

ОБОГАЩЕНИЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ФОРМАМИ СЕЛЕНА*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Андрей Георгиевич Храмцов, д-р техн. наук, профессор, профессор-консультант кафедры

Александр Владимирович Серов, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры

Андрей Владимирович Блинов, канд. техн. наук, доцент кафедры

Анастасия Александровна Блинова, канд. техн. наук, доцент кафедры

Алексей Алексеевич Гвозденко, ассистент кафедры

Тамара Николаевна Бахолдина, аспирант

Алексей Дмитриевич Лодыгин, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры

E-mail: ablinov@ncfu.ru

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Изучено влияние новой биологически активной формы селена на дисперсную систему коровьего молока. Разработаны методы получения наночастиц селена, стабилизированного пищевой добавкой E433 и исследованы физико-химические показатели молока, обогащённого добавкой. Биологически активная наноразмерная форма селена исследовалась методом просвечивающей электронной микроскопии, оценка влияния добавки на дисперсную систему молока проводилась путём исследования изменения рН и среднего гидродинамического радиуса молочной системы на протяжении 5 дней. Установлено, что разработанные частицы селена обладают размером порядка 52 нм. Анализ физико-химических показателей не выявил значительного влияния биологически активной формы селена на молочные компоненты. Обогащение молока биологически активной наноразмерной формы селена позволяет усилить его антиоксидантную активность до 26 % относительно тролокса. Можно сделать вывод, что разработанная биологически активная наноразмерная форма селена интегрируется в коллоидную систему молока и функционализирует его.

Ключевые слова: молоко, селен, биологически активные добавки, обогащение, антиоксидантная активность

ВВЕДЕНИЕ

Среди жизненно необходимых эссенциальных микроэлементов выделяется селен (Se), который входит в состав более чем 30 биологически активных соединений организма. Селен является составной частью активного центра ферментов системы антиоксидантно-антирадикальной защиты организма, и в данный момент дефицит селена затрагивает порядка 80 % населения России [1–3]. Существует подход для решения проблемы дефицита микроэлементов – обогащение востребованных на рынке продуктов питания. Молоко и молочные продукты занимают 20–30 % всей продуктовой корзины населения России [4, 5]. Поэтому обогащение молочных продуктов биологически активными формами селена является целесообразным и эффективным способом в борьбе с дефицитом микроэлементов [6]. Целью данной работы стала разработка принципа обогащения молока биологически активными формами микроэлемента селена.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения биологически активной наноразмерной формы селена использовался метод химического восстановления. Для стабилизации

наночастиц селена использовалась пищевая добавка E433 – Полисорбат 80. Исследование полученной формы селена проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

В ходе разработки принципа обогащения молока биологически активной наноразмерной формой селена использовалось молоко жирностью 2,5 % производства АО Молочный комбинат «Ставропольский». Для оценки влияния наночастиц селена на молоко, исследовались его физико-химические свойства – рН, поверхностное натяжение, ζ -потенциал, средний гидродинамический радиус частиц коллоидной фазы молока и антиоксидантная активность.

Исследование размера наночастиц селена проводили методом динамического рассеяния света (DLS) на приборе Photocor-Complex (ООО «Антек-97», Российская Федерация). Компьютерную обработку полученных результатов осуществляли с использованием программного обеспечения DynaL S.

Исследование ζ -потенциала проводили методом акустической и электроакустической спектроскопии на установке DT-1202 (Dispersion Technology Inc., США).

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00120, <https://rscf.ru/project/23-16-00120/>



Источник изображения: Freepik.com

Активную кислотность среды определяли на рН-метре-(иономере) «Эксперт-001» (ООО «Эконикс-Эксперт», Россия).

Поверхностное натяжение определяли сталагмометрическим методом. Определение поверхностного натяжения этим методом заключается в измерении объёма или веса капли жидкости, медленно отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки.

Анализ антиоксидантной активности проводили следующим образом: 2,2-азинобис-(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновую кислоту) (АБТС) растворяли в воде до концентрации 7 мМ. Генерацию катионного радикала ABTS^{•+} иниции-

ровали добавлением 1 мл 14,7 мМ персульфата калия к 5 мл АБТС. Полученную смесь перед использованием выдерживали в темноте при комнатной температуре в течение 24 ч. Для проведения анализа раствор АБТС разбавляли дистиллированной водой до оптической плотности 0,70 (± 0,02) при 734 нм. Пробоподготовку осуществляли следующим образом: 1 мл анализируемой пробы и 1 мл трихлоруксусной кислоты центрифугировали при 10000 об/мин в течение 5 минут, далее отбирали аликвоту 0,03 мл пробы и добавляли 1,97 мл АБТС. Поглощение при 734 нм измеряли через 3 мин после смешивания. В качестве стандарта использовали раствор тролокса с концентрацией 1 мМ, с которым проводили аналогичную пробоподготовку.

