

УДК 581.6;581.19

<https://doi.org/10.25587/2222-5404-2025-22-4-34-43>

Оригинальная научная статья



Исследование влияния различных факторов на интенсивность окраски растворов антоцианов с целью использования этих растворов в качестве красящих веществ биоматериалов

А. С. Пакшвер ✉, **Е. М. Гюльханданьян**

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Чукотский филиал,
г. Анадырь, Российская Федерация

✉ as.pakshver@s-vfu.ru

Аннотация

Антоцианы представляют большой класс органических соединений – растительных полифенолов – природных пигментов. Для растений установлено положительное влияние антоцианов, так как они повышают засухоустойчивость и морозоустойчивость растений, повышают опыление за счет яркой окраски цветков, а также устойчивость растений к различным болезням. Интерес к растительным пигментам – антоцианам не ослабевает из-за их безвредности и установленной пользы в практической медицине для улучшения здоровья человека. В настоящей работе приготовлены растворы антоцианов из капусты красной, цветков фиалки синей, из кожицы ягод голубики, сока ягод калины. Подобраны и описаны условия приготовления растворов антоцианов. Так, для приготовления раствора антоцианов достаточно 30–60 г мелко нарезанной капусты красной залить 100 мл кипящей дистиллированной воды. После остывания до комнатной температуры раствор можно использовать для исследований. Определено количество растворов антоцианов, вносимых в исследуемые растворы. Показано, что достаточно 6 капель растворов антоцианов, вносимых в 15 мл исследуемых растворов для наблюдения за изменением окраски. Исследовано влияние различных факторов на изменение интенсивности окраски растворов антоцианов, на изменение оптической плотности исследуемых растворов на синем светофильтре с длиной волны 415 нм. Установлено, что оптическая плотность растворов антоцианов в кислой и щелочной среде по сравнению с нейтральной средой возрастает, причем в щелочной среде происходит также изменение окраски исследуемых растворов. В отличие от раствора, полученного из сока ягод калины, наблюдается одинаковая закономерность изменения оптической плотности от реакции среды растворов антоцианов, полученных из капусты красной, цветков фиалки синей и из кожицы ягод голубики. Показано, что при равных условиях интенсивность окраски исследуемых растворов возрастает с увеличением количества вносимых растворов антоцианов. Установлено, что на изменение интенсивности окраски растворов антоцианов не оказывает влияние основность кислот, а также облучение ультрафиолетом в течение 3-х часов. Исследована возможность применения в качестве красящих пигментов растворов антоцианов из капусты красной и кожицы ягод голубики для окраски натуральной кожи, хлопчатобумажных и шерстяных нитей, а также мха. Выявлено, что наиболее глубокая окраска образцов наблюдается при окраске растворами из кожицы ягод голубики. Как известно, растворы антоцианов являются хорошими антиоксидантами, поэтому внесение в такие пищевые продукты, как молоко или сметана, растворов из капусты красной или из кожицы ягод голубики, несомненно, увеличивают полезную ценность употребляемых продуктов. Показана хорошая совместимость растворов антоцианов с молоком и сметаной. Внесение небольших количеств лимонной кислоты или соды пищевой в растворы антоцианов позволяет получать молочные продукты с различной интенсивностью окраски. Для уменьшения влияния разбавления молока при внесении раствора антоцианов из капусты красной предложено заливать мелко нарезанную капусту красную кипящим молоком. Получено разноцветное желе из молочных продуктов с растворами антоцианов из капусты красной. Повышение биодоступности ценных компонентов – антиоксидантов, возможно, происходит при употреблении в пищу молочных продуктов с растворами антоцианов.

© Пакшвер А. С., Гюльханданьян Е. М., 2025

Ключевые слова: растительное сырье, растворы антоцианов из капусты красной, цветков фиалки синей, из кожицы ягод голубики, сока ягод калины, реакция среды, интенсивность окраски, красящие пигменты молочнокислых продуктов, антиоксиданты, растительные полифенолы

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки

Для цитирования: Пакшвер А. С., Гюльханданьян Е. М. Исследование влияния различных факторов на интенсивность окраски растворов антоцианов с целью использования этих растворов в качестве красящих веществ биоматериалов. *Вестник СВФУ*. 2025, Т. 22, № 4. С. 34–43. DOI: 10.25587/2222-5404-2025-22-4-34-43

Original article

Study of the influence of various factors on the intensity of coloring of anthocyanin solutions for the purpose of using these solutions as coloring substances of biomaterials

Anna S. Pakshver ✉, *Elena M. Gulkhandanyan*

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Chukotka branch, Anadyr, Russian Federation

