

**V открытый региональный конкурс  
исследовательских и проектных работ школьников  
«Высший пилотаж - Пенза» 2023**

**Секция: Химия**

**Химия свекольного сока.**

**Автор работы:**

**Благушин Дмитрий Эдуардович,**  
ученик 11 «Б» класс  
МБОУСОШ им.М.Ю.Лермонтова с.Засечное

**Научный руководитель:**

**Василенко Светлана Викторовна,**  
учитель биологии и химии  
высшей квалификационной категории  
МБОУСОШ им.М.Ю.Лермонтова с.Засечное

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Введение	стр.3
I. Теоретическая часть.	
1.1. Химический состав свекольного сока.	стр.5
1.2. Описание бетанина и бетанидина.	стр 5
1.3. Свекла как источник биологически-активных веществ.	стр 6.
II. Практическая часть.	
2.1. Определение индикаторных свойств беталаина.	стр 7
2.2. Исследование стойкости цвета свекольного сока на свету.	
2.3. Гидролиз беталаина	стр.8
2.4. Взаимодействие с раствором перекиси водорода.	стр 8
2.5. Взаимодействие с раствором перманганата калия.	стр.8
2.6. Взаимодействие с раствором дихромата калия.	стр.8
2.7. Взаимодействие с солью Мора.	стр.8
Вывод.	стр.9

## **Введение.**

Столовая свекла — это один из самых полезных пищевых продуктов растительного происхождения, выделяющийся высоким содержанием различных сахаров: глюкозы, фруктозы и сахарозы, а также клетчатки, пектинов и полисахаридов, которые полезны для организма человека. Помимо того, свекла богата йодом (она является наиболее йод содержащим овощем) и базисными кислотами, такими как: лимонная, яблочная и щавелевая.

Отлично известная нам огородная культура возникла около двух сотен лет назад. Прародителем ее считается мангольд, произрастающий в диком виде в государствах Западной Европы, на берегах Атлантического океана. Первый раз растение упоминается в 5-ом веке до нашей эры. Мангольд и стал основателем сегодняшних свекольных сортов — столового, кормового и сахарного. От него современные виды приобрели основное достоинство — содержание в себе огромного количества йода.

Мякоть корнеплодов отличается красным, бордовым оттенком. Данную расцветку они приобрели из-за бетаининов. Данное вещество относится к группе фитонутриентов. Это вещества, которые защищают растение и плоды от возбудителей инфекций: грибка, болезнетворных бактерий.

Бетаинины представляют собой смесь красного и фиолетового пигмента. Химики выделяют данные вещества для получения естественных красителей. Их используют кондитеры и кулинары. В перечне пищевых добавок и красителей его обозначают E162.

Свекла редко употребляется в сыром виде, так как она слишком твердая и слегка земляная на вкус, а свекольный сок составляет основу ароматного борща и является отличным дополнением к мясным блюдам. Сок свеклы чрезвычайно богат белками, сахарами, витаминами и минеральными солями. Все ингредиенты, входящие в химический состав сока свеклы ценны для человеческого организма. Свёкла столовой разновидности отличается целебными свойствами. Диетологи рекомендуют включать её в рацион питания.

**Актуальность** Свекольный сок состоит из огромного множества различных окрашенных химических соединений, объединенных общим названием беталаины. Они широко применяются в пищевой промышленности в качестве красителя. Кроме того, беталаинам приписываются антиоксидантные свойства, а еще беталаины могут выступать в роли кислотно-основных индикаторов.

**Цель** – исследование способности компонентов свекольного сока вступать в

окислительно-восстановительные реакции.

**Задачи:**

- обобщить теоретические знания по изучаемой тематике;
- исследовать свойства свекольного сока экспериментальным путём;
- определить диапазон рН цветового перехода свекольного сока, чтобы охарактеризовать беталаины как индикаторы;
- исследовать способности свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции.

**Предмет исследования:** содержание беталаинов в корнеплодах свеклы.

**Объект исследования:** свекла столовая.

Предметная область исследования: биология, химия.

**Методы исследования:**

- Теоретический (изучение и анализ литературы).
- Экспериментальный (сравнение вытяжки пигментов, разделению).
- Эмпирический (наблюдения, описания и объяснения результатов эксперимента).

**Практическая значимость работы:** выявлены и получены компоненты, свекольного сока, которые могут использоваться в качестве растительных индикаторов для определения рН среды, а также наглядно показать примеры по теме «Окислительно – восстановительные реакции».

