмовое/кокосовое/подсолнечное/рапсовое в соотношении 50/5/10/35) с внесенным эмульгатором моно- и диглицеридами жирных кислот (0,2%) и жирорастворимым ароматизатором сливочного масла (0,03%), медленного введения водной фазы с предварительно растворенными солью (0,2%), консервантом сорбатом калия (0,1%), регулятором кислотности лимонной кислотой (0,025%), красителем β-каротином (0,00015%) при температуре 60 °С в течение 5 мин и дальнейшего тонкого эмульгирования в течение 1 мин с последующим охлаждением эмульсии при перемешивании до 10–15 °С и структурообразованием полученного маргарина в течение 24 ч при 5 °С.

В жировую и/или водную фазу маргарина вносили антиоксиданты (нативную смесь токоферолов, нативный α-токоферол, нативный экстракт розмарина, мицеллированную форму токоферолов и аскорбиновой кислоты, мицеллированную форму α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты – в жировую фазу, нативную аскорбиновую кислоту – в водную фазу). Контрольным образцом служил маргарин без внесения антиоксидантов. Объекты исследования закладывали на хранение при температуре 23±3 °С в герметичной таре в течение 10 мес. Показатели окислительной порчи в жировой фазе исследуемого объекта определяли с периодичностью 1 раз в 2 мес.

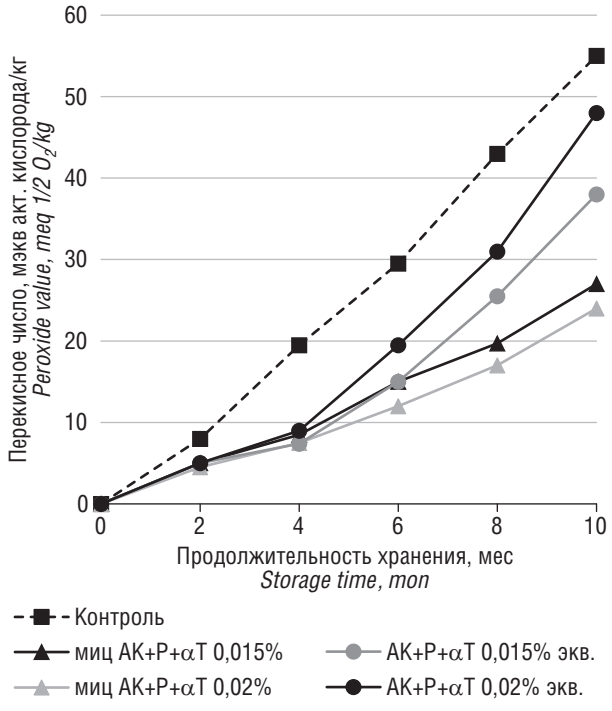

Рис. 2. Изменение перекисного числа жировой фазы маргарина с мицеллированной формой α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты и нативными эквивалентами в течение 10 мес хранения при комнатной температуре

Fig. 2. *Change in peroxide value of the fat phase of margarine with the micelle form of α-tocopherol, extract of rosemary and ascorbic acid and native equivalents for 10 months' storage at room temperature*

Жировую фазу маргарина для определения показателей окислительной порчи выделяли по ГОСТ 32188-2013 «Маргарины. Общие технические условия». ПЧ, мэкв активного кислорода на 1 кг, жировой фазы маргарина определяли титриметрическим методом по ГОСТ 26593-85 «Масла растительные. Метод измерения перекисного числа». Определение АЧ, ед. жировой фазы проводили по ГОСТ 31756-2012 «Жиры и масла животные и растительные. Определение анизидинового числа». Измерения проводили не менее чем в 2-кратной повторности. В ходе статистической обработки методом экспериментальных данных определяли среднеарифметические значения определяемой величины.

Результаты

Исходя из рекомендаций по использованию готовых пищевых добавок были выбраны дозировки антиокислителей: мицеллированная форма токоферолов и аскорбиновой кислоты – 0,015; 0,02 и 0,03% и мицеллированная

