

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>
УДК 663.86:664.292

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕКТИНА НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЯЗКОСТИ И ОКРАСКИ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

М. Ю. Кукин 

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55

Дата поступления в редакцию: 12.04.2018
Дата принятия в печать: 22.06.2018

e-mail: vniiipakk55@mail.ru



© М. Ю. Кукин, 2018

Аннотация. Производство пищевых продуктов, содержащих такие функциональные ингредиенты, как пектин и антоцианы, является на сегодняшний день особенно актуальным. Цель работы заключалась в изучении влияния высокоэтерифицированного пектина из яблок в дозировке 0,3 % на изменение вязкости и окраски напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя, яблочного сока и сахарного колера IV в процессе хранения в отсутствие света при температуре $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ в течение 180 суток. Оптическую плотность измеряли спектрофотометрическим методом при длине волны от 350 до 700 нм. В приготовленных напитках массовую долю сухих веществ доводили сахарозой до $(10,1 \pm 0,7)\%$, pH для напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя доводили до 3,0, а для напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV – до 3,5. Показано, что пектин существенно не влияет на сохранность окраски напитков на основе вишневого сока и полученного из черной моркови антоцианового красителя, а антоциановый краситель из черной моркови более устойчив при хранении, чем краситель, содержащийся в вишневом соке. Цвет напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV без пектина при хранении почти не меняется. В видимой области спектра они имеют монотонный график изменения оптической плотности, и пектин вносит существенный вклад в итоговую окраску. Установлено, что за 180 суток хранения кинематическая вязкость напитков с пектином уменьшилась не более чем на 12 %, что свидетельствует о высокой сохранности пектина. По результатам исследований сделан вывод о том, что использование пектина для сохранения окраски напитков с натуральными красителями нецелесообразно. Имеет смысл использовать пектин с целью придания напиткам функциональных свойств, а также увеличения их вязкости и стабильности.

Ключевые слова. Пектин, напитки, хранение, вязкость, окраска, натуральные красители, антоцианы

Для цитирования: Кукин, М. Ю. Изучение влияния пектина на изменение вязкости и окраски напитков на основе натуральных красителей в процессе хранения / М. Ю. Кукин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 73–81. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>.

THE STUDY OF PECTIN INFLUENCE ON THE CHANGE IN VISCOSITY AND COLOR OF BEVERAGES WITH NATURAL COLOURANTS DURING STORAGE

M.Yu. Kukin 

All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., Saint Petersburg, 191014, Russia

Received: 12.04.2018
Accepted: 22.06.2018

e-mail: vniiipakk55@mail.ru



© M.Yu. Kukin, 2018

Abstract. Production of functional foods containing such functional ingredients as pectin and anthocyanins is particularly important nowadays. The goal of the given research was to study the effect of high esterified pectin obtained from apples at a dosage of 0.3% on the changes of viscosity and color of drinks based on cherry juice and anthocyanin colourant obtained from black carrot, apple juice and sugar color IV during storage in a dark place at $22 \pm 3^\circ\text{C}$ for 180 days. Optical density was measured using spectrophotometric method at a wavelength of 350 to 700 nm. Mass fraction of solid matter was adjusted using sucrose to reach $10.1 \pm 0.7\%$, pH for drinks based on cherry juice and anthocyanin colourant obtained from black carrot was adjusted to reach 3.0, and for drinks based on apple juice and sugar color IV – to reach 3.5 in the prepared beverages. The author shows that pectin does not have any significant effect on colour retention in drinks based on cherry juice and anthocyanin obtained from black carrot, and that anthocyanin colourant from black carrots is more stable during storage than the colourant that cherry juice contains. The color of the drinks based on apple juice and sugar color IV without pectin remains almost the same during storage. In the visible spectrum

region they have a monotonous graph of the change in optical density, and pectin makes a significant contribution to the final color. It is established that for 180 days of storage kinematic viscosity of the beverages with pectin decreased not more than 12%, that indicates a high level of pectin preservation. According to the results of the research, the author makes a conclusion that the use of pectin to preserve the color of beverages with natural colourants is not practical. It makes sense to use pectin in order to give the beverages functional properties, as well as to increase their viscosity and stability.

Keywords. Pectin, beverages, storage, viscosity, color, natural colourants, anthocyanins

For citation: Kukin M.Yu. The study of pectin influence on the change in viscosity and color of beverages with natural colourants during storage. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 73–81 <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-73-81>.

Введение

Наряду с ароматом, вкусом и текстурой цвет является одной из важнейших характеристик качества пищи. Он позволяет отличать свежие продукты от несвежих, добавляет привлекательности и значительно влияет на выбор продукта. Вследствие осознания биологических опасностей и потенциальных побочных эффектов химических веществ, входящих в состав ненатуральных красителей, растет потребительский спрос на экологически чистые продукты питания. Одной из тенденций развития пищевой промышленности является увеличение использования натуральных пищевых красителей (пигментов) вместо синтетических.

Доктрина продовольственной безопасности страны в качестве одной из приоритетных задач определила формирование в РФ индустрии здорового питания и увеличение производства обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов. Доказан положительный эффект, оказываемый гидроколлоидами и значительной частью натуральных красителей на здоровье человека. Производство продуктов питания, не только удовлетворяющих потребности человека, но и имеющих определенную пищевую ценность, является на сегодняшний день особенно актуальным.