**Теоретическая значимость:** результаты исследования можно использовать на уроках экологии, биологии, химии, курсов внеурочной деятельности естественно-научной направленности, просвещения населения.

**Новизна.** В результате исследований оценены химико-биологические свойства свекольного сока; компоненты свекольного сока рассмотрены с окислительно-восстановительной точки зрения.

**Гипотеза 1:** в состав красного свекольного сока входят вещества, участвующие в окислительно – восстановительных реакциях.

**Гипотеза 2:** Беталаины могут выступать в роли кислотно-основных индикаторов.

## I. Теоретическая часть.

### 1.1. Химический состав свекольного сока.

Химический состав свеклы чрезвычайно богат органическими и неорганическими соединениями. В первую очередь, это сахара (сахароза, глюкоза и фруктоза) и минеральные соли (магния, кальция, железа, меди, марганца, цинка, молибдена, кобальта, фосфора, но больше всего калия - около 3,3%). Органические кислоты представлены яблочной, лимонной, винной и щавелевой кислотой. Белков в свекле 1,7%; углеводов - 10,8%; клетчатки - 0,7%; пектиновых веществ - 1,2%. Среди витаминов присутствуют в этих корнеплодах витамины С, В1, В2, В3, В5, В6, U, Р, РР и каротин (провитамин А).

Важная роль принадлежит таким органическим соединениям как, каротиноид, гликозид, **бетанин**, или свекольный красный, это красный гликозидный пищевой краситель, полученный из свеклы; его агликон, полученный гидролизом молекулы глюкозы, называется бетанидином.

Яркие корнеплоды свеклы содержат мощные соединения, которые обладают многочисленными лечебными свойствами: защищают от заболеваний сердца, врожденных дефектов и некоторых видов рака. Данными свойствами обладают пигменты свеклы – **беталаины**.

Беталаины — это натуральные пигменты растений, которые в настоящее время набирают огромную популярность.

Хотя они и не изучены достаточно хорошо по сравнению с другими природными пигментами, как антоцианы, каротиноиды или хлорофилл. Но ученым удалось раскрыть некоторые фармакологические свойства беталаинов. Они проявляют антиоксидантную, противораковую, антилипидемическую и антимикробную активность. Считается, что антиоксидантные вещества из фруктов и овощей – особенный класс соединений. Они ведь способны оказывать влияние на организм, предотвращая *окислительные* процессы, которые способствуют возникновению некоторых дегенеративных заболеваний.

### 1.2. Описание бетанина и бетанидина.

Самые популярные среди этих относительно малоизвестных веществ – это бетанин и бетанидин.

Что такое беталаины? Название «беталаины» происходит от латинского названия свеклы ( *Beta vulgaris* ), из которого они были впервые извлечены и охарактеризованы в 1958 году командой из Швейцарского федерального технологического института в Цюрихе.

Мы знаем, что за яркую окраску некоторых плодов отвечают соединения – антоцианы. А вот беталаины присутствуют в тех овощах и фруктах, где антоцианов попросту нет.

Невозможно встретить в растении одновременно два класса пигментов, тем более они окрашивают в один и тот же цвет – красновато-фиолетовый.

Беталаины — это азотсодержащие пигменты, встречающиеся в разнообразных продуктах. Беталаины по химической природе являются алкалоидами, т.е. относятся к классу водорастворимых азотсодержащих пигментов

Они делятся на две группы, основанные на цвете: либо бетацианины (фиолетовый, красноватый), либо бетаксантины (желтый, оранжевый). Основные представители этих групп — бетанин и индиаксантин соответственно. Бетацианины чаще встречаются в красных растениях, в которых не содержатся молекулы антоциана в качестве красного пигмента. К примеру, красная свекла содержит беталаины, тогда как в клубнике присутствуют антоцианы пеларгонидины. Цвет и стабильность беталаинов зависят от pH .

Наиболее изученным беталаином является бетанин (или бетацианин), также называемый свекольным красным, потому что его можно выделить из свеклы. Он продается как натуральный краситель для окрашивания пищевых продуктов. Однако пищевая промышленность заинтересована в нем из-за его антиоксидантных свойств со всеми положительными преимуществами для здоровья.

Беталаины накапливаются в вакуолях вегетативных и репродуктивных тканей и обнаруживаются главным образом в эпидермальных и субэпидермальных тканях. Их присутствие в репродуктивной ткани, такой как лепестки, семена и плоды, обычно зависит от стадий развития, но их присутствие в вегетативной ткани, по-видимому, в большей степени регулируется условиями окружающей среды.