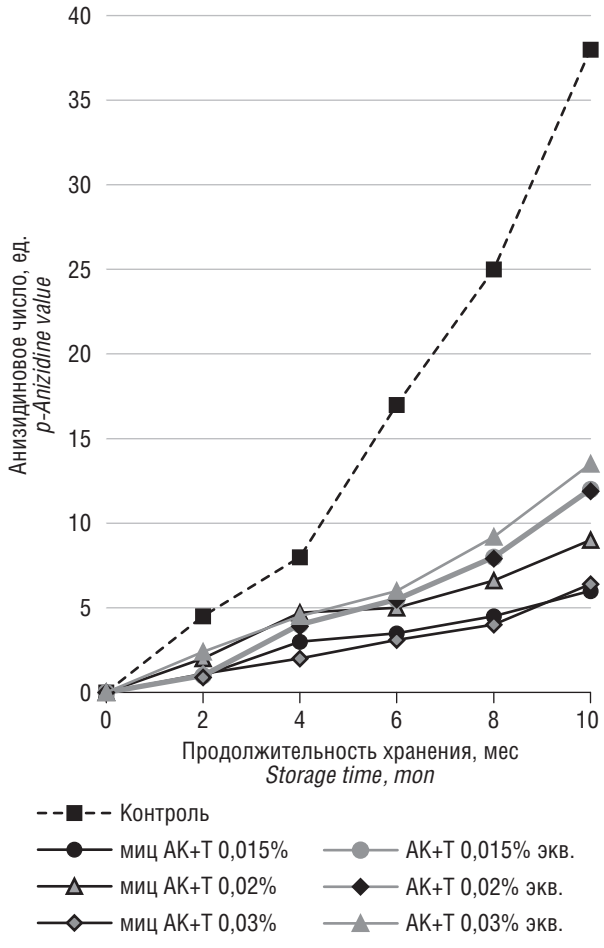

Рис. 3. Изменение значений анизидинового числа жировой фазы маргарина с мицеллированной формой токоферолов и аскорбиновой кислоты и нативными эквивалентами в течение 10 мес хранения при комнатной температуре

Fig. 3. *Change in p-anizidine value of the fat phase of margarine with the micelle form of tocopherols and ascorbic acid and native equivalents for 10 months' storage at room temperature*

форма α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты – 0,015 и 0,02% к массе маргарина. Нативную и мицеллированную форму антиоксидантов вносили в экспериментальные образцы в количествах, обеспечивающих одинаковые концентрации активных веществ. Содержание активных веществ в нативной и мицеллированной формах подтверждали аналитически. Контролем служил маргарин без антиоксидантов. Дозировки нативных и мицеллированных форм антиокислителей представлены в таблице.

Накопление в динамике первичных продуктов окисления жиров в процессе хранения образцов маргарина, оцененное по изменению ПЧ в его жировой фазе, представлено на рис. 1, 2.

В процессе хранения маргаринов также происходит накопление вторичных продуктов окисления, которое коррелирует с образованием прогорклого привкуса продукта, поэтому для определения их содержания в ходе эксперимента проводилось измерение АЧ выделенного из маргарина жира, результаты представлены на рис. 3, 4.

Обсуждение

Как видно на рис. 1–4, антиокислители в нативной и мицеллированной формах снижали скорость роста первичных и вторичных продуктов окисления в маргарине, что свидетельствует об их положительном антиоксидантном действии. Так, через 10 мес хранения в контрольном образце маргарина значения ПЧ и АЧ были максимальными среди всех образцов и составили 54,68 мэкв акт. кислорода/кг и 37,44 ед. соответственно. При сравнении нативных и мицеллированных форм антиокислителей в эквивалентных дозировках можно отметить, что все образцы маргарина с внесенными мицеллированными формами антиокислителей имели в динамике более низкие значения ПЧ и АЧ, чем образцы с их нативными формами. Так, через 10 мес хранения значение ПЧ в образцах с мицеллированной формой токоферолов и аскорбиновой кислоты в зависимости от дозировки было в 1,7–2,7 раза ниже, чем у контрольного, тогда как в образцах с эквивалентным содержанием нативных форм – всего в 1,1–1,5 раза ниже. Снижение роста АЧ в образцах с мицеллированной формой токоферолов и аскорбиновой кислоты имело аналогичную тенденцию: в случае образцов с мицеллированными формами антиокислителей оно было в 4,1–6,4 раза ниже, чем в контрольном, тогда как с нативными формами – всего в 2,6–2,9 раза в зависимости от дозировки. При сравнительном анализе образцов с мицеллированной формой α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты в различных дозировках ПЧ через 10 мес хранения было в 2–2,2 раза ниже, чем в контрольном, а в образцах с его нативными эквивалентами – в 1,2–1,5 раза ниже. АЧ в образцах с мицеллированной формой α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты было в 9,0–11,2 раза ниже, а в образцах с его нативными эквивалентами – в 2,9–6,1 раза ниже, чем у контрольного.

