

## ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА СПЕКТРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ БЕТАЛАИНА

Туксанова Зилола Изатуллоевна

Преподаватель, Бухарский государственный университет

[tuksanova@gmail.com](mailto:tuksanova@gmail.com)

Назаров Эркин Садилович

Кандидат технических наук, доцент, Бухарский государственный университет

[nazarov.es68@mail.ru](mailto:nazarov.es68@mail.ru)

Тойирова Нодира Фахриддин кизи

Студент кафедры физики, Бухарский государственный университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10544740>

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению влияния межмолекулярного взаимодействия на спектрально-оптические свойства пищевых красителей. Эти исследования позволяют не только проследить за изменением цветности красителей зависимости от pH среды, температуры и других факторов окружающей среды, но и применению пищевых красителей в различных отраслях науки и техники.

**Ключевые слова:** Пищевые красители, спектрально-оптические свойства, беталаин, вульгаксантин, бетанин, свекольный краситель, максимум поглощения, плоскость поляризации, pH среда, оптическая плотность.

## INFLUENCE OF pH ENVIRONMENT ON THE SPECTRAL AND OPTICAL PROPERTIES OF BETALAIN DERIVATIVES

**Abstract.** This article is devoted to the study of the influence of intermolecular interaction on the spectral and optical properties of food dyes. These studies make it possible not only to monitor changes in the color of dyes depending on the pH of the environment, temperature and other environmental factors, but also the use of food dyes in various branches of science and technology.

**Key words:** Food dyes, spectral and optical properties, betalain, vulgaxanthin, betanin, beetroot dye, absorption maximum, polarization plane, pH environment, optical density.

Одной из задач материального благосостояния народа, это производство полноценных пищевых продуктов, обеспечивающих рациональное питание населения страны, оно требует значительное повышение качества биологических ценностей, вкусовых достоинств и улучшение его ассортимента.

Исследование фотофизических и фотохимических свойств пищевых красителей и межмолекулярного взаимодействия – одно из актуальных направлений современной молекулярной спектроскопии. Эти исследования дают возможность изучить основные закономерности химического строения, природу заместителей и влияние растворителя на спектрально-оптические свойства, разработать более эффективные методы измерения метрологических характеристик, расширить области применения пищевых красителей и витаминов. Исследование устойчивости пищевых красителей к нагреванию и свету имеет важное значение при оценке их органолептических показателей, определении метрологических характеристик, определении условий применения в пищевой и

фармацевтической промышленности, а также имеет практическое значение при проведении научных исследований в лабораториях пищевых предприятий.

Известно, что издавна для окрашивания, улучшения или придания определенного внешнего вида и цвета продуктам питания таким, как кондитерские изделия, безалкогольные напитки, мороженого, джемов, зефиром, фруктово-ягодных вод и т.д. использовали натуральные растительные красители.

Производные беталаина являются красящими пигментами свекольного красителя. Оптические свойства производных беталаина определяется спектральными параметрами беталаина и вульгаксантина. Свекольный краситель в спектрах поглощения и люминесценции имеет два максимума  $\lambda_{max}^{пог} = 483$  нм и 523 нм, а также  $\lambda_{max}^{люм} = 580$  нм и 640 нм. В этих случаях наблюдается зеркальная симметрия электронных спектров поглощения и излучения. Проведенные хроматографические разделения спектров свекольного красителя показали, что максимум поглощения  $\lambda_{max}^{пог} = 483$  нм и 580 нм относится к вульгаксантину, а  $\lambda_{max}^{пог} = 523$  нм и 640 нм относится к бетанину. Из анализа структурных формул следует, что бетанин имеет три карбоксильные группы, в то время как вульгаксантин имеет две карбоксильные группы и одну карбоксилат-ионную группу. Следовательно, молекулы бетанина по отношению к вульгаксантину имеют более удлиненные цепи  $\pi$ -электронных связей, которые приводят к более длинноволновой поглощательной и излучательной способности по отношению молекулы вульгаксантина.

Проведенные низкотемпературные исследования показатели, что квантовый выход флуоресценции при температуре жидкого азота  $\sim 180$  раз увеличивается по отношению выхода свечения полученной при комнатной температуре. В этих случаях в спектрах свечения и возбуждения люминесценции наблюдается колебательная структура спектра. На основании этих результатов сделан вывод о природе низкого квантового свечения производных беталаина. Установлено, что низкий квантовый выход флуоресценции обусловлен не жесткостью как бетанина, так и вульгаксантина. Также измерен спектр ядерно-магнитного резонанса и дисперсия оптического вращения свекольного красителя. При этом установлено, что вид кривой дисперсии оптического вращения обусловлен плавной положительной дисперсионной кривой оптической активности сахаристых веществ, а также на фоне ее S-образной кривой характерной для обособленного электронного перехода, в не симметричной молекуле.

Максимум S-образной кривой находился при длинах волн 340 и 410 нм, величина амплитуды этих максимумов  $\varphi = 0,08^\circ$ . В подтверждение о влиянии сахаристых веществ на электронные спектры свекольного красителя приводится спектр ЯМР дейтерированной воде. Наблюдаемые резонансы в области 3,4-4,2 м.д. свидетельствует о наличии в красителях сахаров. Используя спектры дисперсии и оптического вращения в плоскости поляризации, определены концентрации сахаров в составе свекольного красителя. При этом установлено, что концентрация сахаров в красителях составляет более 10-12 % в зависимости от физико-химических свойств используемого сырья.

