

УДК 637.071

DOI: 10.46548/21vek-2020-0951-0019

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ МОЛОЧНЫХ СОСТАВНЫХ НАПИТКОВ

©2020

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: nilova_l_p@mail.ru)***Иванова Виктория Викторовна**, кандидат технических наук, доцент, доцент*Российская таможенная академия, Санкт-Петербургский филиал имени В.Б. Бобкова**(192241, г. Санкт-Петербург, ул. Софийская, д.52, лит. А; e-mail: astafyeva14@yandex.ru)***Малютенкова Светлана Михайловна**, кандидат технических наук, доцент,

доцент Высшей школы сервиса и торговли

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: malutesha66@mail.ru)*

Аннотация. В статье обсуждаются факторы, формирующие антиоксидантные свойства молочных составных напитков. На примере напитков на основе молока «Актимель», «Имунеле» и на основе сыворотки «Актюаль» с разными растительными ингредиентами были проведены исследования антиоксидантной активности разными методами: FRAP, DPPH, кулонометрическое титрование. Полученные результаты значительно варьировали в зависимости от используемого метода определения антиоксидантной активности: FRAP> DPPH> кулонометрическое титрование. Однако была установлена общая тенденция зависимости значений антиоксидантной активности напитков от состава сырьевых ингредиентов. Напитки на основе молока – «Актимель» и «Имунеле» имели более выраженные антиоксидантные свойства, чем напитки на основе сыворотки «Актюаль». При более высокой массовой доли жира антиоксидантная активность напитков на основе молока была выше. Внутри групп напитков прослеживалась зависимость от использованного фруктово-ягодного сырья. Преобладание в составе напитков растительных ингредиентов в виде пюре, содержащих антоцианы в больших количествах, повышало значения их антиоксидантной активности. Наиболее выраженные антиоксидантные свойства имел молочный составной напиток «Актимель» Черника-Ежевика, выработанный на основе молока, с массовой долей жира 2,5%, и растительных ингредиентов в виде пюре черники и ежевики.

Ключевые слова: молочные составные напитки, состав, антиоксидантные свойства, FRAP, DPPH, кулонометрическое титрование.

FORMATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF DAIRY COMPOSITE DRINKS

©2020

Nilova Liudmila Pavlovna, PhD of Engineering, associate Professor,*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: nilova_l_p@mail.ru)***Ivanova Victoria Viktorovna**, PhD of Engineering, associate Professor,*Russian Customs Academy St.-Petersburg branch named after Vladimir Bobkov**(192241, St. Petersburg, Sofyiskaya st., 52, lit. A, e-mail: astafyeva14@yandex.ru)***Malutenkova Svetlana Michailovna**, PhD of Engineering, associate Professor,*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mail: e-mail: malutesha66@mail.ru)*

Abstract. The article discusses the factors that form the antioxidant properties of dairy composite drinks. On the example of milk-based drinks such as "Actimel", "Imunele" and drinks based on the serum "Actual" with different plant ingredients, the antioxidant activity was studied by different methods: FRAP, DPPH, coulometric titration. The results obtained varied significantly depending on the method used for determining the antioxidant activity: FRAP> DPPH> coulometric titration. However, a general tendency was established for the dependence of the values of the antioxidant activity of beverages on the composition of the raw ingredients. Milk-based drinks - "Actimel" and "Imunele" had more pronounced antioxidant properties than drinks based on the serum "Actual". With a higher mass fraction of fat, the antioxidant activity of milk-based drinks was higher. Within the groups of drinks, there was a dependence on the used fruit and berry raw materials. The predominance of puree plant ingredients, which were high in anthocyanins, increased the antioxidant activity in dairy composite drinks. The most pronounced antioxidant properties were possessed by the fermented milk drink "Actimel" Bilberry-Blackberry, made on the basis of milk with a mass fraction of 2.5% fat and vegetable components in the form of blueberry and blackberry puree.

Keywords: dairy drinks, composition, antioxidant activity, FRAP, DPPH, coulometric titration.

