МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЛИЦЕЙ №1 МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОРОД БУГУРУСЛАН»

БЕТАЛАИНЫ КАК ИНДИКАТОРЫ

Городская научно - исследовательская конференция

«Маленький шаг – большая наука»

|  |
| --- |
| Выполнила:  обучающаяся 11 класса  МБОУ Лицей №1  Идигишева Аделина Алмазовна |
| Руководитель:  учитель химии  МБОУ Лицей №1  Идигишева Нурслу Кубашевна |

**Бугуруслан, 2022**

**Оглавление**

Введение……………………………………………………………………....3

Глава I. Изучение красителей…..……………………………………………6

1.1. Историческая справка о получении и использовании красителей..….6

1.2.Пищевые красители.………………………………………………….....7

Глава II. Беталаины……..……………………………………………….…..9

2.1.Происхождение и особенности строения беталаинов...………….…...9

2.2. Полезные свойства……………………………………………………...10

2.3. Применение……………………………………………………………..12

Глава III.Экспериментальная часть…………………………………..…....13

3.1.Индикаторные свойства беталаинов ……………………….….............13

3.2.Гидролиз беталаинов…………………………..…………….………….14

3.3. Окислительно-восстановительные реакции беталаинов………….….16

Заключение…………………………………………………………….……..19

Список литературы………………………………………………………......20

# **Введение**

Самой главной качественной характеристикой продуктов питания, оцениваемой потребителями, являются их органолептические показатели – вкус, цвет и аромат. Причём цвет - это самый первый качественный показатель, на который потребитель обращает своё внимание при выборе товара.Отличительная особенность красителя- способность пропитывать окрашиваемый материал, пищу и давать цвет по всему его объему. Беталаины — это натуральные пигменты растений, которые в настоящее время набирают огромную популярность. Все это из-за того, что их используют как натуральные красители в пищевой промышленности.Сейчас все больше растет интерес потребителей к растительным безопасным аспектам питания. Он и увеличивает спрос на натуральные пигменты, такие как беталаины. Их уже начали использовать в качестве альтернативных красителей в пищевых продуктах.

Самыми известными считаются беталаины из красной свёклы. Хотя они и не изучены достаточно хорошо по сравнению с другими природными пигментами, как [антоцианы](https://zoneplanet.ru/antociany-polza/), каротиноиды или [хлорофилл](https://zoneplanet.ru/zhidkij-xlorofill/). Но ученым удалось раскрыть некоторые фармакологические свойства беталаинов. Они проявляют антиоксидантную, противораковую, антилипидемическую и антимикробную активность. Особенно это касается беталаинов, полученных из красной свеклы, амаранта, груши и красной питахайи.

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.

**Актуальность:** беталаиныможно использовать в качестве натуральных красителей в пищевой промышленности, а также они обладают полезными биологическими свойствами для организма человека.

**Гипотеза:** если использовать натуральные пищевые красители, а не синтетические, тоорганизм будет в порядке.

**Практическая ценность:** данное исследование поможет обучающимся осознать важность химических соединений, содержащихся в свёкле, повысить интерес к данномупродукту.

**Цель исследования:**показать эффективность использования беталаина как красителя и индикатора.

**Задачи:**

* обзор литературы для изучения беталаинов;
* изучить историю происхождения пищевых красителей
* исследовать способности компонентов свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции;
* оценить диапазон pH цветового перехода свекольного сока, чтобы охарактеризовать беталаины как индикатор;
* рассмотреть применение в пищевой промышленности;
* сформулировать выводы.

**Предмет исследования:** беталаины как краситель и индикатор

**Объект исследования:**корнеплод красной свёклы

**Методы исследования:**

1)теоретическое изучение и анализ научно - публицистической литературы;

2)поиск информации об окислительно-восстановительных свойствах беталаина;

3)проведение опытов в условиях школьной лаборатории;

4)анализ результатов опытно-экспериментальной деятельности.