Были проведены исследования pH среды на спектры поглощения свекольного красителя. Добавление щелочи приводит к падению интенсивности полос поглощения как с  $\lambda_{max}^{пог} = 523$  нм, так и с  $\lambda_{max}^{пог} = 483$  нм. При этом происходит уширение спектра с

коротковолновой стороны. Дальнейшее добавление щелочи и соответственно увеличение значения рН среды приводит к появлению и усилению новой коротковолновой полосы поглощения с  $\lambda_{max}^{пог} = 405$  нм с практическим исчезновением полос поглощения молекул вульгаксантина и бетанина. Это ведет к обесцвечиванию красителей.

Особый интерес представляет исследование зависимости спектра поглощения свекольных красителей от содержания добавок различных кислот соответственно (от значения рН среды). Результаты проведенных исследований показали, что поглощательная способность водного раствора свекольного красителя по мере добавления соляной и лимонной кислот незначительно уменьшается с сохранением формы спектров.

Повышение температуры водного раствора свекольного красителя от 293 до 323 К с дальнейшим выдерживанием при 323 К приводит к частичным изменениям спектров поглощения. При этом оптическая плотность подкисленного свекольного раствора при  $\lambda_{max}^{пог} = 483$  нм уменьшается, а при  $\lambda_{max}^{пог} = 523$  нм возрастает. Увеличение времени выдержки при 323 К приводит к развитию этого процесса, конечное соотношение оптических плотностей  $D_{523}^{погл}/D_{483}^{погл}$  достигает 1,5. Цветовые характеристики красителя при этом изменяются в сторону более темного красного цвета, что и требуется для пищевой промышленности.

Существенно отметить, что наблюдаемые изменения спектров кислых растворов свекольного красителя с температурным воздействием носят необратимый характер: спектры не восстанавливаются при добавлении щелочи.

Нагрев и выдержка раствора при 323 К приводит к образованию химической связи протона с карбоксилатной группой и переходу молекул вульгаксантина к бетанинам. Это предположение подтверждается тем, что по мере возрастания времени температурной выдержки полоса бетанина усиливается, а вульгаксантина уменьшается. Выше изложенное предположение подтверждается ИК спектрами свекольных красителей, полученных без кислоты и стабилизированных лимонной кислотой. Свекольный краситель, стабилизированный лимонной кислотой, имеет более высокую интенсивность полос в области  $3650-2500$  см<sup>-1</sup>, относящихся к карбоксильным группам. Изменение спектров поглощения свекольного красителя в средах с большими значениями рН также объяснимо переходом молекул производных беталаина к форме основания. По-видимому, добавление щелочи к водным растворам свекольного красителя приводит к локализации ОН – группы щелочи у молекул красящих пигментов.

Учитывая, что при добавлении щелочи наблюдается уменьшение поглощательной способности как полосы  $\lambda_{max}^{пог} = 523$  нм, так и  $\lambda_{max}^{пог} = 483$  нм, можно заключить, что образовавшаяся форма оснований бетанина и вульгаксантина имеет более низкие значения коэффициента экстинкции по отношению к их нейтральным формам, образование формы основания. По-видимому, происходит в результате локализации ОН-группы щелочи, которая имеет отрицательный заряд, возле положительного заряженного азота (N<sup>+</sup>) производных беталаина.

При этом наиболее вероятным типом межмолекулярного взаимодействия является ионная связь. На отсутствие химической связи при образовании формы основания указывает то, что добавление кислоты щелочному раствору свекольного красителя

приводит к полному восстановлению спектров поглощения нейтральных форм производных беталаина. На образование бинарных молекул нейтральной формы основания в растворе также указывает появление изобестической точки в спектрах поглощения исследуемых соединений.

#### REFERENCES

1. Б.Э.Ниязхонова, З.С.Кодирова. Особенности молекулярных взаимодействий в растворах пищевых красителей // Интернаука (2021) №38 (214) С 85-86.
2. Б.Э.Ниязхонова, З.С.Кодирова. Влияние природы растворителя на спектрально-оптические свойства красителей // Academic Research in Educational Sciences (2022) Volume 3 Issue 3. pp 619-624.
3. З.И.Туксанова, Э.С.Назаров, М.С.Бахранова. Проблемы и необходимые воображения экологического и биофизического образования // INVOLTA. Innovation scientific journal (2022) Vol. 1 № 6. С. 215-220.
4. E.S.Nazarov, M.B.Teshayeva. Zamonaviy fizika ta'limi muammolari va uni takomillashtirish istiqbollari // Academic research in educational sciences (2022) Volume 3 Issue 3. pp 562-565.
5. R.Turdaliyev, T.Botagariyev, S.Ryskaliyev, A.Doshybekov, Z.Kissebaev. Virtual reality technology as a factor to improve university sports // Challenges: new trends in physical education, sports and recreation (2024) № 51, С. 872-880.
6. Э.С.Назаров, Ш.А.Хамрокулова. Эффективное использование энергетических ресурсов // Современные научные решения актуальных проблем. Международная научно-практическая конференция. (2022) Ростов-дон. С. 15-17.