Введение. В последние годы в ассортименте продукции молокоперерабатывающих предприятий наблюдается стремительный рост в сегменте молоч-

ных составных продуктов. В их состав входят растительные ингредиенты, которые расширяют линейку ассортимента, позиционируют себя продуктами для

здорового питания, привлекая внимание потребителей [1, 2]. Самый широкий ассортимент представлен ферментированными напитками (йогуртами), а также напитками на основе молока или сыворотки с использованием или без пробиотических микроорганизмов [3]. Растительные ингредиенты наряду с молочной составляющей формируют антиоксидантные свойства напитков [4-6].

Молочные составные напитки вырабатывают на основе молока или сыворотки. Антиоксидантные свойства молока обусловлены токоферолами, ретинолами, каротиноидами, а также белковыми соединениями [3]. Среди белковых веществ антиоксидантные свойства приписывают лактоферрину, альбумину, β -лактоглобулину и казеину за счет способности образовывать хелатные соединения с металлами переменной валентности [4]. В научной литературе представлены противоречивые данные об антиоксидантных свойствах молока и его потерях при термической обработке. Так, при термической обработке молока его антиоксидантная активность может снизиться почти на 50% [7, 8]. И наоборот, приводится зависимость антиоксидантной активности молока от различных видов термической обработки: сырое <стерилизованное <пастеризованное [9]. Ультрапастеризованное молоко теряет антиоксиданты по сравнению более низкой термической обработкой, используемой при пастеризации [10]. Антиоксидантная активность молока после ферментации зависит от качественного состава заквасочной микрофлоры. При производстве йогуртов, где при сквашивании используются молочнокислые стрептококки и болгарская палочка, происходит снижение антиоксидантной активности (DPPH-тест) на 10% и более по сравнению с молоком [11]. При использовании ацидофильной палочки для сквашивания, антиоксидантная активность (ABTS-тест) ферментированного продукта незначительно возрастает [12].

Антиоксидантные свойства сыворотки обуславливают сывороточные белки, серосодержащие аминокислоты (1,7%) и аминокислоты с разветвленной цепью (26%) [13]. Причем, чем меньше молекулярная масса белков и аминокислот, тем выше антиоксидантная активность. Так, каждый мономер лактоферрина может связывать 2 иона Fe^{3+} . ORAC результаты показали, что фракции сыворотки, содержащие пептиды с молекулярной массой 1 кДа имеют значения 0,91 мкмоль ТЭ / мг, чем фракции, с молекулярной массой 5 кДа (0,75 мкмоль ТЭ/мг). Антиоксидантная активность низкомолекулярных пептидов сыворотки сравнима с синтетическим антиоксидантом, бутилированным гидроксианизолом (2,43 мкмоль ТЭ), но в 1,7-4 раза ниже, чем полифенолы растений катехин и кверцетин (14,9 и 10,5 мкмоль ТЭ, соответственно). Ферментативный гидролиз белков сыворотки с образованием простых пептидов, pH повышают ее антиоксидантные свойства, а термическая обработка снижает [13-15]. В промышленных масштабах сыворотку получают ультрафильтрацией или криоконцентриро-

ванием [16].

Растительные ингредиенты в сочетании с молоком или сывороткой позволяют получить составной напиток с более выраженными антиоксидантными свойствами, чем исходные рецептурные компоненты. Так, добавление экстракта красного женьшеня в количестве 2% в молоко и йогурты повышает их антиоксидантную активность (DPPH-тест) в 2,8 и 3,2 раза, соответственно [17]. В ферментированных напитках растительные ингредиенты способствуют развитию молочнокислых микроорганизмов, формируя сенсорные и антиоксидантные свойства [18, 19]. Причем продолжительность ферментации увеличивает антиоксидантную активность только гидрофильной фракции, а липофильной – уменьшает [19]. Это подтверждает решающую роль растительных ингредиентов в формировании антиоксидантных свойств и зависит от их вида, увеличиваясь в напитках с растительными ингредиентами, содержащими антоцианы [20]. Термическая обработка сыворотки может привести к снижению ее антиоксидантных свойств [21].

Целью исследований является изучение влияния молочного и растительного сырья на антиоксидантные свойства молочных составных напитков.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на образцах молочных составных напитков на основе молока «Актимель» и «Имунеле» и на основе сыворотки «Актюаль» с различными растительными ингредиентами (табл. 1), реализуемые в розничной торговле.