В своей работе я рассмотрю беталаины корнеплодов красной свёклы, покажу их окислительно-восстановительную способность и постараюсь ответить на следующие **вопросы:**

1) Каков диапазон pH цветового перехода свекольного сока;

2)Способности компонентов свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции;

Для решения данных вопросов, я рассмотрела строение и химические свойства беталаинов; изучила справочные источники; самостоятельно поставила эксперимент; консультировалась со своим учителем в случае затруднения; училась анализировать и правильно оформлять результаты.

# **Глава I. Изучение красителей**

**1.1 Историческая справка о получении и использовании красителей**

Народный способ окраски растениями известен издавна. Природных красителей, дающих прочную красную и синюю окрас­ку— цвета, считавшиеся во все времена особенно ценными, немного. Первыми по красоте и долговечности были два красных красителя жи­вотного происхождения: пурпур, добывавшийся из средиземноморских моллюсков до ХIV в., кармин, который получали из насекомых разных видов: из червеца и кермеса (в Европе, Азии и Африке) и из кошенили (в Южной Америке).

Наиболее популярным растительным красителем, красного цвета был крап, который экстрагировали из корней марены красильной.

Известный краситель синего цвета — индиго получали из растения индигоферы, произрастающего в странах с теплым, климатом: в Индии и Юго-Восточной Азии.

Широко использовались также ярко-желтые красители, которые извлекали из тропического растения куркумы и корней — барбариса. Эти яркие и прочные краски шли на изготовление драгоценных тканей. Более дешевыми красными красителями были софлор, красный сандал, орсейль (краситель средиземноморского лишайника) и орлеан, из которого получали оранжевую краску для шелка.

Кроме того, существовало множество желтоватых и коричневых красителей разных оттенков, которые получали в каждой стране из местно­го сырья — корней и коры растений самых разнообразных видов. Эти красители были самыми доступными, и поэтому коричневые, бурые и неяркие желтые тона считались цветами бедности.

Естественные природные красители использовались в текстильной промышленности вплоть до 60-70-х гг. XIX в. Только после изобретения анилиновых красителей стали применять другие способы крашения. Однако в ковроделии, при выработке художественных изделий ручным способом древние методы сохра­няются и в настоящее время.

**1.2Пищевые красители**

Пищевые красители использовали еще в древние времена для улучшения внешнего вида пищевых продуктов.Пищевые красители подразделяются на съедобные красители, стабилизаторы цвета, поверхностные красители и красители для несъедобных оболочек.

К пищевым красителям предъявляют следующие основные требования:

* Безвредность в применяемых дозах, в том числе отсутствие концерогенности, мутагенности, ярко выраженной биологической активности;
* прочность окраски (устойчивость к действию света, окислителей и восстановителей, изменениям кислотно-щелочной среды, повышению температур);
* высокая степень окрашивания при низких концентрациях красителя;
* способность растворяться в воде или жирах, а также равномерно распределяться в массе пищевых продуктов
* не допускается маскировать с помощью красителей изменение цвета продукта, вызванное его порчей, нарушением технологических режимов или использованием недоброкачественного сырья.

Итак, пищевые красители бывают натуральными (природными) и синтетическими (это органические соединения, в природе не встречающиеся, то есть искусственные). Натуральные(естественные) красители начали использоваться очень давно без проведения каких-либо исследований, в том числе токсикологических.В большинстве своем они имеют растительное происхождение и представляют собой смесь каротиноидов, антоцианов, беталаинов, флавоноидов, хлорофилла и других натуральных компонентов.Все они могут применяться для окрашивания пищевых продуктов.