Анализ влияния концентрации нативных и мицеллированных форм антиокислителей на снижение скорости роста первичных и вторичных продуктов окисления жировой фазы маргарина показывает, что не всегда имеется прямая зависимость снижения скорости их роста от увеличения концентрации соответствующих добавок. Это может быть связано с влиянием носителей – поверхностно-активных веществ, использованных в составе мицеллы, а также с достаточно низкими дозировками добавок в целом в пересчете на активные вещества (см. таблицу). В целом же во всех экспериментах скорость накопления продуктов окисления была ниже для образцов маргаринов с мицеллированными формами антиокислителей по сравнению с нативными вне зависимости от их концентрации в продукте.

Таким образом, внесенные антиоксиданты в мицеллированной форме в сравнении с контрольным образцом и нативными формами антиокислителей в эквивалентном количестве способствовали замедлению накопления первичных и вторичных продуктов окисления, что характеризовалось меньшими значениями ПЧ и АЧ на протяжении всего периода хранения. Это может быть обусловлено более тонким распределением мицелл в водной и жировой фазах маргарина, а также их адсорбцией на поверхности раздела фаз эмульсии. Также медленное высвобождение активных веществ из мицелл в процессе хранения маргарина могло способствовать их более плавному расходованию на прерывание свободнорадикальной реакции окисления по сравнению с нативными формами антиоксидантов.

Заключение

Исследована устойчивость маргаринов к окислению с мицеллированными и нативными антиоксидантами в процессе его хранения. По изменению ПЧ и АЧ в динамике показано, что мицеллированная форма аскорбиновой кислоты и токоферолов и мицеллированная форма аскорбиновой кислоты, токоферола и экстракта розмарина существенно замедляют окислительную порчу продукта в сравнении с нативными формами аналогичных антиоксидантов в эквивалентных по активным веществам дозировках. Внесение в маргарины антиоксидантов в мицеллированной форме будет эффективно способствовать пролонгации срока их годности.

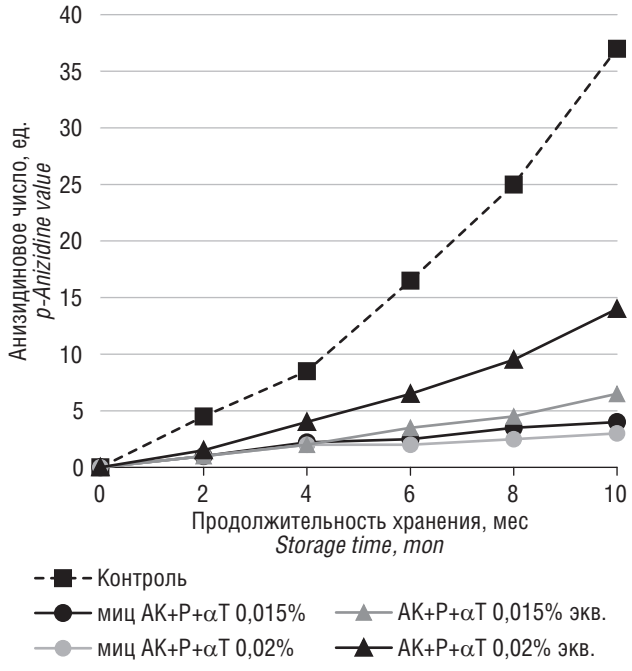

Рис. 4. Изменение значений анизидинового числа жировой фазы маргарина с мицеллированной формой α-токоферола, экстракта розмарина и аскорбиновой кислоты и нативными эквивалентами в течение 10 мес хранения при комнатной температуре

Fig. 4. *Change in p-anizidine value of the fat phase of margarine with the micelle form of α-tocopherol, extract of rosemary and ascorbic acid and native equivalents for 10 months' storage at room temperature*

Сведения об авторах

Нечаев Алексей Петрович (Aleksey P. Nechaev) – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МГУПП» (Москва, Российская Федерация)
E-mail: organikamgupp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2442-1614
Самойлов Анатолий Владимирович (Anatoly V. Samoylov) – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «Акванова РУС» (Московская область, Дубна, Российская Федерация)
E-mail: a.samoylov@kima-ltd.ru
https://orcid.org/0000-0002-6007-6811
Бессонов Владимир Владимирович (Vladimir V. Bessonov) – доктор биологических наук, заведующий лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва, Российская Федерация)
E-mail: bessonov@ion.ru
https://orcid.org/0000-0002-3587-5347
Николаева Юлия Владимировна (Yulia V. Nikolaeva) – кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВО «МГУПП» (Москва, Российская Федерация)
E-mail: organikamgupp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2961-8942
Тарасова Вероника Владимировна (Veronika V. Tarasova) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВО «МГУПП» (Москва, Российская Федерация)
E-mail: sod@bk.ru
https://orcid.org/ 0000-0002-9666-0681
Пилипенко Олеся Владимировна (Olesja V. Pilipenko) – студент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза ФГБОУ ВО «МГУПП» (Москва, Российская Федерация)
E-mail: lesya.2902@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-5935-4757