Таблица 1 – Наименование и состав основных компонентов объектов исследований

Наименование	Компоненты, влияющие на антиоксидантную активность напитка	
	молочная основа	плодово-ягодное сырье
Актимель	Черника-Ежевика-Клубника	пюре черники и ежевики
	Мультифрукт	клубничное пюре, концентрированные соки персика, банана, маракуйи, ананаса; концентрированное пюре манго
Имунеле	Черника	концентрированные соки яблочный и черничный
	Клубника-Княженика	концентрированные соки яблочный и клубничный, пюре клубники
	Малина-Морошка	концентрированный малиновый сок
Актюаль	Черника-Смородина	концентрированные соки черной смородины, черной моркови, яблока и черники
	Клубника-Малина	концентрированные соки яблочный, клубничный и малиновый
	Персик-Маракуйя	концентрированные соки персика и маракуйи

Примечание: *сыворотка молочная сухая входит только в состав напитка «Имунеле со вкусом «Клубника-Княженика»

«Актимель» и «Имунеле» представляли собой напитки кисломолочные с различными вкусами в зависимости от растительных ингредиентов и ароматизаторов и обогащенные пробиотиками. Все исследуемые образцы были обогащены витаминно-минеральными комплексами/премиксами.

Антиоксидантную активность определяли тремя методами: спектрофотометрически методом *FRAP* с ортофенантролином, основанном на способности трехвалентного железа образовывать хелатные комплексы, и методом *DPPH*, по способности антиоксидантов связывать стабильный свободный радикал *DPPH*. Кулонометрическое титрование осуществляли на титранте «Эксперт-006» электрогенерированным бромом при постоянной силе тока. Полученные результаты выражали в мг в пересчете на аскорбиновую кислоту (АК).

Результаты исследований. Молочные составные напитки были выработаны с использованием различного молочного и растительного сырья. В напитках «Актимель» молочная основа представляла собой обезжиренное и сухое молоко, а также сливки для нормализации продукта по массовой доле жира. В напитках «Имунеле» в качестве молочной основы было использовано нормализованное молоко. В результате массовая доля жира в напитке «Актимель» составляла 2,5%, а в «Имунеле» - 1,2%. Напитки «Актимель» были произведены путем восстановления сухой молочной сыворотки. Растительные ингредиенты были представлены соками и пюре, виды которых варьировали в зависимости от наименования. Отсутствие в составе напитков «Актимель» и «Имунеле» некоторых видов соков создало необходимость называть эти продукты «со вкусом». Дополнительно к информации, представленной в таблице 1, следует отметить, что в составе напитков «Актимель» и «Имунеле» использовались красители в виде антоцианов, карминов, каротинов, которые могут повлиять на формирование их антиоксидантных свойств.

Антиоксидантная активность напитков, определенная разными методами, даже в пересчете на одно стандартное вещество, различалась в широких пределах (табл. 2). Однако общая тенденция зависимости антиоксидантных свойств напитков от состава сырьевых ингредиентов прослеживалась независимо от метода. Напитки на основе молока – «Актимель» и «Имунеле» имели более выраженные антиоксидантные свойства, чем напитки на основе сыворотки «Актимель». Внутри групп прослеживалась зависимость от использованного фруктово-ягодного сырья. Преобладание в составе напитков растительных ингредиентов, содержащих антоцианы в больших количествах, повышало значения их антиоксидантной активности.

FRAP тест показал, что для напитков на основе молока «Актимель» и «Имунеле» полученные значения находились в пределах от 8,0 до 10,14 мг/100 мл, причем в группе напитков «Актимель» они были выше на 6-15%. Исходя из состава ингредиентов, можно предположить о влиянии жирорастворимых антиокси-

дантов при большей массовой доле жира в напитках «Актимель». Это также может быть причиной низких значений *FRAP* теста в напитках на основе сыворотки «Актимель», которые были меньше, чем в напитках на основе молока в 6-20 раз. Жирорастворимые антиоксиданты, в частности токоферолы и каротиноиды, первыми нейтрализуют свободные радикалы, окисляясь сами, а аскорбиновая кислота, содержащаяся в растительных ингредиентах, восстанавливает их. В тоже время казеин и другие белки молока образуют хелатные соединения, а концентрат сывороточных белков, не подвергшийся гидролизу, содержит мало низкомолекулярных пептидов и аминокислот с разветвленной цепью [13].