К настоящему времени расширяется ассортимент окрашенных натуральными красителями функциональных напитков, содержащих растворимые пищевые волокна в обогащающих дозировках. Значительное количество современных публикаций посвящено изучению напитков, содержащих пектин, в том числе имеется ряд сообщений о его стабилизирующих свойствах в отношении окраски и консистенции. Научная новизна настоящей работы заключается в том, что, хотя процессы взаимодействия антоциановых красителей с пектином освещаются в литературе достаточно широко, впервые публикуемые данные по изменению вязкости напитков, содержащих пектин, а также по сохраняемости пектина в напитках получены с достаточной точностью для того, чтобы как прогнозировать характер изменения физико-химических свойств напитков, так и оценивать характер и изменение степени влияния пектина на свойства антоциановых красителей в процессе длительного хранения. Практическая значимость настоящего исследования заключается в том, что рассматриваемые модельные напитки по содержанию красителей, сахара и pH среды

приближены к товарным, а результаты работы содержат точные количественные данные о сохраняемости как окраски напитков, так и пектина в процессе хранения. Эта информация может быть особенно полезна для пищевой промышленности при разработке продуктов с натуральными красителями и прогнозировании их сроков годности.

За красный, синий и фиолетовый цвет растительного сырья отвечают антоцианы, представляющие собой группу природных фенольных соединений. Антоцианы являются одним из наиболее часто используемых натуральных ингредиентов благодаря своему привлекательному цвету и широкому спектру биологических свойств. Они обладают антиоксидантным и противовоспалительным эффектами, способствуют снижению риска возникновения неврологических и сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета и ожирения [1–3]. Успешное применение антоциановых красителей в значительной степени сдерживается их относительно низкой стабильностью по сравнению с синтетическими красителями. Большое внимание в литературе уделено изучению влияния внешних факторов (pH, температуры, света и кислорода) и взаимодействию с пищевыми ингредиентами, такими как сахара, аскорбиновая кислота и ферменты, на устойчивость антоцианов [1, 4–6]. Напротив, взаимодействие антоцианов с гидроколлоидами исследовано недостаточно.

При изучении влияния различных полисахаридов и сахаров на окраску антоцианов С. Е. Lewis с соавторами обнаружили, что интенсивность цвета (поглощение), но не длина волны, соответствующая максимуму спектра поглощения растворов различных антоцианов, уменьшается в присутствии амилозы, амилопектина, альфа- и бета-циклодекстринов, тогда как глюкоза, мальтоза и сахароза вызывают увеличение интенсивности цвета. При pH 4,0 эти изменения были более заметными, чем при pH 2,0. При увеличении pH также зафиксирован батохромный сдвиг (увеличение длины волны, соответствующей максимуму поглощения). Влияние пектина на изменение интенсивности цвета было незначительным [7]. N. Bordenave с соавторами установили, что флавоноиды более склонны к химическим превращениям, таким как окислительная деградация, при pH выше 5 [8]. По результатам исследований, выполненных А. Fernandes с соавторами, в кислой среде для пектина наблюдается более сильное взаимодействие

с дельфинидин-3-О-глюкозидом, чем с цианидин-3-О-глюкозидом (для гемикетальной формы), что согласуется с теоретическими исследованиями [6].

В растительном сырье обычно содержится относительно большое количество аскорбиновой кислоты. J. A. Hernández-Herrero и J. Li с соавторами [9, 10] установили, что в пищевых продуктах она ускоряет деградацию антоциановых красителей. Это необходимо учитывать при создании продуктов, предназначенных для длительного хранения.

Так, в работе С. Chung и др. [11] изучено влияние гуммиарабика на стабильность растворов (рН 3,0) полученного из черной моркови антоцианового красителя в присутствии аскорбиновой кислоты при хранении на свету в течение пяти дней при температуре 40 °С. Внесение гуммиарабика в дозировке 1,5 % увеличивает период полураспада красителя с 2,24 до 5,25 дней. Дальнейшее увеличение дозировки (из-за изменения конформации молекул гуммиарабика) снижает сохранность антоцианов.

Деградация антоцианового красителя приводит к затуханию его цвета и потере биоактивности. С. Chung с соавторами [12] установили, что в условиях эксперимента свежесловичный и цитрусовый пектин в дозировке 1 % позволяют сохранить приблизительно по 40 % от первоначальной оптической плотности напитков. Термически денатурированный изолят сывороточного белка в дозировке 1 % обеспечивает сохранность приблизительно 70 %. В напитках без внесения стабилизирующих компонентов оптическая плотность составила 20 % от первоначальной.

М. Holzwarth с соавторами [13] утверждают, что при хранении в темном месте в течение 6 месяцев при температуре 20 °С различные виды пектина недостаточно эффективно защищают антоциановый краситель от разрушения. При анализе представленных данных выявлена недостаточная корреляция между степенью этерификации и амидирования пектина, а также источником сырья для его получения и сохранностью антоцианового красителя в джемах и спредах.

В работе [14] М. А. Roiana и соавторы делают вывод о том, что сохранение биоактивных соединений и окраски джемов из черной смородины зависит от типа пектина и его дозировки. Эффективность падает в ряду: амидированный, низкоэтерифицированный, высокоэтерифицированный пектин. Для дозировок от 0,3 до 1,0 % разница в сохранности цвета для различных типов пектина составляет не более 18 %.