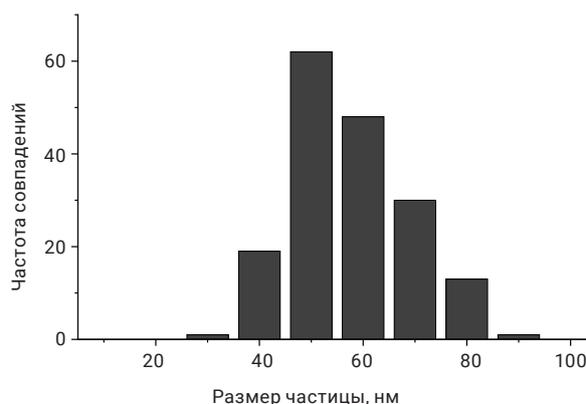
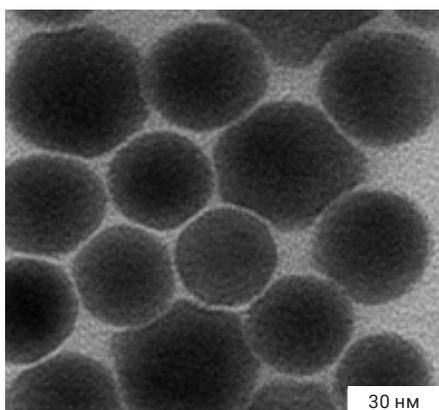


Рисунок. ПЭМ изображение частиц биологически активной наноразмерной формы селена

Таблица

Физико-химические свойства молока и молока, обогащенного биологически активной наноразмерной формы селена

Образец	Активная кислотность, ед. pH	Поверхностное натяжение, Н/м	ζ-потенциал, мВ	Радиус частиц коллоидной фазы молока, нм	Антиоксидантная активность, мг ТЕ/мл
Контроль	6,56	51,60	-1,65	38,03	1,01
Опытный	6,65	54,69	-1,73	27,55	26,67

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования разработанной в рамках работы биологически активной формы селена получено ПЭМ-изображение частиц, представленное на рисунке. Полученные образцы биологически активной формы селена представляли собой наноразмерные сферические частицы с радиусом порядка 52 нм.

1 литр молока жирностью 2,5 % обогащали наноразмерным селеном из расчета 30 % от суточной дозы потребления организмом данного микроэлемента, то есть 23 мкг. Результаты исследования физико-химических свойств молока, обогащенного биологически активной наноразмерной формой селена, представлены в таблице.

Физико-химические свойства молока и молока, обогащенного биологически активной наноразмерной формы селена представлены в таблице.

В результате исследования физико-химических свойств молока и молока, обогащенного биологически активной наноразмерной формой селена, можно сделать вывод, что добавка не оказывает влияния на коллоидную систему молока. Также установлено, что антиоксидантная активность обогащенного молока выросла по сравнению с необогащенным и составила 26,67 мг ТЕ/мл.

ВЫВОДЫ

Разработанные частицы селена имеют размер порядка 52 нм. Согласно результатам исследования физико-химических показателей молока и молока, обогащенного биологически активной наноразмерной формы селена, активная форма селена не оказывает значимое влияние на молочные компоненты. Обогащение молока данной добавкой позволяет усилить его антиоксидантную активность до 26 % относительно тролокса. ■

DAIRY PRODUCTS FORTIFIED WITH BIOLOGICALLY ACTIVE SELENIUM

Andrey G. Khramtsov, Alexander V. Serov, Andrey V. Blinov, Anastasia A. Blinova, Alexey A. Gvozdenko, Tamara N. Bakholdina, Alexey D. Lodygin
North-Caucasus federal university, Stavropol

ORIGINAL ARTICLE

The article describes the effect of a new biologically active form of selenium on cow's milk as a dispersed system. The authors developed new methods to stabilize selenium nanoparticles with food additive E433 and studied the physicochemical profile of the fortified milk. The biologically active nano-sized form of selenium was studied by transmission electron microscopy. Its effect on the dispersed milk system was assessed by the changes in pH and the average hydrodynamic radius of the milk system on storage day 5. Selenium particles were 52 nm in size. The biologically active selenium had no significant effect on milk components. The resulting functional milk product demonstrated strong antioxidant activity, which exceeded Trolox equivalent by 26 %. In this study, the biologically active nanoselenium was able to integrate into the colloidal system of milk and functionalize it.

Keywords: milk, selenium, dietary supplements, fortification, antioxidant activity

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kieliszek, M. Selenium—fascinating microelement, properties and sources in food / M. Kieliszek // *Molecules*. 2019. Vol. 24. № 7. P. 1298.
2. Bomer, N. Selenium and outcome in heart failure / N. Bomer [et al.] // *European Journal of Heart Failure*. 2020. Vol. 22. № 8. C. 1415–1423.
3. Fernández-Lázaro, D. The role of selenium mineral trace element in exercise: Antioxidant defense system, muscle performance, hormone response, and athletic performance. A systematic review / D. Fernández-Lázaro [et al.] // *Nutrients*. 2020. Vol. 12. № 6. P. 1790.
4. Akram, M. Health benefits of milk and milk products / M. Akram [et al.] // *Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations*. 2020. – P. 211–217.
5. Сурай, Н. М. Анализ потребления молока и молочных продуктов в России и Московской области / Н. М. Сурай., П. А. Неверов, Н. В. Жукова // *Модернизация экономических систем: взгляд в будущее (MESLF-2017)*. – 2017.
6. Saran Netto, A. Increasing selenium and vitamin E in dairy cow milk improves the quality of the milk as food for children / A. Saran Netto [et al.] // *Nutrients*. 2019. Vol. 11. № 6. P. 1218.