Таблица 2 – Антиоксидантная активность молочных составных напитков

Наименование		Антиоксидантная активность, мг / 100 мл напитка в пересчете на аскорбиновую кислоту		
		FRAP	DPPH	кулонометрическое титрование
Актимель	Черника-Ежевика	10,14±0,15	8,50±0,10	1,33±0,05
	Клубника	8,53±0,10	6,94±0,08	0,96±0,02
	Мультифрукт	9,63±0,20	7,85±0,10	1,28±0,02
Имунеле	Черника	8,75±0,10	7,24±0,10	1,21±0,02
	Клубника-Княженика	8,00±0,20	6,75±0,06	1,15±0,03
	Малина-Морошка	8,25±0,12	7,00±0,10	1,18±0,01
Актиуаль	Черника-Смородина	1,55±0,05	1,30±0,05	0,59±0,01
	Клубника-Малина	0,66±0,01	0,56±0,02	0,47±0,02
	Персик-Маракуйя	0,37±0,01	0,31±0,02	0,42±0,02

Результаты *DPPH* теста напитков отличались от *FRAP* теста более низкими значениями. В напитках «Актимель» эта разница составляла от 19 до 23%, а «Имунеле» и «Актиуаль» 17-18%. *DPPH* тест характеризует прямое взаимодействие антиоксидантов со свободными радикалами, поэтому решающую роль здесь играют полифенолы растительного сырья, и чем их больше, в первую очередь, антоцианов, тем выше будут значения антиоксидантной активности. В группах разных напитков четко прослеживается тенденция зависимости вида растительных ингредиентов и значений *DPPH*. Самые высокие значения *DPPH* имели напитки с чернично-ежевичным пюре «Актимель», а затем с черничным соком «Имунеле», значения которого превысили *DPPH* «Актимель» с клубничным пюре. Но концентрированные соки в напитках «Актиуаль» не смогли значительно увеличить их антиоксидантную активность, определенную методом *DPPH*.

При использовании для определения антиоксидантной активности кулонометрического титрования, получаемые значения зависели от количества веществ, вступающих в электрохимическую реакцию. Электрогенерированный бром вступает в реакцию по кратным связям, охватывая, в большей степени, антиоксиданты растительного сырья, но может также вызывать разрыв двойных связей в жирных кислотах. Воз-

можно поэтому антиоксидантная активность напитка «Актимель» выше, чем напитка «Имунеле», и самая низкая у напитков без жира на основе сыворотки. Но в целом тенденция значений антиоксидантной активности остается такой же, что и при использовании других методов определения.