Г. Е. Ibrahim с соавторами [15] показано, что добавление пектина к неосветленному яблочному соку стабилизирует его мутность и вязкость. При хранении сока в течение 14 дней при температуре 4 °С пектин в дозировке 0,3 % увеличил стабильность замутнения с 18 до 42 %, а при температуре 25 °С, соответственно, с 14 до 38 %. Фенольные соединения влияют не только на цвет, но также на горечь и терпкость яблочного сока. При

25 °С деградация фенолов уменьшилась с 67 % (без пектина) до 33 % (0,3 % пектина).

В различных работах влияние пектинов на повышение стабильности антоцианов оценивается по-разному, но даже при сопоставимых условиях (вид пектина, источник антоцианов, условия хранения и др.) нет единого мнения о степени их влияния. Вероятно, это связано с особенностями отдельных образцов антоциановых красителей и нюансами в постановке экспериментов у различных исследователей.

Целью настоящей работы является изучение влияния полученного из яблок высокоэтерифицированного пектина на изменение вязкости и окраски напитков на основе вишневого и яблочного соков, а также антоцианового красителя и сахарного колера в процессе длительного хранения при комнатной температуре.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись пектин из яблок и технологические процессы изготовления обогащенных пектином сокодержавших напитков и напитков на основе натуральных красителей. При этом изучалось изменение их вязкости и окраски в процессе хранения. Об устойчивости красителей судили по изменению оптической плотности напитков.

Кинематическую вязкость определяли на капиллярном вискозиметре «ВПЖ-2» при температуре (25 ± 0,5) °С.

Определение рН проводили комбинированным электродом «ЭСК-10601/7» на портативном рН-метре марки «рН-410» с подключенным термокомпенсатором.

Оптическую плотность измеряли на сканирующем двухлучевом спектрофотометре Shimadzu UV-1800 с шагом 0,5 нм.

Массовую долю сухих веществ в напитках определяли рефрактометрическим (на рефрактометре «ИРФ-454БМ») и термogravиметрическим методами.

Использовали полученный из яблок высокоэтерифицированный пектин с гелеобразующей способностью 150 USA SAG, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к пищевой добавке E440 [16, 17].

Были приготовлены напитки на основе вишневого сока и соответствующего ему по цвету и химической природе антоцианового красителя (экстракт черной моркови «Black Carrot Extract 30» ENDEMIX), а также на основе яблочного сока «Rich 100 %» и соответствующего ему по цвету, но не по химической природе, натурального сахарного колера IV (E150 d). Вишневый сок был получен из замороженной вишни (хроматографическая проверка не выявила присутствие в данном образце вишни синтетических красителей). Для предотвращения гидролиза содержащегося в вишне протопектина и перехода пектина в сок была применена холодная экстракция. В промышленно выпускаемых осветленных соках, таких как

«Rich 100 %», не содержится пектин, что позволяет достоверно оценить действие дополнительно вносимого пектина.

Рецептуры сокосодержащих напитков подбирались исходя из их органолептических характеристик, а рецептуры напитков на основе натуральных красителей подбирались так, чтобы соответствовать сокосодержащим напиткам по pH (3,0 – для вишни и 3,5 – для яблока), цветности и массовой доле сухих веществ. Сахар в напитки добавляли с целью более точного моделирования процесса, поскольку известно, что он может влиять на устойчивость антоциановых красителей [18]. Требуемое значение pH устанавливали прибавлением растворов гидроксида натрия и лимонной кислоты. Пектин вносили в виде раствора. Использовали дистиллированную воду. Рецептуры напитков на основе натуральных соков и соответствующих им по цвету натуральных пищевых красителей представлены в табл. 1. Напитки нагревали на кипящей водяной бане до температуры 85 °С, горячими разливали в подготовленную тару, герметично закрывали и хранили в темном месте при температуре от

(22 ± 3) °С. Было приготовлено 40 образцов (по 5 образцов для каждой рецептуры напитка).

Вишневые напитки и напитки с антоциановым красителем при толщине слоя 10 мм (стандартная кювета для спектрофотометра) имели интенсивную окраску, поэтому перед определением оптической плотности их разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:10 (яблочные напитки и напитки с сахарным колером IV не разбавляли).

Результаты и их обсуждение

Антоциановый краситель и сахарный колер IV являются натуральными красителями. Красный цвет вишни обусловлен именно антоциановым красителем. На рис. 1 и 2 представлены зависимости оптической плотности вишневого напитка с пектином, а также напитка с антоциановым красителем и пектином от длины волны и продолжительности хранения. На графиках видно, как по мере увеличения продолжительности хранения уменьшается оптическая плотность напитка. Это наиболее заметно при длине волны, соответствующей максимуму спектра поглощения.

