

Обратимся к анализу темпов прироста общей заболеваемости в структуре БСК среди пациентов старше 60 лет, данные о которых отображены на рисунке 5:

- наибольший темп прироста в структуре общей заболеваемости БСК показал атеросклероз – 266,67%;
- высокий темп прироста зафиксирован также у болезней вен, который составил 130%;
- на третьем месте расположилась нарушения ритма сердца и проводимости, темп прироста по которым отмечен на уровне 66,67%;
- минимальное значение зарегистрировано у цереброваскулярных заболеваний, протекающих без АГ – 20%;
- темп прироста не высчитывался для кардиомиопатий (ни одного зафиксированного случая за 2018–19 гг.) и болезней лимфатических сосудов (нет случаев в 2018 г.).

На основании анализа данных об общей и первичной заболеваемости БСК, были сделаны следующие выводы:

1. В структуре общей заболеваемости БСК среди мужчин наибольшие значения наблюдались в возрастной группе старше 60 лет – 22,01 и 22,41 в 2018 и 2019 гг. соответственно, минимальные (с тенденцией к росту) – у лиц до 40 лет (1,89 и 4,94). Среди женщин максимальные показатели зафиксированы также в возрастной группе старше 60 лет – 71,07 в 2018 г. и 77,16 в 2019 г., минимальные – у лиц до 40 лет (1,89 и 3,09 соответственно). Более высокие показатели первичной заболеваемости БСК характерны для женского населения, за исключением возрастной группы до 40 лет – равные (по 1,89) в 2018 г., и превалирование мужчин с БСК в 2019 г. (4,94 против 3,09 у женщин).

2. В структуре первичной заболеваемости ССЗ наибольшие значения зафиксированы в возрастной группе старше 60 лет – 79,25 среди мужчин и 237,11 среди женщин за 2018 г. и 100,62 и 309,87 соответственно за 2019 г. Минимальные значения общей заболеваемости зарегистрированы в возрастной группе 18–40 лет: в 2018 г. этот показатель для мужчин составил 5,66 случаев на 1000 населения, для женщин – 7,55, тогда как в 2019 г. для обоих полов выглядел одинаково и составил 10,49 случаев на 1000 населения. Более высокие показатели общей заболеваемости БСК зафиксированы среди женщин, за исключением возрастной группы 18–40 лет в 2019 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский, Б. В. ИБС и наследственность. / Б.В. Ильинский – Москва: Медицина, 2011. – 176 с.
2. Руководство по кардиологии / В.Н. Коваленко (ред.). – Киев: Морион, 2008. – 1424 с.

### АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА НАТИВНОГО, ОБЕЗЖИРЕННОГО, ФЕРМЕНТИРОВАННОГО И ГИДРОЛИЗОВАННОГО КОРОВЬЕГО МОЛОЗИВА

#### ANTIOXIDANT PROPERTIES OF NATIVE, DEFATTED, FERMENTED AND HYDROLYZED BOVINE COLOSTRUM

**Е. И. Тарун<sup>1</sup>, П. Ю. Красовская<sup>1</sup>, Е. А. Стаселович<sup>1</sup>, Т. Н. Головач<sup>2</sup>, Р. В. Романович<sup>2</sup>  
E. I. Tarun<sup>1</sup>, P. Y. Krasovskaya<sup>1</sup>, E. A. Staselovich<sup>1</sup>, T. M. Halavach<sup>2</sup>, R. V. Romanovich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет  
г. Минск, Республика Беларусь  
ktarun@tut.by

<sup>1</sup> Belarusian State University, ISEI BSU  
Minsk, Republic of Belarus  
<sup>2</sup>Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus

Проведено сравнительное изучение антиоксидантной активности нативного, обезжиренного и ферментированного молозива, а также ультрафильтратов обезжиренного молозива, гидролизованного нативного и обезжиренного молозива и ферментированного обезжиренного молозива. Получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации всех образцов молозива, из которых графически определены показатели  $IC_{50}$ . Образцы молозива восстанавливали флуоресценцию флуоресцеина до 66–93 % при концентрации образцов 0,23–1 мг/мл. Показатели  $IC_{50}$  находились в пределах 6,2–155,1 мкг/мл.

The comparative study of the antioxidant activity of extracts of native, defatted, and fermented colostrum, as well as ultrafiltrate defatted colostrum, hydrolyzed native, and defatted colostrum and fermented defatted colostrum.