Заключение. Антиоксидантные свойства молочных составных напитков «Актимель», «Имунеле» и «Актюаль» с разными растительными ингредиентами были исследованы с использованием разных методов: FRAP, DPPH и кулонометрическое титрование. Несмотря на значительные различия в результатах исследований, прослеживается общая тенденция комплексного влияния молочного и растительного сырья на антиоксидантную активность напитков. Напитки на основе молока обладают большей антиоксидантной активностью, чем напитки на основе сыворотки. Увеличение массовой доли жира молока повышает антиоксидантную активность напитков. Пюре, используемое в качестве растительных ингредиентов, повышает антиоксидантную активность напитков, по сравнению с использованием концентрированных соков. Чем больше растительные ингредиенты содержат антоцианов, тем выше антиоксидантная активность напитков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Khrantsov A.G. Tradition and innovation of dairy industry // Foods and raw materials. 2015. V.3. №1. – P. 140-141.
2. Рожкова И.В., Бегунова А.В. Пробиотические микроорганизмы как фактор повышения здоровья // Молочная промышленность. 2020. №7. С. 38–39.
3. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Икрамов Р.А. Потребительские предпочтения в дифференциации пищевых продуктов // Международный научный журнал. 2019. № 5. С. 32-37.
4. Шидловская В.П., Юрова Е.А. Антиоксиданты молока и их роль в оценке его качества // Молочная промышленность. 2010. №2. С. 24–26.
5. Порогова Е.Ю., Храмов А.Г., Лодыгин А.Д. Основы технологии комбинированного низколактозного напитка из вторичного молочного сырья // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т.1. № 1-1(25). С. 196-197.
6. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Флоринская Е.Э. Роль растительного сырья в формировании потребительских свойств ферментированных молочных напитков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 44. С. 81-86.
7. Высокогорский В.Е., Веселов П.В. Антиоксидантная активность козьего и коровьего молока // Молочная промышленность. 2009. №7. С. 86-87.
8. Быков И.М., Попов К.А., Мелконян К.И. Сравнительная биохимическая характеристика антиоксидантно-энергетического потенциала молока и молочных продуктов // Астраханский медицинский журнал. 2015. Т. 10. № 3. С. 45–49.
9. Балакирева Ю.В., Ахмадуллина Ф.Ю., Лапин А.А. Влияние промышленных режимов пастеризации на интегральную антиоксидантную и витаминную активности коровьего молока // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 19. № 2. С. 19–25.
10. Ertan K., Bayana D., Gokce O., Alatossava T., Yilmaz Y., Gursoy O. Total antioxidant capacity and phenolic content of pasteurized and UHT-treated cow milk samples marketed in Turkey // Akademik Gıda. 2017. №15 (2). P. 103–108.
11. Park H., Lee M., Kim K.T., Park E., Paik H.D. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract // Journal of Dairy Science. 2018. № 101 (10). 8702-9710.
12. Chan Ch.L., Gan R., Shah N.P., Corke H. Enhancing antioxidant capacity of Lactobacillus acidophilus-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts // Food Bioscience. 2018. № 26. P. 185–192.
13. Corrochano A.R., Buckin V., Kelly Ph.M., Giblin L. Invited review: Whey proteins as antioxidants and promoters of cellular antioxidant pathways // J. Dairy Sci. 2018. № 101. P. 4747–4761.
14. Veskokouk A.S., Kerasiotia E., Skaperda Z., Papapostolou P.A., Nepka Ch., Spandidos D. A., Asproini E., Taitzoglou I., Kouretas D. Whey protein boosts the antioxidant profile of rats by enhancing the activities of crucial antioxidant enzymes in a tissue-specific manner // Food and Chemical Toxicology. 2020. №142. 111508.
15. Ballatore M.B., Bettiol M.R., Braber N.L.V., Aminahuel C.A., Rossi Y.E., Petroselli G., Erra-Balsells R., Cavagliera L.R., Montenegro M.A. Antioxidant and cytoprotective effect of peptides produced by hydrolysis of whey protein concentrate with trypsin // Food Chemistry 2020 №319. 126472.
16. Остроумов Л.А., Короткий И.А., Бородин Д.М., Сазонова Е.К. Продукты переработки сыворотки, полученные методами ультрафильтрации и криоконцентрирования // Молочная промышленность. 2020. № 9. С. 65-67.
17. Park H., Lee M., Kim K.T., Park E., Paik H.D. Antioxidant and antigenotoxic effect of dairy products supplemented with red ginseng extract // J. Dairy Sci. 2018. № 101. P.8702–8710.
18. Мусина О.Н., Бондаренко Н.И., Усатюк Д.А., Шелковская Н.К. Изучение поведения молочно-облепиховых смесей при сквашивании // Молочная промышленность. 2020. № 11. С. 16-17.
19. Chan Ch.L., Gana R., Shah N.P., Corke H. Enhancing antioxidant capacity of Lactobacillus acidophilus-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts // Food Bioscience. 2018. № 26. 185–192.
20. Нилова Л.П., Вытовтов А.А., Малютенкова С.М. Растительное сырье в формировании антиоксидантных свойств сокодержащих напитков // Международный научный журнал. 2017. № 4. С.83-87.
21. Cappato L.P., Ferreira M.V.S., Moraes J., Pires R.P.S., Rocha R.S. Whey acerola-flavoured drink submitted Ohmic Heating: Bioactive compounds, antioxidant capacity, thermal behavior, water mobility, fatty acid profile and volatile compounds // Food Chemistry. 2018. № 263. P. 81–88.

Статья поступила в редакцию 30.10.2020

Статья принята к публикации 11.12.2020