Натуральные пищевые красители, выделяемые из растительных источников,могут быть классифицированы по основным классам молекул-пигментов.С точки зрения возможности использования растительных красящих веществ в цветообразовании пищевых продуктов, наибольшее распространение получили вещества, относящиеся к беталаинам,каротиноидам и антоцианам. Беталаины- это единственные из большой группы алкалоидов окрашенные соединения.Беталаиновые пигменты накапливаются в различных органах растения- цветках, корнях, стеблях и листьях.Широко известными представителями бетацианинов являются бетаниниз столовой свеклы и амарантин, выделенный из растения Amarantus.

Незначительное содержание в бетаниновомсвекольном красителе воды исключает возможность развития микроорганизмов, поэтому он не требует консервантов при длительном хранении. А в момент соединения с водой продукт полностью восстанавливает первоначальные качества натурального сока свеклы, включая свет.

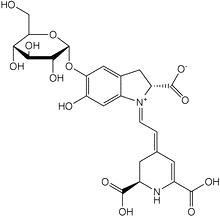
**Глава IIБеталаины**

**2.1Происхождение и особенности строения беталаинов**

Название «беталаины» происходит от латинского названия свеклы обыкновенной (Betavulgaris), растения, из которого впервые данные соединения были выделены. Глубокий красный цвет свеклы обусловлен присутствием беталаинов.[4] Беталаины могут обуславливать окрашивание частей растения в различные оттенки красного, пурпурного, оранжевого и жёлтого. При этом окраска существенно отличается от окраски, обусловленной наличием антоцианов, характерных для большинства растений.  
Когда-то считалось, что беталаины химически родственны антоцианам (красные пигменты большинства растений). Как беталаины, так и антоцианы являются водорастворимыми пигментами, накапливающимися в вакуолях растительных клеток.

Беталаины - уникальные азотсодержащие пигменты, состоят из бетацианинов и бетаксантинов, которые обычно используются в качестве цветных добавок в еде. Тем не менее, сейчас установлено, что беталаины структурно не похожи на антоцианы, кроме того эти две группы пигментов никогда не обнаруживаются в одном растении вместе. Одной из существенных структурных особенностей беталаинов является наличие атома азота, тогда как антоцианы азотане содержат.

В настоящее время известно, что беталаины являются производными ароматического гетероцикла — индола. Предшественником биосинтеза беталаинов служит аминокислота — тирозин. Беталаины являются гликозидами и состоят из углеводной и обуславливающей окраску ароматической части. Синтезу беталаинов в надземных частях способствует свет.[1]  
Наиболее изученным беталаином является бетанин (свекольный красный), который можно легко экстрагировать из корнеплода и корней красной свеклы. Бетанин является глюкозидом и гидролизуется с образованием глюкозы и бетанидина.[9] Бетанин используется в качестве пищевого красителя, его окраска чувствительна к pH среды.

рис.1 Бетанин

**2.2Полезные свойства.**

Благодаря своему уникальному химическому составу свёкла обладает лечебными и профилактическими свойствами. В составе свёклы содержится беталаин, который в течение многих лет использовался в качестве натурального пищевого красителя. Однако сейчас появляется все больше исследований, в которых беталаину приписываются мощные антиоксидантные свойства и способность бороться с опухолями и другими заболеваниями. Дело в том, что беталаины оказались способны нейтрализовать токсины и поддерживать естественный процесс детоксикацииклеток.[7]Беталаины также уменьшают количество ферментов, вызывающих воспаление. Кроме того, они помогают сбалансировать количество минералов внутри и вне клетки, поддерживая ее целостность. Все вместе это способствует снижению хронического воспаления, улучшению здоровья и увеличению продолжительности жизни. Как отмечают ученые, есть убедительные доказательства того, что употребление свеклы оказывает благоприятные физиологические эффекты, способные привести к улучшению клинических исходов для нескольких патологий, таких как: гипертония, атеросклероз, диабет 2 типа и слабоумие. Кроме того, беталаин обладает хорошей биодоступностью. После употребления в пищу он быстро всасывается в желудочно-кишечном тракте и попадает в систему кровообращения.