The dependences of the fluorescence intensity of fluorescein on the logarithm of the concentration of all colostrum samples are obtained, from which  $IC_{50}$  values are graphically determined. Colostrum samples restored fluorescence of fluorescein to 66–93 % at a sample concentration of 0.23–1.0 mg/ml.  $IC_{50}$  values were in the range of 6.2–155.1  $\mu\text{g/ml}$ .

*Ключевые слова:* антиоксидантная активность, нативное молозиво, обезжиренное молозиво, ферментированное молозиво, гидролизованное молозиво, флуоресцеин.

*Keywords:* antioxidant activity, native colostrum, defatted colostrum, fermented colostrum, hydrolyzed colostrum, fluorescein.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-121-124>

Молозиво является ценным продуктом, так как оно обладает более высокой питательной и биологической ценностью, чем зрелое молоко. В нем увеличено содержание легкоусвояемых сывороточных белков, защитных иммунных факторов (иммуноглобулина А, лактоферрина, лейкоцитов-макрофагов, нейтрофилов, лимфоцитов), а также природных антиоксидантов (витаминов А и Е,  $\beta$ -каротина, цинка, селена). Особый интерес представляет технологический процесс получения ферментированных вариантов молозива. Ферментативный гидролиз белкового компонента молозива направлен на получение продуктов с низким аллергенным потенциалом и высокой питательной ценностью.

Коровье молоко, сыр и кисломолочные продукты являются доступными источниками биологически активных пептидов (БАП), для которых показаны гипотензивный, иммуномодулирующий, антиоксидантный, анти-микробный, антимуtagenный и др. эффекты [1]. БАП образуются в результате воздействия на белки молока пищеварительных ферментов желудочно-кишечного тракта, при технологической обработке очищенными протеазами, а также ферментации молочнокислыми бактериями [2]. После ферментативного гидролиза основных белков-аллергенов молока ( $\beta$ -лактоглобулин, казеин) образуются гипоаллергенные пептиды, что связано с расщеплением участков антигенных детерминант в соответствующих белках [3]. Использование различных протеолитических ферментов и пробиотических микроорганизмов обеспечивает получение гидролизованных и ферментированных белков молока со специфическим белково-пептидным профилем и характерными биологически активными свойствами [4].

Метод определения антиоксидантной активности (АОА) по отношению к активированным формам кислорода (АФК) основан на измерении интенсивности флуоресценции окисляемого соединения и ее уменьшении под воздействием АФК. В настоящей работе для детектирования свободных радикалов использован флуоресцеин, обладающий высоким коэффициентом экстинкции и близким к 1,0 квантовым выходом флуоресценции. Генерирование свободных радикалов осуществляли, используя систему Фентона, в которой образуются гидроксильные радикалы при взаимодействии комплекса железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) с этилендиаминтетрауксусной кислотой (EDTA) и пероксида водорода [5]. При взаимодействии флуоресцеина со свободными радикалами происходит тушение его флуоресценции, восстановить которую можно при добавлении в систему веществ, проявляющих антиоксидантные свойства. В качестве таких веществ были взяты 7 образцов молозива: нативное, обезжиренное и ферментированное молозиво, а также ультрафильтраты обезжиренного молозива, гидролизованного нативного и обезжиренного молозива и ферментированного обезжиренного молозива. В таблице 1 указано содержание сухого вещества и белка в образцах молозива.

Таблица 1 – Перечень образцов молозива

№	Название образца	Содержание белка, мг/мл	Содержание сухого вещества, мг/мл
1	Молозиво нативное	31,5	48,5
2	Молозиво обезжиренное	51,0	66
3	Молозиво обезжиренное ферментированное	48,1	63
4	Ультрафильтрат гидролизата молозива нативного	9,7	22,7
5	Ультрафильтрат гидролизата молозива обезжиренного	24,4	100
6	Ультрафильтрат обезжиренного молозива	6,6	36
7	Ультрафильтрат обезжиренного ферментированного молозива	9,8	34

В работе использовали сухое нативное и обезжиренное молозиво, сухое ферментированное обезжиренное молозиво (образцы предоставлены ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», Россия; для ферментации использовали кислотофильную палочку – *Lactobacillus acidophilus*,

штамм 630). Ультрафильтрат гидролизата молозива получен в НИЛ прикладных проблем биологии (БГУ) с применением протеолитического фермента алкалазы.

Получение ультрафильтрата молозива:

Готовили 10% растворы обезжиренного и ферментированного первичного молока в дистиллированной воде, центрифугировали для осаждения нерастворимых частиц при 6000 g и температуре 4° С в течение 30 мин. Полученные супернатанты фракционировали с применением фильтров Spin-X UF Concentrator 20 (Corning, Англия) с разделяющей способностью 10 кДа. Ультрафильтраты гидролизованного и ферментированного молозива представлены фракцией с молекулярной массой (mг), меньшей или равной 10 кДа. Содержание общего азота в экспериментальных образцах определяли по СТБ ISO 8968–1–2008, массовую долю (м.д.) сухого вещества – по ГОСТ 3626–76 (п. 3).