Таблица 1 – Рецептуры напитков на основе натуральных соков и соответствующих им натуральных пищевых красителей (на 100 г)

Table 1 – The recipes of beverages based on natural juices and natural food colourants corresponding to them (per 100g)

№ п/п	Вишня без косточек, г	Экстракт черной моркови, мг	Яблочный сок «Rich 100 %», г	Сахарный колер IV E150 d, мг	Сахар-песок, г	Пектин, г	Итого сухих веществ, г на 100 г напитка
1	33,3	–	–	–	5,0	–	9,5
2	33,3	–	–	–	5,0	0,3	9,8
3	–	250	–	–	9,3	–	9,4
4	–	250	–	–	9,3	0,3	9,7
5	–	–	90,0	–	–	–	10,4
6	–	–	90,0	–	–	0,3	10,7
7	–	–	–	17,2	10,4	–	10,5
8	–	–	–	17,2	10,4	0,3	10,8

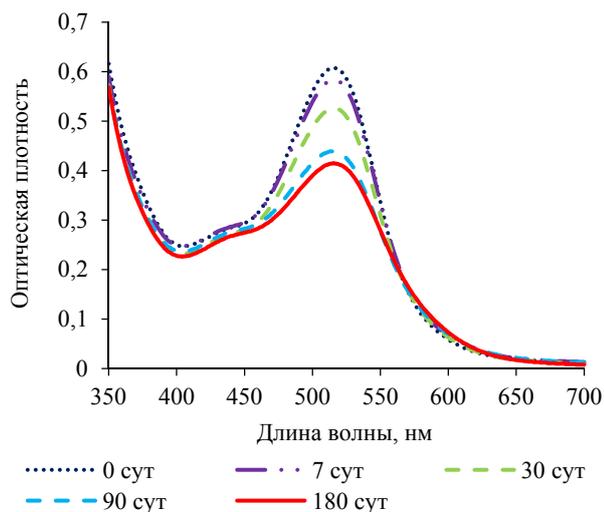


Рисунок 1 – Зависимость оптической плотности вишневого напитка с пектином (рецептура № 2) от длины волны и продолжительности хранения (разбавление 1:10)

Figure 1 – Dependence of optical density of cherry juice containing pectin (Recipe No. 2) on the wave length and storage period (dilution ratio 1:10)

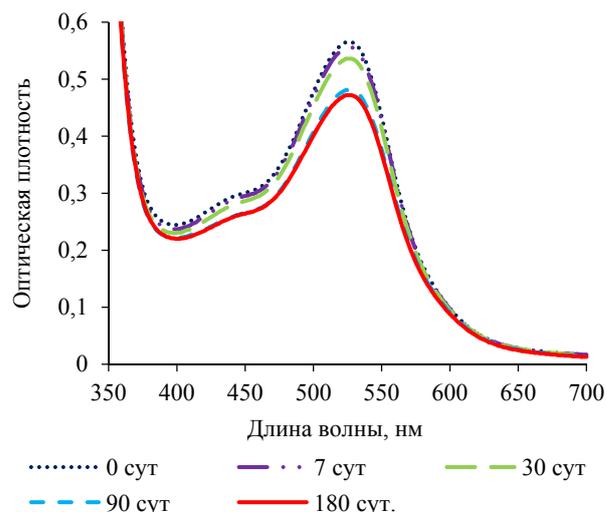


Рисунок 2 – Зависимость оптической плотности напитка с антоциановым красителем и пектином (рецептура № 4) от длины волны и продолжительности хранения (разбавление 1:10)

Figure 2 – Dependence of optical density of the beverage with anthocyanin colourant and pectin (Recipe No. 4) on the wave length and storage period (dilution ratio 1:10)

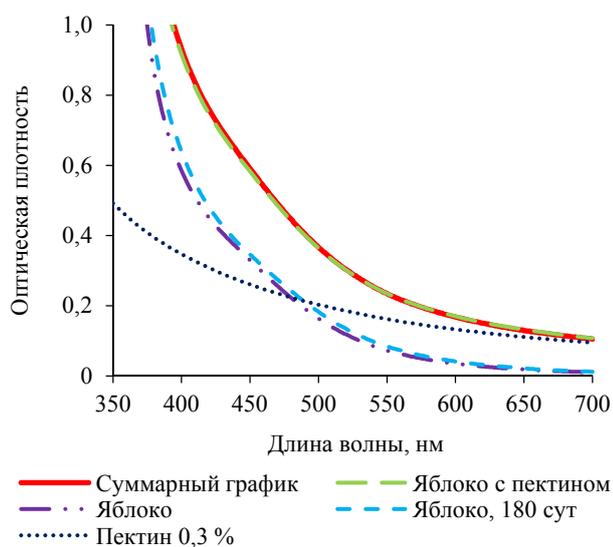


Рисунок 3 – Влияние пектина на изменение оптической плотности яблочных напитков (рецептуры № 5 и № 6)

Figure 3 – Influence of pectin on changes in optical density of apple beverages (Recipes No. 5 and 6)

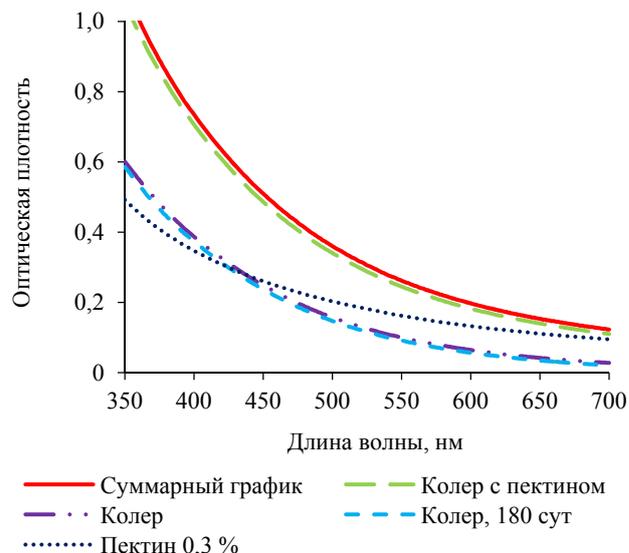


Рисунок 4 – Влияние пектина на изменение оптической плотности напитков с сахарным колером (рецептуры № 7 и № 8)