**Польза для эндотелия.**Беталаин способствует преобразованию нитратов в нитриты и выделению оксида азота. Оксид азота – один из важнейших биологических медиаторов, вовлеченный во множество процессов в организме. Одна из его наиболее важных его функций – в обеспечении функционирования эндотелиальных клеток (которые выстилают внутреннюю поверхность кровеносных и лимфатических сосудов). Истощение выработки оксида азота является основной причиной дисфункции эндотелия.

**Польза для здоровья мозга.** С возрастом кровоток через мозг часто снижается, однако образование дополнительного оксида азота благодаря употреблению свеклы может улучшить кровообращение и притормозить снижение когнитивной функции. Борьба с воспалением и окислительным стрессом. Хроническое воспаление связано с началом и прогрессированием нескольких клинических расстройств, таких как ожирение, заболевания печени, рак и сердечно-сосудистые заболевания.

Благодаря содержанию большого количества нитратов, биологически активных веществ, свекольный сок считается активным средством для применения спортсменам. Систематический обзор литературы показал, что прием сока свеклы может улучшить кардиореспираторную выносливость у спортсменов, увеличив эффективность при различных физических нагрузках и на анаэробной пороговой интенсивности, повышение физической выносливости.

**2.3.Применение**

Используют Е162 для придания цвета сухим зерновым завтракам, экструдированным фруктам, овощам, приготовленным с уксусом, в рассоле или в масле, кроме оливок.Так же краситель широко применяется в кондитерской продукции — красный свекольный кладут в желе, джемы и прочие продукты, в которых присутствуют переработанные фрукты. Присутствует добавка Е162 и в сардельках, сосисках, паштетах, вареных колбасах и мясе, в копченых колбасках и сосисках и многих других продуктах.Популярный краситель бетанин и у производителей молочных и кисломолочных продуктов. Им окрашивают йогурты, глазированные сырки, суфле и пасты из творога.Кроме того, он содержится в супах быстрого приготовления, соусах, жевательных резинках, мороженом и всевозможных десертах.

Кроме пищевой промышленности, краситель Е-162 используют в фармацевтике и при изготовлении косметических средств. Разрешен к применению во всех странах мира.

**Глава III. Экспериментальная часть**

**3.1 Индикаторные свойства беталаинов**

Первые опыты по изучению беталаиновых соединений и их химической природы провел известный английский химик Роберт Бойль. Еще в 1664 году он впервые обнаружил, что под действием кислот малиновый цвет свёклы изменяется на красный, под действием же щелочи корнеплодбуреет. Я заинтересовалась этим фактом и решила провести исследование.

**Методика выполнения экспериментальной части.**

**Приборы и материалы:** корнеплоды красной свёклы, нож, соковыжималка,7 химических стаканов.

**Реактивы:** соляная кислота, гидросульфат натрия, хлорид алюминия, хлорид аммония, гидрокарбонат натрия, карбонат натрия, гидроксид калия, вода.

**Ход работы:**

1.Помыв предварительно свёклу, почистила и выжала сок с помощью соковыжималки.

2. В химические стаканы приготовила 7 различных растворов веществ: соляную кислоту, гидросульфат натрия, хлорид алюминия, хлорид аммония, гидрокарбонат натрия, карбонат натрия, гидроксид калия.

3. Измерила рН каждого раствора рН-метром. Результаты представлены в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название вещества | HCl | NaHSO4 | AlCl3 | NH4Cl | NaHCO3 | Na2CO3 | KOH |
| рН | 1 | 1,4 | 2,9 | 4,7 | 8,3 | 11,8 | 12,8 |

4. Затем к каждому раствору прилила по 2-3 капли свекольного сока. И получила растворы:



рис.2 Растворы после добавления свекольного сока.

Цвет беталаина меняется в зависимости от кислотности: максимально яркий свекольно-красный цвет достигается в слабокислой среде при pH=5, при повышении pHбеталаин приобретает сине-фиолетовый оттенок. В щелочной среде свекольный красный подвергается гидролизу, результатом чего является жёлто-бурый цвет.