Литература

1. Lounis S.B.A., Mekimene L., Mazi D. et al. Nutritional quality and safety of algerian margarines: Fatty acid composition, oxidative stability and physicochemical properties // Mediterr. J. Nutr. Metab. 2018. Vol. 11, N 3. P. 331–342. DOI: https://doi.org/10.3233/MNM-18208
2. Koohikamali S., Alam M.S. Improvement in nutritional quality and thermal stability of palm olein blended with macadamia oil for deep-fat frying application // J. Food Sci. Technol. 2019. Vol. 56, N 11. P. 5063–5073. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-019-03979-0
3. Sahraee S., Milani J.M., Regenstein J.M., Kafil H.S. Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: a review // Food Biosci. 2019. Vol. 32. Article ID 100451. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451
4. Демидов И.Н. Образование карбонилсодержащих соединений на начальных стадиях окисления подсолнечного масла // Масложировая промышленность. 2003. № 3 (2). С. 49–50.
5. Нечаев А.П. и др. Пищевая химия. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2015. 668 с.
6. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, свойства, применение. 3-е изд., перераб. и доп. / пер. с англ. Д.В. Широкова и др. Санкт-Петербург : Профессия, 2007. 752 с.
7. Никифорова Т.А., Губасова Т.Н. Индустрия пищевых добавок: состояние и перспективы развития. Инновационная политика // Пищевая промышленность. 2014. № 3. С. 8–13.
8. Rahila M.P., Nath B.S., Naik N.L., Pushpadass H.A., Manjunatha M., Franklin M.E.E. Rosemary (Rosmarinus officinalis Linn.) extract: a source of natural antioxidants for imparting autoxidative and thermal stability to ghee // J. Food Process. Preserv. 2019. Vol. 42, N 2. Article ID e13443. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.13443
9. Taghinia P., Khodaparast M.H.H., Ahmadi M. Free and bound phenolic and flavonoid compounds of Ferula persica obtained by different extraction methods and their antioxidant effects on stabilization of soybean oil // J. Food Meas. Charact. 2019. Vol. 13, N 14. P. 2980–2987. DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-019-00218-0
10. Wu G.C., Chang C., Hong C.C., Zhang H., Huang J.H., Jin Q.Z., Wang X.G. Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: a comprehensive review // Trends Food Sci. Technol. 2019. Vol. 92. P. 33–45. DOI: https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.07.043
11. Gouvinhas I., Santos R.A., Queiroz M., Leal C., Saavedra M.J., Dominguez-Perles R., Rodrigues M., Barros A.I.R.N.A. Monitoring the antioxidant and antimicrobial power of grape (Vitis vinifera L.) stems phenolics over long-term storage // Ind. Crops Prod. 2018. Vol. 126. P. 83–91. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.006
12. Garcia-Perez A., Munoz-Hernandez J.E., Guzman-Corona C., Ceron-Garcia A., Ozuna C., Sosa-Morales M.E. Performance of individual antioxidants and their blend during repeated frying of tortilla chips // J. Food Process. Preserv. 2019. Vol. 43, N 12. Article ID e14263. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.14263
13. Lu T., Shen Y., Wang J.H., Xie H.K., Wang Y.F., Zhao Q. et al. Improving oxidative stability of flaxseed oil with a mixture of antioxidants // J. Food Process. Preserv. 2019. Vol. 44, N 3. Article ID e14355. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.14355
14. Наумова Н.Л. Антиоксидантные свойства пищевой добавки Novasol rosemery // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (125). С. 152–156.
15. Masudta T., Inaba Y., Takeda Y. Antioxidant mechanisms of carnosic acid: structural identification of two oxidation products // J. Argic. Food. 2001. Vol. 49, N 11. P. 5560–5565. DOI: https://doi.org/10.1021/jf010693i
16. Топникова Е.В., Иванов Н.В., Кустова Т.П. Методы определения продуктов окислительной порчи в сливочном масле и спредах // Сыроделие и маслоделие. 2012. № 2. С. 49–51.
17. Самойлов А.В. Влияние антиокислителей в мицеллированной форме на продление сроков годности мучных кондитерских изделий // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2019. № 7–8. С. 40–44.
18. Самойлов А.В. Исследование влияния антиокислителей в мицеллированной форме на устойчивость к окислению майонеза // Масла и жиры. 2016. № 11–12. С. 17–19.
19. Патент RU 2303036. Солюбилизат из аскорбиновой кислоты и эмульгатора, смесь солюбилизатов, способ изготовления солюбилизата и его применение (варианты) / Бенам Д.