### **1.3. Свекла как источник биологически-активных веществ.**

Исследования показали, что беталаиновые пигменты не оказывают токсического воздействия на организм человека. Напротив, бетацианины имеют благотворное влияние на организм. Это:

- ингибирование процесса разложения гема (небелковой части молекулы гемоглобина и цитохромов);
- обеспечение сбалансированных окислительно-восстановительных процессов с участием жиров;
- защита эритроцитов от оксидативного гемолиза;
- уменьшение риска заболеваний сердечно-сосудистой системы;
- противовирусный и противомикробный эффект;
- ингибирование процесса развития раковых опухолей.

## II. Практическая часть

В данной главе рассматривается эксперимент по исследованию кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств свекольного сока.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В эксперименте использовались корнеплоды свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.), семейства Маревые (*Chenopodiaceae*). Корнеплоды измельчались, сушились при температуре 250С. Растворы готовились в 96% этиловом спирте, воде. Для сравнения использовали краситель свекольный красный E162.

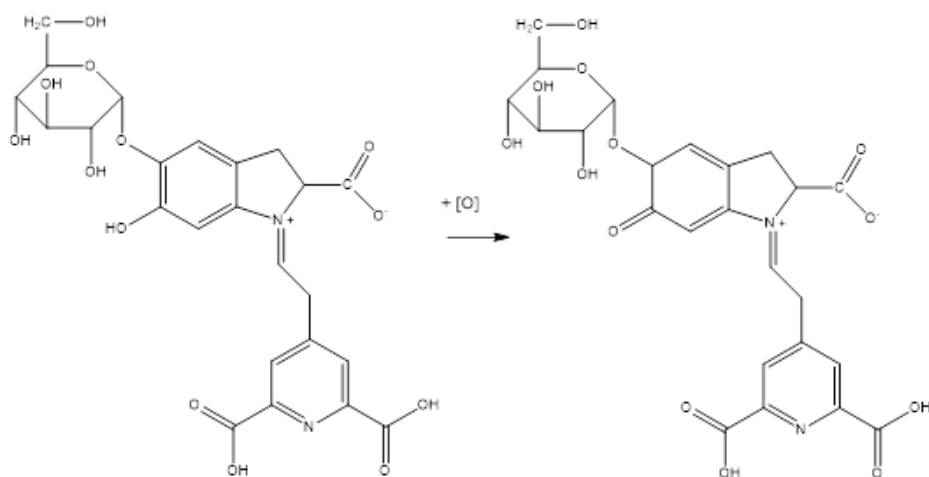
#### 2.1. Определение индикаторных свойств беталаина.

Небольшое количество свеклы мелко нарезаем, и заливаем 50 мл спирта. Водные растворы индикаторов являются нестойкими и в течение нескольких часов хранения на свету значительно теряют цвет и индикаторные свойства. Отбираем несколько капель раствора в ячейки для Результат. В кислой среде красная окраска стала интенсивнее, в щелочной среде – приобрела насыщенный желтый цвет. Таким образом, мы установили, что раствор беталаина можно использовать в качестве индикатора кислотно-основного титрования.

#### 2.2. Исследование стойкости цвета свекольного сока на свету.

Механизм процесса обесцвечивания красителя, который включает в себя два этапа: окисление и восстановление. Этот механизм подтверждается действием на раствор свекольного красного различных окислителей и восстановителей. Показано, что восстановители обесцвечивают раствор красителя с большей скоростью, чем окислители.

Имея фенольную группу –ОН беталаин проявляет восстановительные свойства, взаимодействует в водном растворе с кислородом воздуха, быстро изменяя свою окраску. Реакция окисления идет по схеме:



### **2.3 Гидролиз беталаина.**

Для исследования способностей компонентов свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции, был проведен кислотный гидролиз беталаина с участием концентрированной соляной кислоты.

Для проведения этой части эксперимента были использованы следующие приборы: корнеплоды красной свёклы, спиртовка, пробирки; и реактивы: соляная кислота, свекольный сок, вода. Условием для проведения опыта было длительность нагревания раствора свекольного сока: 1, 3, 5, 7 минут.

Из литературных источников мы знаем, что степень разрушения пигмента при тепловой воздействию достаточно высока. Чем больше по времени нагревания, тем быстрее разрушается пигмент.

Результата: В пробирке, которую нагревала 7 минут в пламени спиртовки, раствор свекольного сока обесцветился. Постепенное обесцвечивание раствора доказывает разрушение молекулы беталаина на 2 фрагмента: индольный, в котором азот присутствует в аммонийной форме и беталамовый альдегид. Гидролиз органического соединения, как правило, есть окислительно-восстановительный процесс. Так как реакция деградации протекает на свету, и молекула красителя имеет в индольном кольце гидроксильную группу, предположительно реакция начинается с окисления, которое будет иметь гомолитический характер.