**3.2 Гидролиз беталаина**

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

Первая стадия заключается в окислении индольной структуры. Связь между кислородом и водородом ослаблена, следовательно, водород легко может быть оторван, образуя свободный радикал, превращающийся в дальнейшем хиноидную структуру, при этом в радикал превращается углерод в 9-ом положении (третичный атом углерода). В результате атаки кислорода образуется эпоксисоединение [4], которое очень легко реагирует с нуклеофилами, даже такими слабыми как вода. Эпоксисоединение превращается в енольную форму, которая в свою очередь, изомеризуется в карбонильную группу. Наличие электроноакцепторной карбонильной группы в индольном кольце увеличивает дефицит электронной плотности на атоме азота, молекула становится неустойчивой и под действием воды разрушается. В результате такого распада молекула бетанина распадается на два фрагмента: индольный, в котором азот присутствует в аммонийной форме и беталамовый альдегид. Гидролиз органического соединения, как правило, есть окислительно-восстановительный процесс. В случаеиминиего фрагмента (=N + =CH-) азот восстанавливается и остаётся в аммонийной форме, а атом углерода окисляется в альдегидную группу.

**Методика выполнения экспериментальной части.**

**Приборы и материалы:** корнеплоды красной свёклы, спиртовка, 4 пробирки.

**Реактивы:** соляная кислота, свекольный сок, вода.

**Ход работы:**

1.Притоговила раствор свекольного сока.

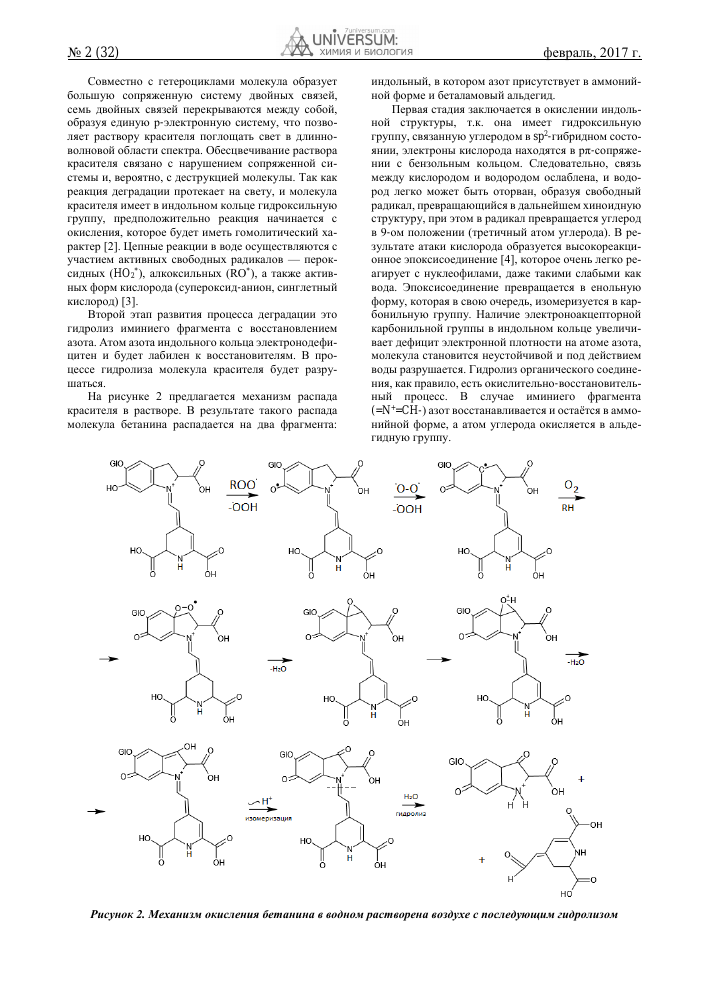
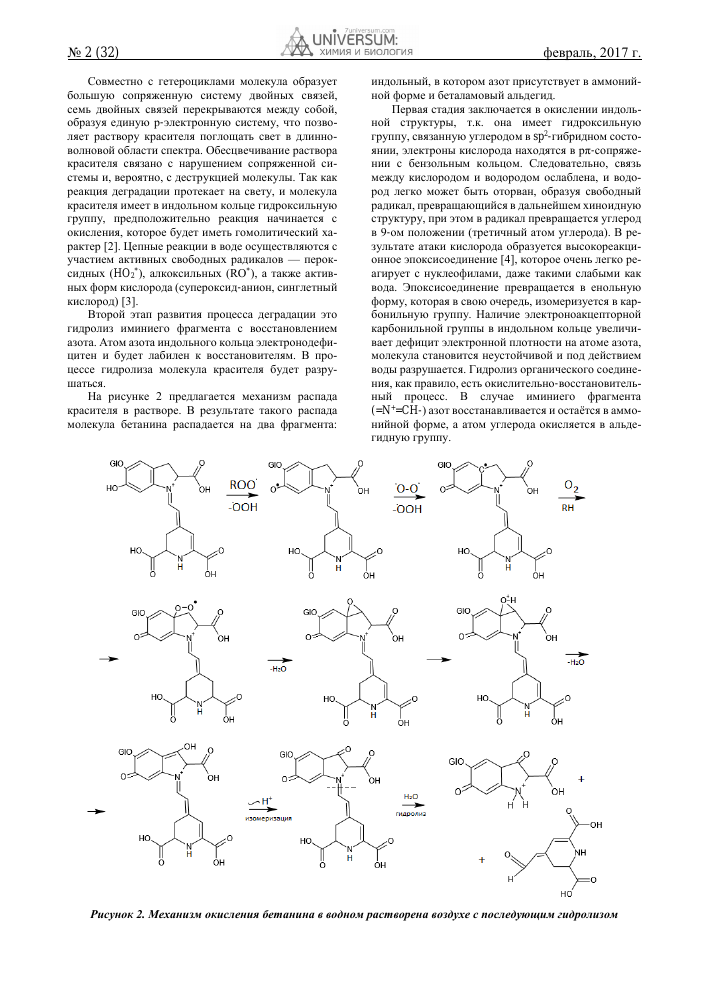
2.Разделила на 4 пробирки, чтобы проследить как изменяется цвет беталаина в зависимости от времени.

