РАЗДЕЛ XIII. ХИМИЯ

Щербакова А.Н., Соколова Ю.Д.

Стабилизация цвета водных экстрактов красителя свекольного красного полисахаридами

ИАТЭ НИЯУ МИФИ
(Россия, Обнинск)

doi: 10.18411/lj-11-2019-276

idsp: ljjournal-11-2019-276

Аннотация

В работе исследовалось влияние малых концентраций природных загустителей на стабилизацию цвета водных растворов натурального красителя свекольного красного, экстрагированного из корнеплодов свеклы столовой. Проанализировано изменение окраски красителя при длительном хранении на свету с добавлением гуаровой камеди и пектина. Наилучший эффект проявили растворы с добавлением пектина, они сохраняли цвет в течение трех месяцев. Эффект стабилизации сопоставлен с изменением вязкости растворов.

Ключевые слова: натуральный краситель, свекольный красный, бетанин, полисахариды, вязкость, стабилизация

Abstract

This paper studies the influence of small concentrations of natural thickening agents on the color stabilization in aqueous solutions of natural beetroot red dye extracted from the beet roots. The authors analyzed the change of dye coloring under long-term storage in daylight with addition of guar gum and pectin. The solutions containing pectin produced the best effect: they kept their color for three months. The stabilization effect is cross-referenced against the viscosity change in solutions.

Key words: natural dye; beetroot red; betanin; polysaccharides; viscosity; stabilization.

Введение

Водный раствор природного красителя свекольного красного (далее краситель), являясь изначально истинным раствором, за короткие сроки становится коллоидным [1]. При хранении раствора на свету происходит гидролиз молекулы красителя по альдиминовой связи – бетанина [2,3]. Это приводит к его деградации и, соответственно, к обесцвечиванию раствора. В раствор, вместе с красителем и другими компонентами корнеплода: солями, органическими кислотами и т.п., экстрагируется растворимый в воде белок. При хранении раствора происходит агрегация молекул белка и выпадение осадка. Белок в растворе связан с бетанином водородными связями [1]. Нарушение этих связей из-за процесса коагуляции ведет к ускорению гидролиза красителя, соответственно, краситель быстрее теряет свои спектральные свойства. Ранее для стабилизации цвета и увеличения срока хранения был использован высокомолекулярный природный загуститель – гуаровая камедь [1]. Было показано, введение загустителя в малых количествах 0.1 моль/л позволяет увеличить интенсивность окраски, и сохраняет ее в течение месяца. Гуаровая камедь показала небольшой положительный эффект, но добавление малых количеств делало растворы красителя более яркими. Увеличение интенсивности окраски раствора составило 40%. Наибольший эффект наблюдался при минимальной концентрации камеди 0,05 г/л. Увеличение концентрации гуаровой камеди уменьшает цветовую стабильность растворов, т.к. увеличивается дисперсность раствора, способствует более быстрой коагуляции белка и, соответственно, увеличению скорости гидролиза красителя [1].

Недостаток гуаровой камеди, это нестабильность в кислой среде, свекольный красный, наоборот, более стабилен при pH 3-5 [4].

С целью увеличения эффекта стабилизации цвета в данном исследовании применялся другой природный загуститель, так же относящийся к классу полисахаридов – пектин.

Целью данной работы являлось сравнение эффекта стабилизации красителя в водных растворах. А также проанализировать вязкость растворов при изменении концентраций загустителей.

Методы и приборы

Исследования проводились на водных экстрактах из сухих чипсов, приготовленных из корнеплодов свеклы столовой. Для приготовления вытяжек использовалась артезианская питьевая вода, прошедшая очистку и соответствующая ГОСТ 32220-2013, глубина скважины 73 м, pH 7. Для приготовления чипсов использовались корнеплоды свеклы столовой сорта «Цилиндра», которые нарезались пластинами, толщина среза корнеплода по его окружности 1 мм. Высушивание сырья производилось при температуре 700С. Форма приготовления сырья применялась для уменьшения попадания твердых включений в раствор при экстракции красителя из сухих свекольных чипсов. Во избежание процессов влияющих на деградацию бетанина экстракция производилась водой при комнатной температуре. Раствор настаивался 30-40 минут и фильтровался через фильтр «Белая лента». Содержание бетанина в растворе определяли с помощью сравнения интенсивности с раствором сернокислого кобальта [5], и составило 0,130 г/л.

Для исследования зависимости спектральных характеристик использовали фотоколориметрический метод анализа, измерения проводили на СФ-56. Измерения проводились на $\lambda_{\max}=540$ нм, соответствующей максимуму поглощения бетанина [6].

Для измерения вязкости испытуемых растворов применялся вискозиметр Гепплера KF-40.

Результаты и обсуждения

В качестве альтернативы гуаровой камеди был выбран пектин, который также является полисахаридом, но не разрушается в кислой среде. По своему механизму действия пектин должен быть аналогичен гуаровой камеди. На рисунке 1 представлено сравнение кривых деградации водных растворов красителя с различными стабилизаторами гуаровой камедью и пектином. Из рисунка 1 видно, что пектин более эффективен, чем гуаровая камедь. Кривая 3 (с содержанием пектина) изменила свой характер, отсутствует участок, соответствующий коагуляции. Но интенсивность цвета раствора с гуаровой камедью выше, чем при наличии пектина. Время сохранения цвета раствора с пектином в 3 раза выше, чем с гуаровой камедью. При концентрации пектина 0,2 г/л раствор оставался окрашенным 2100 часов.

