Соколова Ю.Д.

Исследование влияния кратковременного термического воздействия на раствор красителя свекольного красного

ИАТЭ НИЯУ МИФИ

(Россия, Обнинск)

doi: 10.18411/lj-02-2020-54

idsp: ljournal-02-2020-54

Аннотация

В работе исследовалось влияние кратковременного воздействия повышенных температур с последующим резким охлаждением на цвет водных растворов натурального красителя свекольного красного, экстрагированного из корнеплодов свеклы столовой. Проанализировано изменение вязкости растворов, подвергшихся кратковременному нагреванию при различных температурах. Было отмечено, что при кратковременном нагревании раствора красителя и дальнейшее резкое охлаждение в ледяной воде делает раствор более прозрачным и способным сохранять свои цветовые характеристики длительное время.

Ключевые слова: натуральный краситель, цвет, свекольный красный, температура, раствор, бетанин, вязкость, стабилизация

Abstract

This work studies the colour of the natural beetroot dye extracted from beet roots being exposed to elevated temperatures and a further shock cooling. The study has analyzed the change in the solution viscosity after short-term heating to various temperatures. Short-term heating of the dye solution and its further shock cooling in ice cold water results in higher transparency of the solution and its ability to preserve the colour for a long time.

Keywords: natural dye; colour; beetroot red; temperature; solution; betanin; viscosity; stabilization.

Введение

В настоящее время производители пищевой продукции все чаще задумываются об использовании натуральных красителей, даже несмотря на всю сложность работы с ними. Большинство из них настойчиво ищут решения, как создавать внешне привлекательные продукты, поскольку их цвет существенно влияет на выбор потребителя.

Одним из таких красящих пигментов является краситель свекольный красный (E162), представляющий собой сложную многокомпонентную смесь. Получают его из свеклы столовой (лат. *Béta vulgaris*), которая находит широкое распространение в средней полосе России и относится к культурам умеренного климата. Краситель свекольный красный является неустойчивым в водных растворах, так как подвергается гидролизу [1]. Его растворы содержат высокомолекулярные соединения – белки, и, соответственно, в растворах наблюдаются коллоидные явления, изменяющие свойства и цвет при их хранении [2].

Для различных технологических манипуляций с субстанциями, содержащими краситель, нередко проводят температурные воздействия. Известно, что при нагревании бетанин разрушается [3], что усложняет использование красителя. Также для осветления пищевых коллоидных растворов применяют методику температурного воздействия, т.е. последовательное нагревание и охлаждение, позволяющее белкам, присутствующим в растворе изменить свою структуру, на этом основан процесс осветления соков. При нагревании полипептидные цепи разворачиваются, повышается асимметричность молекул белка, затем соединяясь между собой в крупные частицы, белки коагулируют.

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 40⁰С. 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 [4], и составило 0,130 г/л.

Нагревание растворов проводили в термостате.

Для исследования зависимости спектральных характеристик использовали фотоколориметрический метод анализа, использовали спектрофотометр СФ-56. Измерения проводились на $\lambda_{\max}=540$ нм, соответствующей максимуму поглощения бетанина [4].

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

Для цифрового анализа растворов использовали цифровой фотоаппарат SONY – α NEX-5 с разрешением 14,2 MPix. Для компьютерной обработки изображений использовали графический редактор Adobe Photoshop [5].

Результаты и обсуждения

Было исследовано кратковременное влияние температуры с последующим резким охлаждением растворов красителя (рис.1).

Рис. 1 Влияние температуры и времени нагрева водных растворов свекольного красного на цвет раствора. Температура нагрева: 1 – 80°C; 2 – 90°C; 3 – 100°C.