Figure 4 – Influence of pectin on changes in optical density of the beverages with sugar color (Recipes No. 7 and 8)

Графики, представленные на рис. 1 и 2, имеют почти одинаковую форму, что указывает на близость содержащегося в вишне антоцианового красителя к антоциановому красителю, полученному из черной моркови. Однако длина волны, соответствующая максимуму спектра поглощения, при pH 3,0 для вишни составляет $(515,3 \pm 0,7)$ нм, а для черной моркови – $(526,5 \pm 0,5)$ нм, что указывает на небольшую разницу в их оттенках при данном значении pH. Продолжительность хранения, а также наличие либо отсутствие пектина не оказывают существенного влияния на длину волны, соответствующую максимуму спектра поглощения вишневого напитка ($\pm 0,7$ нм) и напитка на основе экстракта черной моркови ($\pm 0,5$ нм), следовательно, в процессе хранения оттенок этих напитков не меняется. Вклад пектина в итоговую окраску этих напитков незначителен и им можно пренебречь.

Сахарный колер IV и содержащийся в яблоках пигмент принадлежат к разным группам красителей, но в видимой области спектра они оба имеют монотонный график изменения оптической плотности. Пектин вносит существенный вклад в итоговую окраску этих напитков. В видимой области спектра оптическая плотность напитков без пектина (рецептуры № 5 и № 7) в течение 180 суток хранения изменилась не более чем на 0,02. На рис. 3 показан вклад, вносимый пектином в итоговую окраску яблочных напитков. Суммарный график был получен путем автоматического сложения в программе MS Excel значений оптической плотности яблочного напитка без пектина (рецептура № 5) и чистого водного раствора пектина с массовой долей 0,3 %. Этот график почти полностью совпадает с графиком для яблочного напитка с пектином (рецептура № 6).

Вклад, вносимый пектином в итоговую окраску напитков с сахарным колером IV, показан на рис. 4.

Суммарный график почти полностью совпадает с графиком для напитка с сахарным колером и пектином (№ 8).

Сопоставив данные, представленные на рис. 3 и 4, можно сделать вывод о том, что пектин вносит заметный вклад в итоговую окраску напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV, но он не влияет на сохранность красящих веществ этих напитков в процессе хранения. Решающим фактором является обесцвечивание самого пектина.

Для напитков на основе вишневого сока и антоцианового красителя с пектином и без пектина обобщенные данные по зависимости оптической плотности, соответствующей максимуму спектра поглощения, от продолжительности хранения напитков представлены на рис. 5. Из этих графиков следует, что пектин не оказывает существенного влияния на сохранность окраски таких напитков в процессе хранения (разность между оптической плотностью напитка с пектином и без пектина в начальный момент и после 180 суток хранения примерно одинакова). Оптическая плотность для напитков с экстрактом черной моркови в процессе хранения снижается в меньшей степени, чем для вишневых напитков, следовательно антоциановый краситель из черной моркови более устойчив при хранении, чем краситель, содержащийся в вишневом соке. В отличие от напитков на основе яблочного сока и сахарного колера, вклад пектина в итоговую окраску вишневого напитка и напитка с экстрактом черной моркови незначителен.

Обобщенные данные по зависимости оптической плотности напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV от продолжительности хранения представлены на рис. 6 при длине волны 500 нм.

В процессе хранения напитков без пектина оптическая плотность яблочного напитка при длине волны 500 нм увеличилась на 0,02, что, вероятно,

связано с неферментативным потемнением, а для напитка с сахарным колером – уменьшилась на 0,01. В целом такое изменение окраски можно считать незначительным и не требующим введения в напиток компонентов, стабилизирующих окраску.

На протяжении всего срока годности напиток должен сохранять не только свой цвет, но и консистенцию, поэтому было изучено влияние высокоэтерифицированного пектина из яблок на изменение вязкости напитков в процессе хранения.

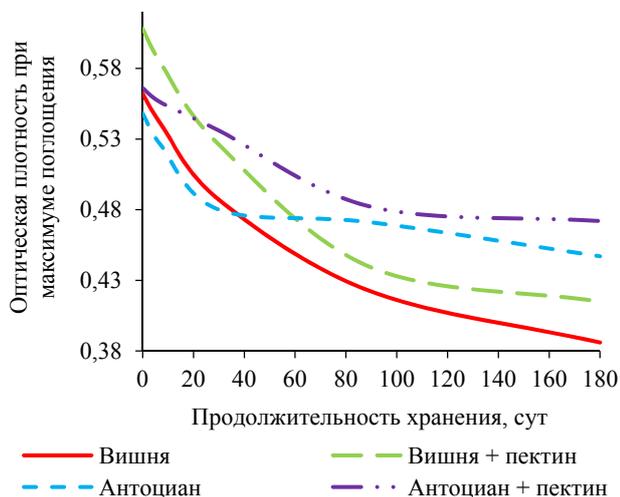


Рисунок 5 – Зависимость оптической плотности, соответствующей максимуму спектра поглощения, от продолжительности хранения напитков на основе вишневого сока и антоцианового красителя с пектином и без пектина (рецептуры № 1–4; разбавление 1:10)