Измерения флуоресценции проводили на флуориметре RF-5301 PC («Shimadzu», Япония). Регистрировали интенсивность флуоресценции на длине волны 514 нм. Длина волны возбуждения – 490 нм.

Для всех образцов получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации молозива. В таблице 2 представлены основные показатели антиоксидантной активности:  $A_{max}$  – интенсивность флуоресценции, соответствующая максимальному ингибированию свободных радикалов,  $C_{max}$  – концентрация молозива, при которой достигается  $A_{max}$  и  $IC_{50}$  – концентрация молозива, при которой достигается 50 % ингибирования свободных радикалов.

Таблица 2 – Показатели антиоксидантной активности образцов молозива

№	Название образца	$A_{max}$ , %	$C_{max}$ , мг/мл	$IC_{50}$ , мкг/мл сухого вещества	$IC_{50}$ , мкг/мл белка
1	Молозиво нативное	75	0,485	102,33	66,46
2	Молозиво обезжиренное	66	0,66	200,8	155,1
3	Молозиво обезжиренное ферментированное	78	0,63	178,6	136,3
4	Ультрафильтрат гидролизата нативного молозива	82	0,227	21,38	9,14
5	Ультрафильтрат гидролизата обезжиренного молозива	93	1	25,4	6,2
6	Ультрафильтрат обезжиренного молозива	76	0,36	104,3	19,1
7	Ультрафильтрат ферментированного обезжиренного молозива	85	0,34	52,1	15,0

Минимальная антиоксидантная активность получена для образца молозива обезжиренного. Флуоресценция флуоресцеина восстанавливается до 66% при самой высокой концентрации 0,66 мг/мл. Также максимальные значения имеют и показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (200,8 мкг/мл) и белку (155,1 мкг/мл). Показатель  $A_{max}$  нативного молозива (75%) на 9 % выше при более низкой концентрации 0,485 мг/мл. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (102,33 мкг/мл) и белку (66,46 мкг/мл) в 2/2,3 раза ниже, что свидетельствует о более высокой антиоксидантной активности данного образца. Ферментация обезжиренного молозива повышает его АОА. Показатель  $A_{max}$  ферментированного обезжиренного молозива (78%) на 12 % выше образца обезжиренного молозива при концентрации 0,63 мг/мл, а также сравним с образцом нативного молозива. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (178,6 мкг/мл) и белку (136,3 мкг/мл) несколько ниже аналогичных показателей образца обезжиренного молозива, однако в 1,8/2,5 раза выше аналогичных показателей образца нативного молозива.

Ультрафильтрация молозива, приводящая к уменьшению высокомолекулярной фракции белка, способствует еще большему повышению антиоксидантной активности. Образец ультрафильтрата обезжиренного молозива восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 76% при концентрации 0,36 мг/мл, что на 10% выше, чем для образца молозива обезжиренного. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (104,3 мкг/мл) и по белку (19 мкг/мл) уменьшаются в 2/8 раз по сравнению с аналогичными показателями обезжиренного молозива.

Сравнение ферментированного молозива и ультрафильтрата ферментированного молозива также показывает возрастание АОА после процесса ультрафильтрации. Образец ультрафильтрата ферментированного молозива восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 85% при концентрации 0,34 мг/мл, что на 7% выше, чем для образца молозива обезжиренного. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (52,1 мкг/мл) и по белку (15,0 мкг/мл) уменьшаются в 3,4/9 раз по сравнению с аналогичными показателями ферментированного молозива.

Образец ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молозива восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 93% при концентрации 1 мг/мл, тогда как образец ультрафильтрата гидролизата нативного молозива – до 82% при концентрации в 4 раза ниже 0,227 мг/мл. При той же концентрации (0,2 мг/мл) гидролизат обезжиренного молозива восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина лишь до 70%, что на 12 % ниже ультрафильтрата гидролизата нативного молозива. Показатель  $IC_{50}$  по сухому веществу ультрафильтрата гидролизата нативного молозива (21,38 мкг/мл) несколько ниже ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молозива (25,4 мкг/мл), однако показатель  $IC_{50}$  по белку ультрафильтрата гидролизата нативного молозива (9,14 мкг/мл) в 1,5 раза выше ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молозива (6,2 мкг/мл).