Из рисунка 1 видно, что растворы первоначально теряют интенсивность окраски, но затем её увеличивают и при 100°C становятся даже ярче исходного раствора. Преимуществом такого воздействия являлся тот факт, что растворы не мутнели и осадок в них появлялся значительно позже, примерно через 10 дней после приготовления, в отличие от растворов, не подвергавшихся воздействию. Как было показано ранее [2], растворы красителя достаточно быстро мутнеют из-за коагуляции белка. Соответственно, при термическом воздействии цепи белка распрямляясь, сохраняют связь с красителем и между собой, и не коагулируют. Таким образом, при кратковременном погружении раствора красителя в водяную баню при температуре 100°C и дальнейшее резкое охлаждение в ледяной воде делает раствор более прозрачным и способным сохранять свои цветовые характеристики длительное время.

Рис. 2 График зависимости вязкости раствора красителя от времени выдержки при термическом воздействии. Температура нагревания: 1 – 80°C; 2 – 90°C; 3 – 100°C.

Изучение зависимостей вязкости от времени выдерживания при повышенных температурах (рис. 2) показало, что первые 36 сек вязкость в экспериментальных растворах падает на 36 – 38%. Дальнейшее нагревание, до 1 мин ведет к перераспределению связей, при этом вязкость немного увеличивается и через 1,5 мин при 80-90°C начинает снижаться, а при 100°C остается без изменений. Также из рисунка видно, что характер кривых повторяется при изменении температур, и, если при температурах 80-90°C практически нет различий, то кривая нагревания при 100°C выделяется. Понижение вязкости происходит чуть быстрее и до более низких значений. В целом видно, что за счет увеличения диффузии в растворе при нагревании вязкость становится ниже, но также видны изменения, которые с достаточной степенью вероятности можно отнести к перераспределению связей в молекулах и разрыву водородных связей. Также более интенсивную окраску раствора при нагревании до 100°C с последующим резким охлаждением можно объяснить более быстрыми процессами перечисленными выше.

На рисунке 3 представлена зависимость интенсивности окраски растворов красителя в единицах RGB (показатель Red).

Рис.3 Зависимость окрашенности раствора от времени его выдерживания на свету, отображенная в относительных единицах RGB для водного раствора красителя с различным временем и температурой воздействия: 1 – стандартный раствор свеклы; температура и время воздействия: 2 – 1,5 мин при 80°C; 3 – 0,5 мин при 90°C; 4 – 0,5 мин при 100°C; 5 – 1,0 мин при 100°C; 6 – 1,5 мин при 100°C.

Из рисунка 3 видно, что воздействие температурой 80–100°C, при времени воздействия от 0,5–1,5 мин благоприятно влияет на стойкость красителя в растворе, цвет сохраняется в течение 1000 час и далее раствор продолжает быть окрашенным. Наибольшая интенсивная окраска раствора наблюдалась при температурном воздействии 100°C (показатель RGB обратную зависимость) и времени воздействия 1,5 мин, превышение сохранялось первые 100 часов.

Выводы:

1. Исследование показало, что кратковременное нагревание при 80–100°C, увеличивает интенсивность окраски раствора, задерживает коагуляцию белка. Растворы сохраняют прозрачность более длительное время.
2. В результате термического воздействия при 100°C в течение 1,5 мин с последующим резким охлаждением наблюдается максимальный эффект усиления цвета.

1. Соколова Ю.Д. Исследование обесцвечивания красителя свекольно-го красного // Universum: Химия и биология. 2017. № 2(32).
2. 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.
3. Herbach K.M. et al. Stability and color changes of thermally treated betanin, phyllocactin, and hylocerenin solutions. Journal of Agricultural and Food Chemistry v.54, p.390-398, 2006.
4. О.А. Харламова, Б.В. Кафка. Натуральные пищевые красители – М.: Пищевая промышленность. – 1979 – 191 с.
5. Soldat D.J., Barak Ph., Lepore B.J. Microscale Colorimetric Analysis Using a Desktop Scanner and Automated Digital Image Analysis // J. Chem. Educ. 2009. 86 (5). P. 617.