3.В свекольной сок добавила 10%-ную соляную кислоту.

4.Нагревала сначала 1 пробирку-минуту, вторую-3 минуты, третью-5 минут, четвертую-7 минут.

5.Сравнила цвета растворов. В пробирке, которую нагревала 7 минут в пламени спиртовки, раствор свекольного сока обесцветился.

 рис.3 Постепенный гидролиз беталаина.

рис.4Гидролиз беталаина.

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.Обесцвечивание раствора красителя связано с нарушением сопряженной системы и, вероятно, с деструкцией молекулы. 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]. Цепные реакции в воде осуществляются с участием активных свободных радикалов — пероксидных (HO 2\* ),алкоксильных (RO \* ), а также активных форм кислорода (супероксид-анион, синглетный кислород).

**3.3.Окислительно-восстановительные реакции беталаинов**

Я также провела реакции с подкисленным раствором дихромата и перманганата калия, соли Мора.

**Методика выполнения экспериментальной части.**

**Приборы и материалы:** корнеплоды красной свёклы, 4 пробирки.

**Реактивы:**перманганат калия, свекольный сок, дихромат калия, серная кислота, соль Мора, соляная кислота.

**Ход работы:**

1.Приготовила раствор свекольного сока разлила в две пробирки.

2. В одну из пробирок прилила раствор перманганата калия и серную кислоту, а в другую дихромат калия и серную кислоту.