На рисунке 1 представлены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации ультрафильтрата обезжиренного молока (1) ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молока (2) и ультрафильтрата ферментированного обезжиренного молока (3). Самую низкую АОА показывает образец ультрафильтрата обезжиренного молока. Ферментация молока бактериальной протеолитической системой (*Lb. acidophilus*) приводит к обогащению низкомолекулярными белковыми компонентами, что способствует повышению АОА. Ультрафильтрат ферментированного обезжиренного молока восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 85%, что на 9% выше ультрафильтрата обезжиренного молока. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (52,1 мкг/мл) и по белку (15,0 мкг/мл) уменьшаются в 2/1,3 раза по сравнению с аналогичными показателями ультрафильтрата обезжиренного молока. Гидролиз молока с применением протеолитического фермента алкалазы также приводит к повышению АОА. Ультрафильтрат гидролизата обезжиренного молока восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 93% при концентрации 1 мг/мл. Показатели  $IC_{50}$  по сухому веществу (25,4 мкг/мл) и по белку (6,2 мкг/мл) уменьшаются в 4/3 раза по сравнению с аналогичными показателями ультрафильтрата обезжиренного молока и в 2/2,4 раза по сравнению с аналогичными показателями ультрафильтрата ферментированного обезжиренного молока.

Таким образом, показано повышение антиоксидантной активности благодаря ферментации и гидролизу молока за счет обогащения низкомолекулярной фракцией. Ультрафильтрация приводит к еще более значительному повышению антиоксидантной активности. Показатели  $A_{max}$  образцов ультрафильтратов возрастают на 7–10%, а показатели  $IC_{50}$  уменьшаются в 2–3,4 раза по сухому веществу и в 8–9 раз по белку по сравнению с образцами обезжиренного и ферментированного молока. Образцы нативного молока показывают более высокую АОА по сравнению с образцами обезжиренного молока. Показатели  $A_{max}$  образцов нативного молока и ультрафильтрата гидролизата нативного молока на 9–11 % выше образцов обезжиренного молока и ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молока. Гидролиз молока ферментом алкалазой приводит к получению более низкой молекулярной фракции белка, чем при ферментации с использованием ацидофильной палочки *Lactobacillus acidophilus*. Образец ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молока показывает более высокую АОА по сравнению с образцом ультрафильтрата ферментированного обезжиренного молока.

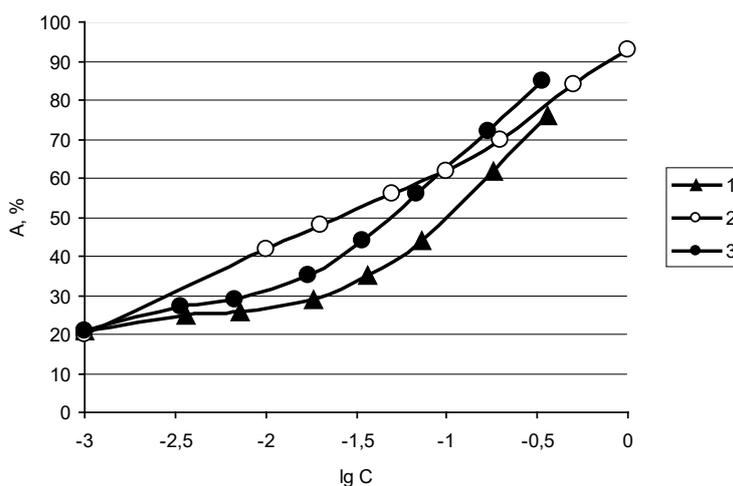


Рис. 1 – Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации (C) ультрафильтрата гидролизата обезжиренного молока (2) и ультрафильтрата ферментированного обезжиренного молока (3)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wada Y. Bioactive peptides derived from human milk proteins – mechanisms of action / Wada Y, Lönnerdal B. // Journal of Nutrition Biochemistry. 2014;25:5:503–514.
2. Mohanty D [et al.]. Antimicrobial peptides as natural bio-preservative to enhance the shelf-life of food / D. Mohanty // International Journal of Food Properties. 2016;19:837–846.
3. Tsabouri S. Cow's milk allergenicity / Tsabouri S, Douros K, Priftis KN // Endocrine, Metabolic and Immune Disorders. 2014;14:1:16–26.
4. Madureira AR. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / Madureira AR [et al.] // Journal of Dairy Science. 2010;93:2:437–455.
5. Тарун Е. И. Антиоксидантная активность гексагидрохинолонов / Е.И. Тарун, А.В. Данькова, А.Н. Пырко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2019;2:77–83.