References

1. Lounis S.B.A., Mekimene L., Mazi D., et al. Nutritional quality and safety of algerian margarines: Fatty acid composition, oxidative stability and physicochemical properties. Mediterr J Nutr Metab. 2018; 11 (3): 331–42. DOI: https://doi.org/10.3233/MNM-18208
2. Koohikamali S., Alam M.S. Improvement in nutritional quality and thermal stability of palm olein blended with macadamia oil for deep-fat frying application. J Food Sci. Technol. 2019; 56 (11): 5063–73. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-019-03979-0
3. Sahraee S., Milani J.M., Regenstein J.M., Kafil H.S. Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: a review. Food Biosci. 2019; 32: 100451. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451
4. Demidov I.N. Formation of carbonyl-containing compounds at the initial stages of sunflower oil oxidation. Maslozhirovaya promyshlennost' [Fat and Oil Industry]. 2003; 3 (2): 49–50. (in Russian)
5. Nechaev A.P. Food Chemistry. Saint Petersburg: GIORD, 2015: 668 p. (in Russian)
6. O'Brayen R. Fats and Oils. Production, Properties, Application. 3rd ed. rev. and add. Translation from English by D.V. Shirokov, et al. Saint Petersburg: Professiya, 2007: 752 p. (in Russian)
7. Nikiforova T.A., Gubasova T.N. Food additives industry: state and prospects of development. Innovation policy. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]. 2014; (3): 8–13. (in Russian)
8. Rahila M.P., Nath B.S., Naik N.L., Pushpadass H.A., Manjunatha M., Franklin M.E.E. Rosemary (Rosmarinus officinalis Linn.) extract: a source of natural antioxidants for imparting autoxidative and thermal stability to ghee. J Food Process Preserv. 2019; 42 (2): e13443. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.13443
9. Taghinia P., Khodaparast M.H.H., Ahmadi M. Free and bound phenolic and flavonoid compounds of Ferula persica obtained by different extraction methods and their antioxidant effects on stabilization of soybean oil. J Food Meas Charact. 2019; 13 (14): 2980–7. DOI: https://doi.org/10.1007/s11694-019-00218-0
10. Wu G.C., Chang C., Hong C.C., Zhang H., Huang J.H., Jin Q.Z., Wang X.G. Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: a comprehensive review. Trends Food Sci Technol. 2019; 92: 33–45. DOI: https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.07.043
11. Gouvinhas I., Santos R.A., Queiroz M., Leal C., Saavedra M.J., Dominguez-Perles R., Rodrigues M., Barros A.I.R.N.A. Monitoring the antioxidant and antimicrobial power of grape (Vitis vinifera L.) stems phenolics over long-term storage. Ind Crops Prod. 2018; 126: 83–91. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.006
12. Garcia-Perez A., Munoz-Hernandez J.E., Guzman-Corona C., Ceron-Garcia A., Ozuna C., Sosa-Morales M.E. Performance of individual antioxidants and their blend during repeated frying of tortilla chips. J Food Process Preserv. 2019; 43 (12): e14263. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.14263
13. Lu T., Shen Y., Wang J.H., Xie H.K., Wang Y.F., Zhao Q., et al. Improving oxidative stability of flaxseed oil with a mixture of anti-

oxidants. J Food Process Preserv. 2019; 44 (3): e14355. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.14355
14. Naumova N.L. Antioxidant properties of Novasol rosemery food Supplement. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2015; 3 (125): 152–6. (in Russian)
15. Masudta T., Inaba Y., Takeda Y. Antioxidant mechanisms of carnosic acid: structural identification of two oxidation products. J Argic Food. 2001; 49 (11): 5560–5. DOI: https://doi.org/10.1021/jf010693i
16. Topnikova E.V., Ivanov N.V., Kustova T.P. Methods of determination of products of oxidative damage in the butter and spreads. Syrodelie i maslodelie [Cheese and Butter Making]. 2012; (2): 49–51. (in Russian)
17. Samoylov A.V. The effect of antioxidants in micellar form to the extension of the shelf life of flour confectionery products. Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo [Confectionery and Bakery Production]. 2019; (7–8): 40–4. (in Russian)
18. Samoylov A.V. Research of influence of antioxidants in micellar form in the oxidation stability of mayonnaise. Masla i zhiry [Oils and Fats]. 2016; (11–12): 17–9. (in Russian)
19. Patent RU 2303036. Solubilizate from ascorbic acid and an emulsifier, a mixture of solubilizates, a method for making solubilizate and its application (options). Behnam D. (in Russian)