Figure 5 – Dependence of optical density, corresponding to the maximum of absorption spectrum, on storage period of the beverages based on cherry juice and anthocyanin colourant with and without pectin (Recipes No. 1–4; dilution ratio 1:10)

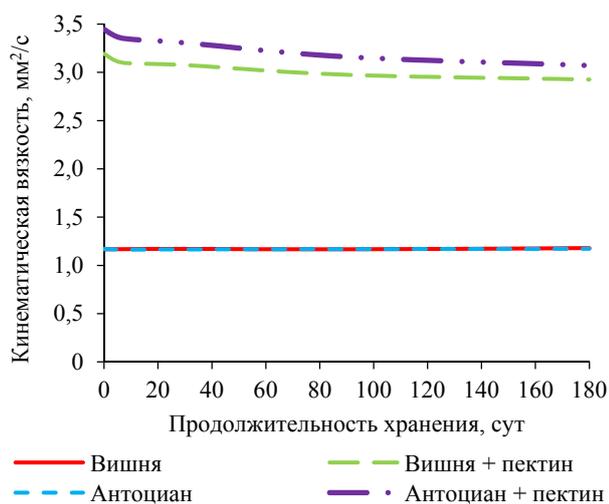


Рисунок 7 – Влияние пектина на изменение кинематической вязкости напитков на основе вишневого сока (рецептура № 1) и антоцианового красителя (рецептура № 3) без пектина и, соответственно, с пектином (рецептуры № 2 и № 4) в зависимости от продолжительности хранения

Figure 7 – Influence of pectin on changes in kinetic viscosity of the beverages based on cherry juice (Recipe No. 1) and anthocyanin colourant (Recipe No. 3) without pectin and, accordingly, with pectin (recipes No. 2 and No. 4) depending on storage period

Для напитков с пектином изменение вязкости само по себе имеет большое значение, но также оно позволяет судить об устойчивости (сохранности) введенного пектина в процессе хранения. Зависимость кинематической вязкости напитков на основе вишневого и яблочного соков, антоцианового красителя и сахарного колера IV с пектином и без пектина от продолжительности хранения представлена на рис. 7 и 8.

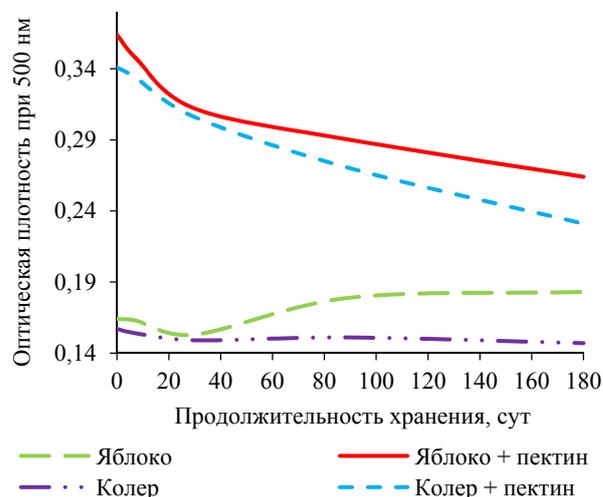


Рисунок 6 – Зависимость оптической плотности при длине волны 500 нм от продолжительности хранения напитков на основе яблочного сока и сахарного колера IV с пектином и без пектина (рецептуры № 5–8)

Figure 6 – Dependence of optical density at wave length 500nm on storage period of the beverages based on apple juice and sugar colourant IV with and without pectin (Recipes No. 5–8)

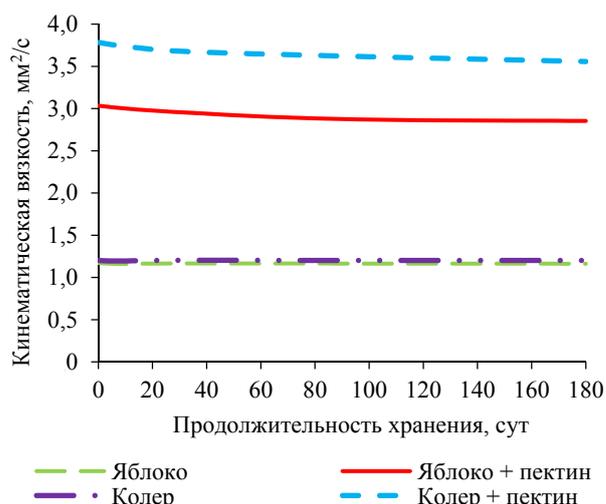


Рисунок 8 – Влияние пектина на изменение кинематической вязкости напитков на основе яблочного сока (рецептура № 5) и сахарного колера (рецептура № 7) без пектина и, соответственно, с пектином (рецептуры № 6 и № 8) в зависимости от продолжительности хранения