✉ as.pakshver@s-vfu.ru

Abstract

Anthocyanins, a large class of organic compounds comprising plant polyphenols, are naturally occurring pigments. In plants, anthocyanins have been shown to exert a positive influence, enhancing drought and frost resistance, promoting pollination through vibrant floral coloration, and bolstering resistance to diverse diseases. Plant pigments, anthocyanins, have continued to be a great interest because of their safety and practical benefits in improving human health. In this study, anthocyanin solutions were prepared from red cabbage, blue violet flowers, blueberry skins, and viburnum berry juice. Specific conditions for the preparation of these solutions were selected and described. Notably, a solution can be readily prepared by combining 30-60 g of finely chopped red cabbage with 100 ml of boiling distilled water; the resulting solution is ready for research purposes after cooling to room temperature. The study also defines the quantity of anthocyanin solutions for change in color. It has been determined that as little as six drops of anthocyanin solutions introduced into 15 ml of the tested solutions is sufficient. The influence of various factors on the change in the color intensity of anthocyanin solutions was investigated by observing the change in the optical density of the studied solutions using a blue light filter with a wavelength of 415 nm. It has been established that the optical density of anthocyanin solutions in acidic and alkaline increases in comparison with a neutral medium, and in an alkaline medium there is also a change in the color of the studied solutions. In contrast to the solution obtained from the juice of viburnum berries, a similar regularity of changes in optical density from the reaction of the medium of anthocyanin solutions obtained from red cabbage, blue violet flowers, and blueberry berries was observed. It was shown that under equal conditions, the intensity of the color of the studied solutions increases with an increase in the number of anthocyanin solutions applied. It has been established that the change in the intensity of the color of anthocyanin solutions is not affected by the basicity of acids or ultraviolet irradiation for 3 hours. The possibility of using anthocyanin solutions from red cabbage and blueberry skin as coloring pigments for dyeing genuine leather, cotton and woolen threads, and moss has been investigated. It was revealed that the deepest coloration of the samples is observed when staining with solutions from the skin of blueberries. As is well known, anthocyanin solutions are good antioxidants; therefore, the introduction of red cabbage or blueberry skin solutions into foods, such as milk or sour cream, undoubtedly increases the nutritional value of the products consumed. Good compatibility of anthocyanin solutions with milk and sour cream has been shown. The introduction of small amounts of citric acid or baking soda into anthocyanin solutions makes it possible to obtain dairy products with different intensities of color. To reduce the effect of dilution of milk when adding a solution of anthocyanins from red cabbage, it is proposed to pour boiling milk over finely chopped red cabbage. Multicolored jelly from dairy products with anthocyanin solutions could be obtained. An increase in antioxidants components may also occur.

Keywords: plant raw materials, anthocyanin solutions from red cabbage, blue violet flowers, blueberry berry skin, viburnum berry juice, environmental reaction, color intensity, coloring pigments of lactic acid products, antioxidants, plant polyphenol

Funding. No funding was received for writing this manuscript

For citation: Pakshver A. S., Gulkhandanyan E. M. Study of the influence of various factors on the intensity of coloring of anthocyanin solutions for the purpose of using these solutions as coloring substances of biomaterials. *Vestnik of NEFU*. 2025, Vol. 22, No. 4. Pp. 34–43. DOI: 10.25587/2222-5404-2025-22-4-34-43

Введение

Впервые Роберт Бойль в 1664 г. обнаружил, что под действием кислот синий цвет лепестков василька превращается в красный, а под действием щелочей – в зеленый. Немецкий биохимик Рихард Вильштеттер и его швейцарский коллега Артур Штоль в 1913–1915 гг. выделили из растений красящие пигменты – антоцианы и исследовали их свойства. Антоцианы представляют большой класс органических соединений – растительных полифенолов – природных пигментов. В зависимости от строения антоцианы окрашивают различные растения в красный, пурпурный, оранжевый, синий цвет. За эту работу в 1915 году Р. Вильштеттеру была присуждена Нобелевская премия по химии. В ходе дальнейших исследований выявили, что пурпурно-синее окрашивание характерно дельфинидину, оранжевое – пеларгонину, красно-виновое – цианидину [1]. В настоящий момент таких соединений насчитывается более пятисот, и количество их постоянно увеличивается за счет открытия новых соединений [2]. К наиболее известным антоцианам можно отнести цианидин, пеонидин, пеларгонидин, мальвидин, дельфинидин, петунидин. Богаты антоцианами ягоды: черники, голубики, клюквы, малины, черной смородины, вишни, калины, винограда красного. Достаточно антоцианов содержится в цветках фиалки синей. Много их в овощных культурах, например, в капусте красной, луке красном, коже баклажан и некоторых сортах картофеля [3].

Антоцианы являются прекрасными пигментами для окрашивания различных материалов и совершенно безвредны [4]. Кроме того, они широко применяются в практической медицине [5]. Антоцианы уменьшают воспалительные процессы в кишечнике [6], ягоды черники и фрукты, богатые антоцианами, применяют для профилактики и лечения диабета 2-го типа [7, 8]. Снижение риска развития артериальной гипертензии и сердечно-сосудистых заболеваний наблюдается при употреблении в пищу продуктов, богатых антоцианами [9, 10].