### **2.4. Взаимодействие с раствором перекиси водорода.**

При добавлении к водному раствору концентрированного раствора перекиси водорода, раствор становится чуть светлее, но быстро не теряет окраску как в предыдущих случаях. Обесцвечивание происходит через сутки. Соответственно, процессы окисления присутствуют, но протекают с меньшей скоростью.

### **2.5. Взаимодействие с раствором перманганата калия.**

При добавлении к водному раствору красителя соли  $Mn^{2+}$  происходит бурная ОВР, с образованием  $MnO_2$  и прозрачным бесцветным раствором над осадком. Эта реакция говорит о процессе восстановления. Из этой реакции следует, что, восстановление происходит легко.

### **2.6. Взаимодействие с раствором дихромата калия.**

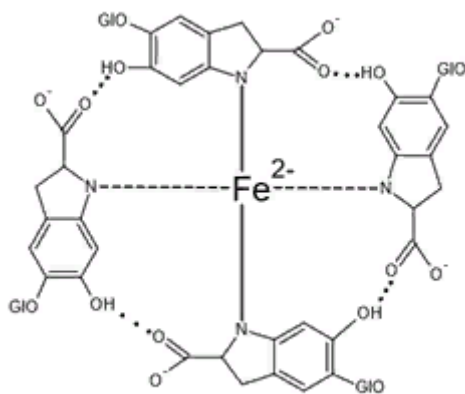
В реакции с перманганатом калия произошло изменение окраски с фиолетовой на бурую вследствие образования  $MnO_2$ ; в реакции с дихроматом калия – с оранжевой на желто-зеленую вследствие образования сульфата хрома (III). Таким образом, мы экспериментально подтвердили восстановительные свойства беталаинов.

Результаты по опытам 2.4 и 2.5 показали изменение цвета растворов, что доказывает наличие гидроксильной группы в составе молекулы беталаина.

### **2.7. Взаимодействие с солью Мора.**



При добавлении к водному раствору свекольного сока соли Мора происходит обесцвечивание раствора за несколько минут, при этом трехвалентное железо не образуется, а образуется коллоид сине-зеленого цвета, который достаточно быстро коагулирует, образуя над осадком прозрачную жидкость. При добавлении к этому раствору соляной кислоты начинается бурная реакция, с выделением газа и образованием рыжего осадка трехвалентного железа. Предполагается, что при добавлении соли Мора индолный фрагмент образует комплекс с двухвалентным железом с разрушением иминиевой связи, по типу гемового, процесса восстановления при этом не наблюдается, а также полное исчезновение окраски говорит об образовании комплекса. При добавлении кислоты начинается окислительно-восстановительная реакция (ОВР) с изменением валентности железа. Эта реакция показывает вероятность разрыва связи в иминиевом фрагменте.



## Заключение

В результате работы наши гипотезы подтвердились: в состав красного свекольного сока входят вещества, участвующие в окислительно – восстановительных реакциях. Эти вещества называются беталаины и они могут выступать в роли кислотно-основных индикаторов.

**Вывод.** В ходе работы мы изучили теоретический материал о составе свекольного сока, о беталаинах и бетанинах, а также рассмотрели изменение окраски свекольного сока под воздействием различных реагентов и оценили диапазон pH цветового перехода, сделав из этого вывод, что свекольный сок может менять окраску в зависимости от среды и условий. Степень разрушения пигмента зависит от многих факторов: длительности нагревания; концентрации пигмента; pH среды; контакта с кислородом воздуха.

Проводя эксперименты над компонентами свекольного сока мы исследовали их способности вступать в окислительно-восстановительные реакции. Результаты исследования могут быть использованы на уроках биологии и химии.

Литература.

1. Валеева Д.И., Саттиходжаев Хожакбархон, Швинк К.Ю., Гумеров Т.Ю.
2. Введение в фотохимию органических соединений / Под ред. Г.О.Беккера. Л.: Химия. 1976 – 379с.
3. Кузнецова Н. Е. Химия. Учебник для 10 класса / Н.Е.Кузнецова М: Вентана-Граф, 2005.- 156 с.
4. Решетник О.А., Уткин А.В. ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ БЕТАЛАИНОВЫХ ПИГМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. – 2019. – № 2.;
5. Источник: <https://kustroz.ru/ovoshhnye/svekla-stolovaya.html>