Figure 8 – Influence of pectin on changes in kinetic viscosity of the beverages based on apple juice (Recipe No. 5) and sugar colourant (Recipe No. 7) without pectin and, accordingly, with pectin (Recipes No. 6 and No. 8) depending on storage period

Из представленных на рис. 7 и 8 графиков следует, что за 180 суток хранения вязкость напитков с пектином уменьшилась не более чем на 12 %, что свидетельствует о высокой сохранности пектина. Несмотря на то, что массовая доля сухих веществ и pH сокодержательных напитков соответствовали таковым у модельных напитков с красителями, их вязкость была несколько ниже, чем у модельных напитков (в среднем на 0,5 мм²/с), что, вероятно, обусловлено взаимодействием компонентов сока с введенным пектином. Кинематическая вязкость напитков без пектина (рецептуры № 1, № 3, № 5 и № 7) в процессе хранения не изменилась и составила от 1,16 до 1,20 мм²/с.

Выводы

В результате обобщения представленных результатов был сделан вывод о том, что введение пектина в рассматриваемые напитки с целью стабилизации их окраски в процессе хранения

нецелесообразно, поскольку пектин не оказывает заметного влияния на сохранность натуральных красящих веществ. Дегустационная оценка показала, что в дозировке 0,3 % пектин не оказывает существенного влияния на потребительские свойства напитков. Согласно рекомендуемым уровням потребления пищевых и биологически активных веществ адекватный уровень потребления пектина составляет 2 г/сут [19], что, согласно принципам обогащения пищевых продуктов, соответствует для безалкогольных напитков дозировке пектина от 0,1 до 0,3 % [20] и позволяет считать использованную дозировку 0,3 % обогащающей. Пектин является функциональным ингредиентом и в напитках длительное время сохраняет свои свойства, поэтому имеет смысл использовать его с целью придания напиткам функциональных свойств, а также увеличения их вязкости и стабильности (для мутных напитков).

Список литературы

1. Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by β -cyclodextrin copigmentation in a sport beverage / Y. Aguilera [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 212. – P. 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.022>.
2. Polyphenol-rich blackcurrant extract prevents inflammation in diet-induced obese mice / T. Benn [et al.] // The Journal of Nutritional Biochemistry. – 2014. – Vol. 25, № 10. – P. 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.05.008>.
3. Anthocyanins from fruit juices improve the antioxidant status of healthy young female volunteers without affecting anti-inflammatory parameters: results from the randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over ANTHONIA (Anthocyanins in Nutrition Investigation Alliance) study / S. Kuntz [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2014. – Vol. 112, iss. 6. – P. 925–936. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001482>.
4. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage / I. F. Perez-Ramirez [et al.] // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 172. – P. 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>.
5. Impact of pectin type on the storage stability of black currant (*Ribes nigrum* L.) anthocyanins in pectic model solutions / M. Buchweitz [et al.] // Food chemistry. – 2013. – Vol. 139 (1–4). – P. 1168–1178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.005>.
6. Understanding the molecular mechanism of anthocyanin binding to pectin / A. Fernandes [et al.] // Langmuir. – 2014. – Vol. 30 (28). – P. 8516–8527. <https://doi.org/10.1021/la501879w>.
7. Lewis, C. E. Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins / C. E. Lewis, J. R. L. Walker, J. E. Lancaster // Food Chemistry. – 1995. – Vol. 54, iss. 3. – P. 315–319. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00026-F](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00026-F).
8. Bordenave, N. Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods / N. Bordenave, B. R. Hamaker, M. G. Ferruzzi // Food & Function. – 2014. – Vol. 5 (1). – P. 18–34. <https://doi.org/10.1039/c3fo60263j>.
9. Hernandez-Herrero, J. A. Influence of rutin and ascorbic acid in colour, plum anthocyanins and antioxidant capacity stability in model juices / J. A. Hernandez-Herrero, M. J. Frutos // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 173. – P. 495–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.059>.
10. Degradation kinetics of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as affected by ascorbic acid / J. Li [et al.] // Food Science and Biotechnology. – 2014. – Vol. 23 (1). – P. 89–96. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0012-9>.
11. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum arabic addition / C. Chung [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 201. – P. 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>.
12. Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation / C. Chung [et al.] // Food Research International. – 2015. – Vol. 76. – P. 761–768. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.003>.
13. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads / M. Holzwarth [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 52, iss. 2. – P. 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.020>.
14. Assessing the effects of different pectins addition on color quality and antioxidant properties of blackberry jam / M. A. Poiana [et al.] // Chemistry Central Journal. – 2013. – Vol. 7 (1). – P. 121. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-121>.
15. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage / G. E. Ibrahim [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2011. – Vol. 25, iss. 1. – P. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.009>.
16. Combined Compendium of Food Additive Specifications. Vol. I, Vol. 4: Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in food additive specifications. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

17. Кукин, М. Ю. Усовершенствование технологии получения пектина из яблок / М. Ю. Кукин // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – № 2 (32). – С. 9–17.
18. Смирнов, Е. В. Пищевые красители. Справочник / Е. В. Смирнов. – СПб. : Профессия, 2009. – 346 с.
19. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – Введ. 02.07.2014. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. – 48 с.
20. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский ; под общ. ред. В. Б. Спиричева. – 2-е изд. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2005. – 548 с.