Основные направления исследований антоцианов в качестве компонентов функционального питания, а также потенциальные эффекты, способствующие укреплению здоровья, многогранны. Выявленные положительные эффекты подтверждены экспериментальными исследованиями и клиническими испытаниями. Все эти данные свидетельствуют о том, что регулярное употребление в пищу цветных съедобных плодов, обогащенных антоцианами, и продуктов их переработки способствует улучшению здоровья и качества жизни людей [11].

Цель работы – выяснение влияния различных факторов на окраску растворов антоцианов, полученных из капусты красной, цветков фиалки синей, из кожицы ягод голубики и сока калины. Исследование возможности применения растворов антоцианов для окрашивания различных биоматериалов, а также использования антоцианов в пищевой промышленности.

Материалы и методы исследования

Материалы: капуста красная (Капуста огородная, *Brassica oleracea* convar. *capitata rubra*, семейство капустные) (сорт Михневская), цветки фиалки синей (Сенполия, *Saintpaulia ionantha*), кожица ягод голубики (голубика – листопадный кустарник из рода *Vaccinium* семейства Вересковые, *Vaccinium uliginosum*) (сорт – Bluescop), ягоды калины (калина красная – листопадное древесное растение,

вид рода Калина семейства Калиновые, *Viburnum opulus*), мох лесной (вид мхов из рода Кукушкин лен обыкновенный, *Polýtrichum commune*), образцы натуральной кожи перед крашением, нити для вязания хлопчатобумажные (ХБ) и шерстяные, молоко пастеризованное, сметана 20%, желатин пищевой ГОСТ 11293 -89.

Реактивы: вода дистиллированная ТУ 2638-007-5260040-2005 (изменение №1 от 10 января 2022), кислота серная ТУ 2121-053—04001396-02, гидроксид натрия ГОСТ 4328 – 77, гидрокарбонат натрия ГОСТ 32802-2014 (сода пищевая), кислота уксусная ГОСТ Р 55982-2014, кислота лимонная ГОСТ 908-2004.

Лабораторное оборудование: весы аналитические ViBRA НТ 84СЕ, иономер ЭВ-74, однолучевой фотоколориметр КФО, хроматоскоп (лампы с ультрафиолетовым (УФ) излучением), лабораторная посуда.

Серию растворов с кислой и щелочной средой получали методом разбавления. Кислые растворы готовили из раствора серной кислоты с концентрацией 4,6 моль/л. Для этого отбирали мерной пипеткой 15 мл исходного раствора кислоты, помещали его в мерную колбу на 100 мл и доводили до метки дистиллированной водой. Из этой колбы вновь отбирали 15 мл раствора в колбу на 100 мл, доводили до метки водой. Таким образом, получали серию растворов с кислой средой, аналогичным образом получали растворы со щелочной средой из исходного раствора гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л. pH полученных растворов измеряли на приборе ЭВ-74 с помощью измерительного стеклянного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения [12]. Результаты приведены в табл.

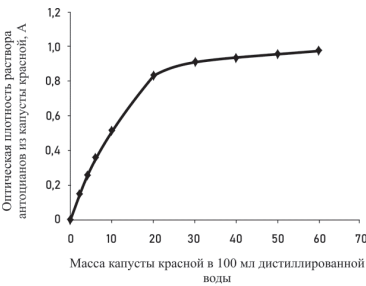
Таблица

pH кислых и щелочных растворов

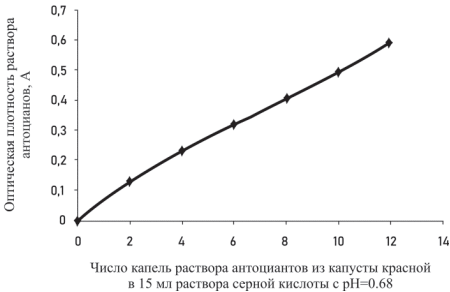
Table

pH of acidic and alkaline solutions

№	1	2	3	4	5	6 (H ₂ O)	7	8	9	10	11
pH	-0,96	-0,14	0,68	1,52	2,33	5,87	8,35	9,58	10,53	11,51	12,15



а) влияние массы капусты красной на интенсивность окраски раствора антоцианов в дистиллированной воде



б) влияние числа капель раствора антоцианов из капусты красной (60 г/на 100 мл H₂O) на интенсивность окраски раствора серной кислоты с pH= 0,68

Рис. 1. Изменение оптической плотности раствора антоцианов

- а) в зависимости от массы капусты красной (г) в 100 мл дистиллированной воды;
б) от разного количества раствора капусты красной (60 г/на 100 мл H₂O) в растворе серной кислоты с pH= 0,68

Fig. 1. Change in optical density of anthocyanin solution a) as a function of red cabbage mass (g) in 100 ml of distilled water; b) as a function of varying amounts of red cabbage solution (60 g per 100 ml H₂O) in sulfuric acid solution at pH= 0,68

Интенсивность окраски растворов антоцианов оценивали по изменению коэффициента светопропускания с переводом значений в оптическую плотность исследуемых растворов. Измерения коэффициента светопропускания растворов антоцианов проводили на синем светофильтре с длиной световой волны 415 нм на фотоколориметре [12].