3.Наблюдала изменение цвета раствора. В пробирке с перманганатом калия (первоначально малинового цвета) образовался раствор тёмно-зеленого цвета. А в пробирке с дихроматом (оранжевого цвета) образовался светло-жёлтый раствор.



Рис.5С подкисленным раствором перманганата калия

Рис.6 С подкисленным раствором дихромата калия

Изменение цвета растворов доказывает о наличии гидроксильной группы в составе молекулы беталаина.

4. При добавлении к водномураствору красителя соли Мора происходит обесцвечивание раствора за несколько минут, при этом трехвалентное железо не образуется, а образуется коллоид сине-зеленого цвета, которыйдостаточно быстро коагулирует, образуя над осадком прозрачную жидкость.



5. При добавлении к этому раствору соляной кислоты начинается бурная окислительно-восстановительная реакция, с выделением газа и образованием рыжего осадка трехвалентного железа (изменение валентности железа). Эта реакция показывает вероятность разрыва связи в иминиевом фрагменте. Предполагается, что при добавлении соли Мора индольный фрагмент образует комплекс с двухвалентным железом с разрушением иминиевой связи*,* процесса восстановления при этом не наблюдается, а также полное исчезновение окраски говорит об образовании комплекса.



**Заключение**

В своей работе я рассмотрела беталаины корнеплодов красной свёклы как натуральные пищевые красители и кислотно-основные индикаторы. Цвет пищевого продукта имеет для потребителя огромное значение: это не только показатель свежести и качества продукта, но и необходимая характеристика его узнаваемости. За цвет продукта ответственны присутствующие в нём красители.

Проведя данное исследование,я оценила диапазон рН цветового перехода свекольного сока, чтобы охарактеризовать беталаины как индикатор. Я выяснила, что в кислой среде беталаины приобретают малиновую окраску,в нейтральной-ярко-красную, а в щелочной- жёлто-бурую.

Для исследования способностей компонентов свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции, яосуществила реакциис подкисленным раствором дихромата и перманганата калия.Изменение цвета растворов доказывает наличие гидроксильной группы в составе молекулы беталаина.

С помощью данной работы я рассмотрела беталаины в качестве цветных добавок в еде. Они известны в качестве пищевой добавки по коду E-162 (бетанин) в Европейском союзе и 73.40 (свекольный порошок) Управления по продовольствию и медикаментами (FDA). E-162 в основном применяется для окраски фруктовых йогуртов, мороженого, джемов, жевательных резинок, соусов и супов. Тот же пигмент используется в косметических и фармацевтических препаратах.

Я считаю,что цели и задачи поставленные мною достигнуты,гипотеза доказана.Исследования в этом направлении будут продолжены.

# **Список литературы**

1. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. – 422 с.

2. Введение в фотохимию органических соединений / Под ред. Г.О.Беккера. Л.: Химия. 1976. ‒ 379с.

3. Гривенников В.Г., Виноградов А.Д. Генерация активных форм кислорода митохондриями // Успехи биологической химии. – 2013. Т.53, – № 12. с.245 –296.

4. Дрюк В.Г, Карцер В.Г, Войцеховская М.А. Оксираны – синтез и биологическая активность. М.: Богородский

печатник, 1999. – 528 с.

5. Кардовский А. А. Совершенствование технологии и разработка новых видов купажированных соков из свеклы: дис. канд. техн. наук: 05.18.01. Краснодар: КГТУ, 2008. 153 с.

6. И. И. Саенко [и др.] /Бетацианины корнеплодов красной столовой свеклы // Научные ведомостиБелгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. № 3 (122). Вып. 18. С. 194–200.

7.Jackman RL., Smith JI. Anthocyanins and betalains. Natural foodcolours. Chapman, London. 1996. Р.244 -309.

8. Stintzing F.C., Carle R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in Food Science & Technology. 2004. Vol.15. No.1. P.19-38.

9. Stintzing F.C., Carle R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in Food Science & Technology. 2004. Vol.15. No.1. P.19-38.