References

1. Aguilera Y., Mojica L., Rebollo-Hernanz M., et al. Black bean coats: New source of anthocyanins stabilized by β -cyclodextrin copigmentation in a sport beverage. *Food chemistry*, 2016, vol. 212, pp. 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.022>.
2. Benn T., Kim B., Park Y.K., et al. Polyphenol-rich blackcurrant extract prevents inflammation in diet-induced obese mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2014, vol. 25(10), pp. 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.05.008>.
3. Kuntz S., Kunz C., Herrmann J., et al. Anthocyanins from fruit juices improve the antioxidant status of healthy young female volunteers without affecting anti-inflammatory parameters: results from the randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over ANTHONIA (Anthocyanins in Nutrition Investigation Alliance) study. *British Journal of Nutrition*, 2014, vol. 112(6), pp. 925–936. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001482>.
4. Pérez-Ramírez I.F., Castaño-Tostado E., Ramírez-de León J.A., Rocha-Guzmán N.E., Reynoso-Camacho R. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant and antidiabetic capacity of a roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. *Food Chemistry*, 2015, vol. 172, pp. 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.126>.
5. Buchweitz M., Speth M., Kammerer D.R., Carle R. Impact of pectin type on the storage stability of black currant (*Ribes nigrum* L.) anthocyanins in pectic model solutions. *Food Chemistry*, 2013, vol. 139(1–4), pp. 1168–1178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.005>.
6. Fernandes A., Brás N.F., Mateus N., de Freitas V. Understanding the molecular mechanism of anthocyanin binding to pectin. *Langmuir*, 2014, vol. 30(28), pp. 8516–8527. <https://doi.org/10.1021/la501879w>.
7. Lewis C.E., Walker J.R., Lancaster J.E. Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins. *Food Chemistry*, 1995, vol. 54(3), pp. 315–319. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00026-F](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00026-F).
8. Bordenave N., Hamaker B.R., Ferruzzi M.G. Nature and consequences of non-covalent interactions between flavonoids and macronutrients in foods. *Food & Function*, 2014, vol. 5(1), pp. 18–34. <https://doi.org/10.1039/c3fo60263j>.
9. Hernández-Herrero J.A., Frutos M.J. Influence of rutin and ascorbic acid in colour, plum anthocyanins and antioxidant capacity stability in model juices. *Food Chemistry*, 2015, vol. 173, pp. 495–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.059>.
10. Li J., Song H., Dong N., Zhao G. Degradation kinetics of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as affected by ascorbic acid. *Food Science and Biotechnology*, 2014, vol. 23(1), pp. 89–96. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0012-9>.
11. Chung C., Rojanasasithara T., Mutilangi W., McClements D.J. Enhancement of colour stability of anthocyanins in model beverages by gum arabic addition. *Food Chemistry*, 2016, vol. 201, pp. 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.051>.
12. Chung C., Rojanasasithara T., Mutilangi W., McClements D.J. Enhanced stability of anthocyanin-based color in model beverage systems through whey protein isolate complexation. *Food Research International*, 2015, vol. 76, pp. 761–768. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.003>.
13. Holzwarth M., Korhummel S., Siekmann T., Carle R., Kammerer D.R. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads. *LWT – Food Science and Technology*, 2013, vol. 52(2), pp. 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.020>.
14. Poiana M.A., Munteanu M.F., Bordean D.M., Gligor R., Alexa E. Assessing the effects of different pectins addition on color quality and antioxidant properties of blackberry jam. *Chemistry Central Journal*, 2013, vol. 7(1), p. 121. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-121>.
15. Ibrahim G.E., Hassan I.M., Abd-Elrashid A.M., et al. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage. *Food Hydrocolloids*, 2011, vol. 25, iss. 1, pp. 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.05.009>.
16. *Combined Compendium of Food Additive Specifications*. Monographs 1, Vol. I, Vol. 4 – Analytical methods, test procedures and laboratory solutions used by and referenced in food additive specifications. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.
17. Kukin M.Yu. Usovershenstvovaniye tekhnologii polucheniya pektina iz yablok [Improvement of pectin production technology from apples]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [ITMO University Scientific journal], 2017, vol. 2, no. 32, pp. 9–17.
18. Smirnov E.V. *Pishchevyye krasiteli. Spravochnik* [Food colorants. Reference book]. St.Petersburg: Professiya Publ., 2009. 346 p.
19. МР 2.3.1.1915-04. Rekomenduyemyye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv [Guidelines 2.3.1.1915-04. Recommended levels of food and biologically active substances consumption]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004. 48 p.
20. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Poznyakovskiy V.M. *Obogashcheniye pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya* [Food enrichment with vitamins and mineral substances. Science and technology]. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo Publ., 2005. 548 p.

Кукин Михаил Юрьевич

канд. техн. наук, младший научный сотрудник лаборатории техники и технологии переработки продуктов биосинтеза, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 191014, Россия, г. Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 55, тел.: +7 (812) 273-75-24, e-mail: mk-1980@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>

Mikhail Yu. Kukin

Cand.Sci.(Eng.), Junior Researcher of the Laboratory of Biosynthesis Products Processing Technics and Technology, All-Russian Research Institute for Food Additives – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, 55, Liteyny Ave., St. Petersburg, 191014, Russia, phone: +7 (812) 273-75-24, e-mail: mk-1980@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1722-4644>