Для выяснения условий проведения эксперимента с растворами антоцианов из капусты красной определяли массу капусты красной и количество раствора, необходимого для исследования. На рис. 1 приведены результаты проведенных испытаний.

Для исследований готовят раствор антоцианов из капусты красной. Берут 60 г мелко нарезанной капусты красной, заливают ее 100 мл кипящей дистиллированной воды. После остывания раствора до комнатной температуры его используют в дальнейшей работе. Как видно из рис. 1б, достаточно 6 капель раствора антоцианов из капусты красной для изменения оптической плотности раствора в проводимых исследованиях. Высушенные цветки фиалки помещают в исследуемые растворы на 2 часа перед измерением показателя коэффициента светопропускания. Приготовление раствора из кожицы голубики: кожицу голубики от 50 г ягод, заливают 100 мл кипящей дистиллированной воды после остывания, после которого раствор готов к работе. Сок ягод калины после фильтрации используют для исследования. В исследуемые растворы, как и в случае раствора антоцианов из капусты красной, вносят по 6 капель раствора антоцианов из кожицы ягод голубики и сока ягод калины.

Наблюдали за изменением оптической плотности исследуемых растворов антоцианов под воздействием различных факторов, таких как: реакция среды, влияние основности кислот при одинаковых значениях pH исследуемых растворов, а также выясняли стабильность растворов антоцианов под воздействием УФ-облучения.

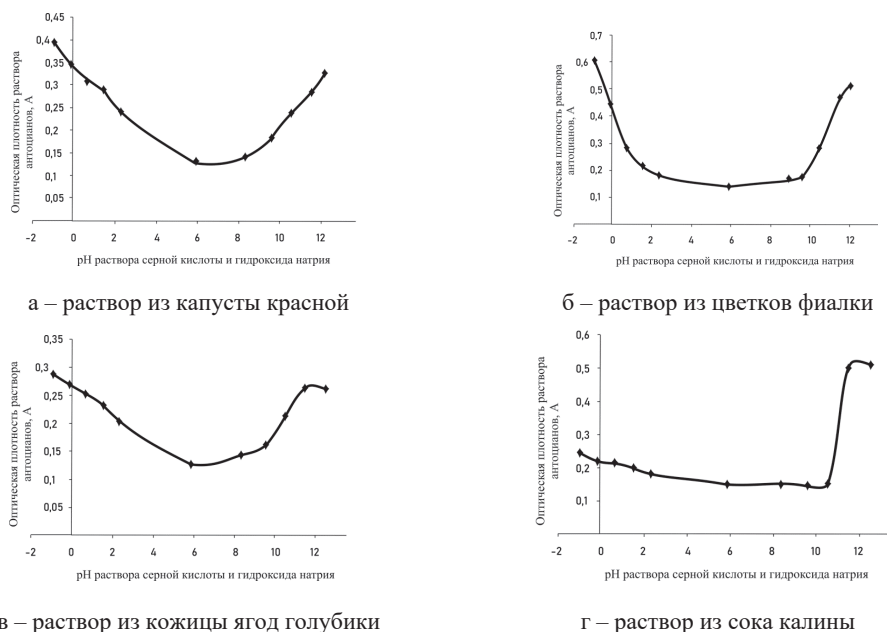


Рис. 2. Влияние реакции среды на интенсивность окраски растворов антоцианов

а – раствор из капусты красной; б – раствор из цветков фиалки синей;

в – раствор из кожицы ягод голубики; г – раствор из сока калины

Fig. 2. Effect of environmental reaction on the color intensity of anthocyanin solutions:

a) red cabbage solution; b) blue violet solution; c) blueberry skin solution; d) cranberry juice solution

Результаты

Для испытания готовили по 11 стаканчиков с растворами с различным значением pH, для этого в каждый стаканчик вносили по 15 мл кислых, нейтральных и щелочных растворов (номера растворов соответствуют номерам растворов в табл.).

На рис. 2 показано изменение оптической плотности растворов антоцианов в зависимости от реакции среды.