Рис. 1 Сравнение действия природных стабилизаторов: гуаровой камеди и пектина в водных растворах красителя свекольного-красного:

1 – стандартный водный раствор свеклы;

2 – раствор красителя с добавлением 0,05 г/л гуаровой камеди;

3 – раствор красителя с добавлением 0,2 г/л пектина.

При визуальном сравнении цветовых оттенков растворов было хорошо видно отличие в интенсивности окраски в начале эксперимента (рис. 2).

Рис.2 Сравнение цветовой насыщенности растворов красителя свекольного красного с добавлением гуаровой камеди (0,05 г/л) и пектина (0,2 г/л): 1 – начальный момент; 2 – 150 часов; 3 – 450 часов.

На рисунке 2 представлены изображения растворов красителя с добавлением гуаровой камеди и пектина в начальный момент (1), при хранении 150 часов (2) и при хранении 450 часов (3). Из рисунка 2 видно, что если растворы в начальный момент совпадают по тону окраски, то через 150 часов растворы с камедью приобретают фиолетовый оттенок, что уже явно видно через 450 часов. Кроме того, растворы с добавлением пектина остаются прозрачными, а растворы с добавлением камеди мутнеют.

Рис. 3 Сравнение времени деградации водных растворов свекольного красного с различным содержанием пектина: 1 – Стандартный раствор сравнения свекольного красного. Добавки пектина: 2 – 0,05 г/л; 3 – 0,1 г/л; 4 – 0,2 г/л.

Из рисунка 3 видно, что в растворах с содержанием пектина 0,1 – 0,2 г/л интенсивность окраски выше, чем у стандартного раствора. При этом независимо от

концентрации пектина отсутствует этап коагуляции белка, следовательно, белок остается в связанном состоянии.

Вязкость водных растворов красителя меняется в зависимости от количества стабилизатора, что показано на рисунке 4.

Рис. 4 Зависимость вязкости раствора красителя от содержания добавки загустителя: 1 – раствор красителя с добавлением гуаровой камеди; 2 – раствор красителя с добавлением пектина.

Было обнаружено, что вязкость раствора 1,1780 мПа·с (начальная вязкость раствора без стабилизаторов) достигается при содержании загустителей разной концентрации, пектина 0,175 г/л, гуаровой камеди 0,07 г/л (рис.4), т.е. гуаровая камедь более сильный загуститель, чем пектин. При добавлении гуаровой камеди до 0,05 г/л вязкость раствора уменьшается на 4 %, а при добавлении 0,2 г/л увеличивается на 11%. Это объясняет эффект стабилизации цвета при низком содержании полисахарида, т.е. обесцвечивание раствора происходит при вязкости выше начальной. При понижении вязкости раствора, цепи белка и гликозидов распрямляются, коагуляции не происходит, раствор не обесцвечивается длительное время. Увеличение концентрации полисахарида ведет к образованию множественных межмолекулярных водородных связей между молекулами красителя, белка и полисахарида [1,3], к увеличению вязкости раствора и увеличению дисперсности, происходит коагуляция белка и увеличивается скорость гидролиза бетанина. Из рисунка 4 видно, что вязкость в растворе с добавлением пектина практически не превышает значения вязкости, раствора без загустителя, а также при хранении таких растворов не наблюдалось быстрой коагуляции белка и такие растворы хранились дольше, чем растворы без загустителя. В то же время при добавлении камеди наблюдалось резкое увеличение вязкости раствора, быстрое помутнение и коагуляция белка, т.е. процессы, приводящие к ускорению гидролиза бетанина и уменьшению срока хранения данных растворов. Причем, возвращаясь к рисунку 1, при содержании камеди 0,05 г/л первые 150 часов (вязкость ниже начальной) наблюдалось резкое увеличение интенсивности, что также можно объяснить образованием межмолекулярных связей между красителем и камедью.

Таким образом, полисахариды с низким содержанием в растворе, не образуют между собой межмолекулярные связи, превращаясь в гель, а способны образовывать водородные связи с белком и красителем, делая тем самым раствор более стабильным,

снижая скорость гидролиза бетанина, и обесцвечивания раствора не происходит длительное время.

1. Shcherbakova A., Bakhtin V., Sokolova Y. and Chelnakova P. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (The II International (XV Regional) Scientific Conference "Technogenic Systems and Environmental Risk" 2018. V. 487, N. 1.
 2. Betalain Stability and Degradation—Structural and Chromatic Aspects/M.H. Kirsten [et al.]/ J. Food Sci. - 2006. - V. 71. - P. 41-50.
 3. Соколова Ю.Д., Бахтин В.Д., Челнакова П.Н.// В сборнике: Научные исследования и разработки 2018 XXXIV Международная научно-практическая конференция. 2018. С. 40-43.
 4. Betalains in the era of global agri-food science, technology and nutritional health / D.A. Moreno [et al.]/ J. Phytochem. - 2008. - P. 261-280.
 5. О.А. Харламова, Б.В. Кафка. Натуральные пищевые красители – М.: Пищевая промышленность. – 1979 – 191 с.
-