Как видно из рис. 2, для растворов из капусты красной, из цветков фиалки синей и кожицы ягод голубики оптическая плотность возрастает по сравнению с нейтральной средой как в кислой, так и в щелочной среде. Помимо этого, в щелочной среде изменяется и окраска растворов. Для растворов сока калины изменение окраски растворов и оптической плотности наблюдается в щелочных средах с pH более 10 (рис. 2 г).

В стаканчики внесено по 15 мл растворов примерно с одинаковым значением pH одноосновной уксусной кислоты, двухосновной серной кислоты и трехосновной лимонной кислоты. В каждый из растворов добавлено по 6 капель раствора антоцианов из капусты красной. В зависимости от pH раствора антоцианов наблюдается незначительное изменение оптической плотности растворов 0,237–0,248.

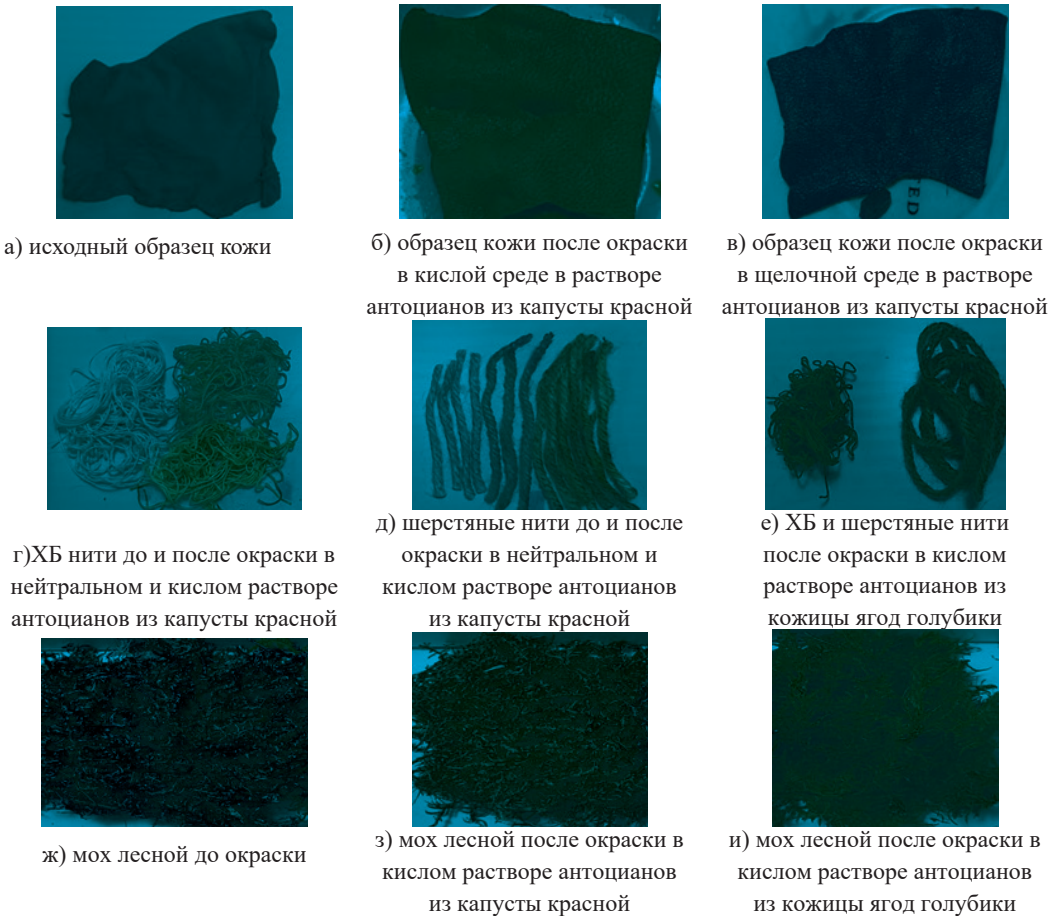


Рис. 3. Результаты окраски растворами антоцианов из капусты красной и из кожицы ягод голубики натуральной кожи, хлопчатобумажных и шерстяных нитей, мха

Fig. 3. Results of staining natural leather, cotton and wool threads, and moss with anthocyanin solutions from red cabbage and blueberry skin

В течение трех часов облучали УФ 200 мл подкисленного серной кислотой до $pH=0,68$ раствора антоцианов из капусты красной. Каждые 30 минут отбирали пробу на анализ для определения коэффициента светопропускания облучаемого раствора. За время эксперимента оптическая плотность раствора уменьшилась на незначительную величину с 0,603 до 0,575.

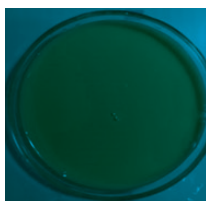
В качестве красящих пигментов применяли растворы антоцианов из капусты красной и кожицы ягод голубики для окраски натуральной кожи, хлопчатобумажных и шерстяных нитей, а также мха. Для окраски натуральной кожи опускали кусочки кожи после дубления на сутки в кислые и щелочные растворы антоцианов из капусты красной (рис. 3 а, б, в).

В течение суток окрашивали хлопчатобумажные и шерстяные нити (рис. 3 г, д, е), а также мох лесной (рис. 3 ж, з, и) растворами из капусты красной и кожицы ягод голубики.

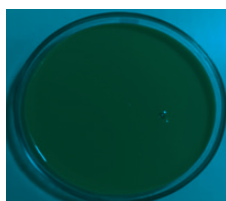
Как известно, растворы антоцианов являются хорошими антиоксидантами, поэтому внесение в такие пищевые продукты, как молоко или сметана, растворов антоцианов из капусты красной или из кожицы ягод голубики, несомненно, увеличивают полезную ценность употребляемых продуктов. Раствор антоцианов, подкисленный лимонной кислотой, нейтральный и с добавлением небольшого количества соды пищевой из капусты красной вносили в молоко, наблюдали при этом изменение окраски молока (рис. 4 а, б, в).

При добавлении растворов антоцианов из капусты красной к молоку происходит разбавление молока. В этой связи для уменьшения эффекта разбавления молока при внесении растворов антоцианов, 100 мл молока доводят до кипения и всыпают в кипящее молоко 60 г мелко нарезанной капусты красной. Получают молоко с полезными антоцианами без разбавления (рис. 4 д), с подкислением лимонной кислотой (рис. 4 г) и при внесении небольшого количества соды пищевой (рис. 4 е).

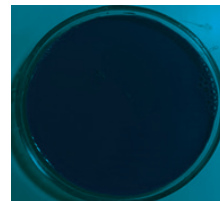
Молоко окрашивается при внесении в него раствора антоцианов из кожицы ягод голубики (рис. 4 з) по сравнению с окраской молока до добавления растворов антоцианов (рис. 4 ж).



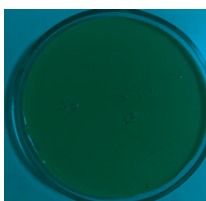
а) молоко с добавлением подкисленного раствора антоцианов из капусты красной



б) молоко с добавлением нейтрального раствора антоцианов из капусты красной



в) молоко с добавлением раствора антоцианов из капусты красной и небольшого количества соды пищевой



г) в кипящее молоко добавлена мелко нарезанная капуста красная и раствор подкислен лимонной кислотой



д) в кипящее молоко добавлена мелко нарезанная капуста красная



е) в кипящее молоко добавлена мелко нарезанная капуста красная и в раствор добавлена сода пищевая

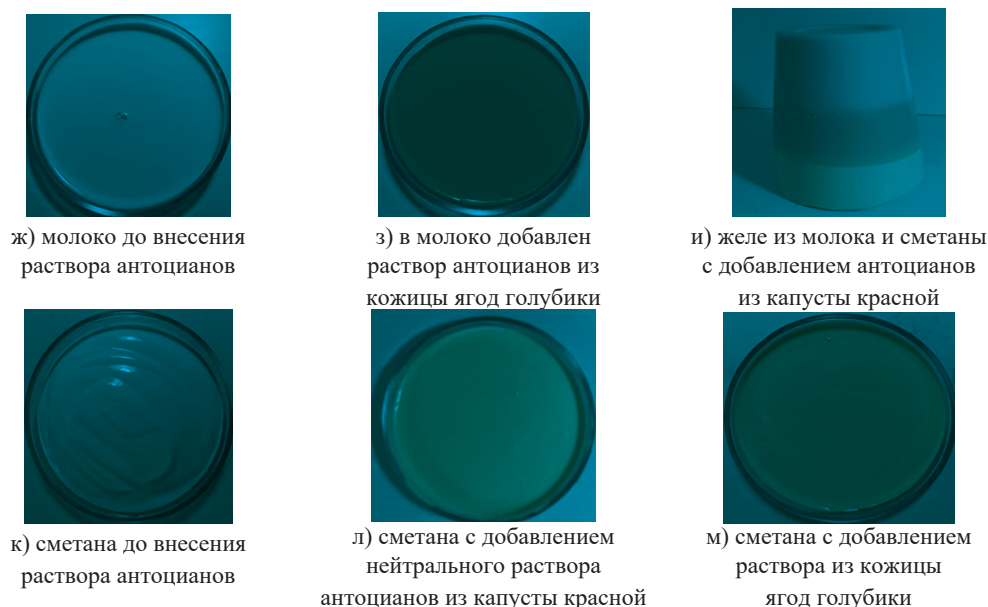


Рис. 4. Изменение окраски молока и сметаны при добавлении растворов антоцианов из капусты красной и из кожицы ягод голубики

Fig. 4. Color changes in milk and sour cream upon addition of anthocyanin solutions from red cabbage and blueberry skin

Для получения желе (рис. 4 и) заливают 2 столовые ложки желатина стаканом воды (200 мл) на 40–60 минут для набухания, затем нагревают на водяной бане емкость с желатином до полного его растворения. В 100 мл молока вливают 50 мл раствора желатина. После перемешивания раствор переливают в стаканчик от сметаны и оставляют в холодном месте до полного застывания. При формировании второго слоя 100 мл кипящего молока заливают 40 г мелко нарезанной капусты красной. Часть раствора оставляют для формирования следующего слоя из сметаны, в остальной раствор также вносят 50 мл раствора желатина. Второй раствор настилают на первый раствор и выдерживают в холодном месте до полного застывания. 100 мл сметаны подкрашивают до розового цвета раствором молока с антоцианами из капусты красной и вносят 50 мл раствора желатина. Окрашенную сметану с желатином заливают на второй слой и оставляют в холодном месте до полного застывания. Для извлечения желе стенки стаканчика разрезают ножницами. В результате получается молочный продукт богатый аминокислотами и антоцианами.

Окрашивание сметаны по сравнению с исходной окраской (рис. 4 к) происходит в присутствии нейтральных растворов антоцианов из капусты красной (рис. 4 л) и из кожицы ягод голубики (рис. 4 м).

Обсуждение

Исследованы растворы антоцианов, приготовленных из капусты красной, цветков фиалки синей, кожицы ягод голубики и сока из ягод калины. На интенсивность окраски растворов антоцианов оказывает влияние реакция среды. Во всех случаях, кроме сока из ягод калины, наблюдается одинаковая зависимость в сторону увеличения интенсивности окраски как в кислой, так и в щелочной среде, помимо этого в щелочной среде происходит изменение окраски раствора. При одинаковых значениях реакции среды на интенсивность окраски не оказывает влияние основность и природа кислот. Под воздействием УФ интенсивность окраски растворов антоцианов практически не изменяется.

Из рассмотренных растворов наибольший интерес представляют растворы антоцианов, приготовленных из капусты красной и кожицы ягод голубики. Растворы из цветков фиалки синей можно применять в качестве индикатора как кислой, так и щелочной среды при отсутствии растворов других индикаторов.

В качестве пигментов можно использовать растворы антоцианов, приготовленных из капусты красной и кожицы ягод голубики для окраски не только натуральной кожи, хлопчатобумажной и шерстяной пряжи, но также пищевых продуктов, таких как молоко или сметана. Окраска молока или сметаны не только придает им более привлекательный вид, но также увеличивает биодоступность антоцианов и повышает пищевую ценность потребляемых продуктов.

Заключение

Антоцианам постоянно уделяется повышенное внимание из-за благотворного влияния этого класса соединений на здоровье человека. При сравнении растворов антоцианов, полученных из капусты красной и кожицы ягод голубики, несомненно, на первом месте оказываются растворы антоцианов, полученных из капусты красной с экономической точки зрения. Так, на сегодняшний день 1 кг капусты красной стоит 65 рублей, а 1 кг голубики – 2000 рублей. Кроме этого, молоко с антоцианами из капусты красной отличается простотой приготовления и доступностью. Впервые предложены способы приготовления молока с антоцианами и многослойного разноцветного желе. Изменение соотношения молока и капусты красной, а также реакции среды приводит к появлению различных оттенков молочных продуктов и изделий из них.

Литература

1. Харламова О.А., Кафка Б.В. *Натуральные пищевые красители*. Москва: Пищевая промышленность; 1979:96.
2. Нечаев А.П., Болотов В.М., Сарафанова Л.А. *Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение*. Санкт-Петербург: ГИОРД; 2008:122.
3. Базарнова Ю.Г. *Биологически активные вещества дикорастущих растений и их применение в пищевых технологиях*. Санкт-Петербург: Профессия; 2016:239.
4. Толмачев И.А., Петренко Н.А. *Пигменты и их применение в красках*. Краткое руководство для инженера-технолога. Москва: Пэйнт-Медиа; 2012:104.
5. Колдаев В.М., Кропотов А.В. Антоцианы в практической медицине. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2021;(3):24-28.
6. Gil-Cardoso K, Ginés I, Pinent M, et al. Chronic supplementation with dietary proanthocyanidins protects from diet-induced intestinal alterations in obese rats. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017;02:209-238. DOI:10.1002/mnfr.201601039
7. Chehri A, Yarani R, Yousefi Z, et al. Phytochemical and pharmacological anti-diabetic properties of bilberries (*Vaccinium myrtillus*), recommendations for future studies. *Primary Care Diabetes*. 2022;16(1):27-33. DOI:10.1016/j.pcd.2021.12.017
8. Wedick NM, Pan A, Cassidy A, et al. Dietary flavonoid intakes and risk of type 2 diabetes in US men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2012;95(4):925-933. DOI:10.3945/ajcn.111.028894
9. Окуневиц И.В., Сапронов Н.С. Антиоксиданты: эффективность природных и синтетических соединений в комплексной терапии сердечно - сосудистых заболеваний. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2004;3(3):2-17.
10. Яшин Я.И., Яшин А.Я. *Природные антиоксиданты – защита человека от опасных болезней*. Москва: Транслит; 2020:96.
11. Юдина Р.С., Гордеева Е.И., Шоева О.Ю. и др. Антоцианы как компоненты функционального питания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(2):178-189. DOI 10.18699/VJ21.022
12. Гюльханданьян Е.М. *Теоретические и практические основы аналитической химии: физико-химические методы анализа*. Тверь: Тверской государственный университет; 2014:156.

References

1. Kharlamova OA, Kafka BV. *Natural food dyes*. Moscow: Publishing House “Food Industry”; 1979:96 (in Russian).
2. Nechaev AP, Bolotov VM, Sarafanova LA. *Food dyes: classification, properties, analysis, application*. St. Petersburg: Publishing House “GIORD”; 2008:122 (in Russian).
3. Bazarnova YG. *Biologically active substances of wild plants and their application in food technologies*. St. Petersburg: Publishing House “Professija”; 2016:239 (in Russian).

4. Tolmachev IA, Petrenko NA. *Pigments and their application in paints*. A short guide for a process engineer. Moscow: Publishing House "Paint-Media"; 2012:104 (in Russian).
5. Koldaev VM, Kropotov AV. Anthocyanins in practical medicine. *Pacific Medical Journal*. 2021;3:24-28 (in Russian).
6. Gil-Cardoso K, Ginés I, Pinent M, et al. Chronic supplementation with dietary proanthocyanidins protects from diet-induced intestinal alterations in obese rats. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017;02:209-238. (in English) DOI:10.1002/mnfr.201601039
7. Chehri A, Yarani R, Yousefi Z, et al. Phytochemical and pharmacological anti-diabetic properties of bilberries (*Vaccinium myrtillus*), recommendations for future studies. *Primary Care Diabetes*. 2022;16(1):27-33. (in English) DOI:10.1016/j.pcd.2021.12.017
8. Wedick NM, Pan A, Cassidy A, et al. Dietary flavonoid intakes and risk of type 2 diabetes in US men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2012;95(4):925-933. (in English) DOI:10.3945/ajcn.111.028894
9. Okunevich IV, Sapronov NS. Antioxidants: the effectiveness of natural and synthetic compounds in the complex therapy of cardiovascular diseases. *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy*. 2004;3(3):2-17 (in Russian).
10. Yashin YaI, Yashin AY. *Natural antioxidants – human protection from dangerous diseases*. Moscow: Publishing House "Translit"; 2020:96 (in Russian).
11. Yudina RS, Gordeeva EI, Shoeva OYu, et al. Anthocyanins as functional food components. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(2):178-189 (in Russian). DOI 10.18699/VJ21.022
12. Gyulkhandanyan EM. *Theoretical and practical foundations of analytical chemistry: Physical and chemical methods of analysis*. Tver: Tver State University; 2014:156 (in Russian).

Об авторах

ПАКШВЕР Анна Сергеевна – к. т. н., доцент кафедры общих дисциплин, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Чукотский филиал, г. Анадырь, Российская Федерация, <https://orcid.org/0000-0002-5135-615X>, e-mail: as.pakshver@s-vfu.ru

ГЮЛЬХАНДАНЬЯН Елена Михайловна – к. т. н., доцент кафедры общих дисциплин, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» Чукотский филиал, г. Анадырь, Российская Федерация, <https://orcid.org/0009-0006-8900-1772>, e-mail: elena-gyul@yandex.ru

About the authors

Anna S. PAKSHVER – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Department of General Disciplines, Chukotka branch of the M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Anadyr, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5135-615X>, e-mail: as.pakshver@s-vfu.ru

Elena M. GYULKHANDANYAN – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Department of General Disciplines, Chukotka branch of the M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Anadyr, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0006-8900-1772>, e-mail: elena-gyul@yandex.ru

Вклад авторов

Пакишвер А. С. – разработка концепции, ресурсное обеспечение исследования, создание черновика рукописи, руководство исследованием

Гюльханданьян Е. М. – методология, верификация данных, проведение исследования, редактирование рукописи, администрирование проекта

Authors' contribution

Anna S. Pakshver – conceptualization, resources, writing – original draft, supervision

Elena M. Gyulkhandanyan – methodology, validation, investigation, writing – review & editing, project administration

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interest

Поступила в редакцию / Received 28.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 02.07.2025

Принята к публикации / Accepted 08.09.2025