

**ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский
университет «Высшая школа экономики»**

**Министерство образования Пензенской области ГАОУ ДПО
«Институт регионального развития Пензенской области»
Управление образования города Пензы**

**МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г.
Пензы МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г.
Пензы Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных
Интернет-Проектов «ДМИП.рф»**

**V открытый региональный конкурс исследовательских и
проектных работ школьников**

«Высший пилотаж - Пенза» 2023

Секция: химия

Молочная кислота: свойства, применение, эффект.

Автор работы: учащаяся 11 класса
МБОУ «СОШ №225» г.Заречный
Пензенской области
Власова Алёна Сергеевна
Научный руководитель:
учитель химии
Гусятникова Наталья Евгеньевна

2023

Содержание

	страница
1. Введение	3
2. Теоретическая часть	3
Раздел 1. Что такое молочная кислота? История ее открытия	3
Раздел 2. Физические свойства молочной кислоты	4
Раздел 3. Химические свойства молочной кислоты	4
Раздел 4. Получение молочной кислоты	5
Раздел 5. Молочная кислота в организме человека	6
Раздел 6. Молочная кислота и молочнокислое брожение	6
Раздел 7. Молочная кислота и косметология	7
3. Экспериментальная часть	7
1. Обнаружение молочной кислоты	7
2. Разложение молочной кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой	8
3. Химические реакции на карбоксильную группу	8
4. Химические реакции на гидроксогруппу	9
5. Действие молочной кислоты на природные объекты	10
4. Выводы	11
5. Заключение	12
6. Используемые источники	12
7. Приложение	13

1. Введение.

Актуальность исследования.

В настоящее время установлено, что молочная кислота играет важную роль в процессе обмена веществ. Она накапливается в мышечной ткани, поэтому после тяжелой физической нагрузки мы сталкиваемся с болью в мышцах. Вместе с тем исследуемое вещество благотворно влияет на микрофлору кишечника, состояние нашей кожи и волос, вследствие чего его активно используют в косметологии, фармацевтике, а диетологи рекомендуют чаще употреблять в пищу кисломолочные продукты, она также играет важную роль в функционировании нервной системы и работе мозга.

Итак, *целью нашего исследования* является изучение общих и специфических свойств молочной кислоты.

Для достижения поставленной цели были определены следующие *задачи исследования*:

1. Найти и изучить информацию об общих и специфических свойствах молочной кислоты.
2. Провести химические реакции, подтверждающие свойства молочной кислоты и определить воздействие молочной кислоты на природные объекты.
3. Разобраться в причинах широкого применения молочной кислоты.
4. Сформулировать выводы.

Исходя из этого *объектом нашего исследования* является молочная кислота. *А предметом исследования* являются – свойства молочной кислоты.

Гипотеза исследования: обширная область применения молочной кислоты обусловлена ее строением и специфическими свойствами.

Практическое значение работы. Оксикислоты не изучаются в школьном курсе органической химии. Молочная кислота как соединение со смешанными функциями вызовет интерес у учащихся увлеченных предметом, углубит их знания при подготовке к олимпиадам, НПК и ЕГЭ. Кроме того, факты механизмов воздействия на организм человека могут быть использованы на уроках биологии. Причинно-следственные связи между особенностями строения, свойств данного соединения и широким спектром применения расширит кругозор учащихся.

2. Теоретическая часть.

Раздел 1. Что такое молочная кислота?

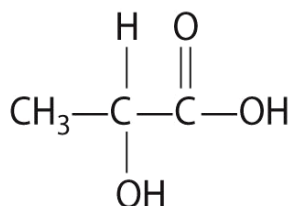
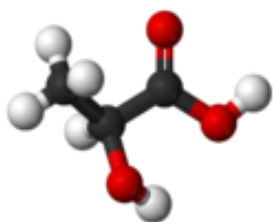
Молочная кислота (α -оксипропионовая, 2-гидроксипропановая кислота) $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-COOH}$ — одноосновная карбоновая кислота с тремя атомами углерода, содержащая гидроксильную группу. Соли и эфиры молочной кислоты называются лактатами. Она образуется при молочнокислом брожении сахаров и играет важную роль в метаболизме.

История открытия.

В 1780 году шведский химик Карл Вильгельм Шееле выделил молочную кислоту из прокисшего молока в виде коричневого сиропа. А в 1808 году Йенс Якоб Берцелиус

выяснил, что вещество образуется в скелетных мышцах при выполнении физических упражнений. В 1833 году была установлена формула молочной кислоты.

Раздел 2. Физические свойства молочной кислоты.



Кислота представляет собой бесцветный или окрашенный в слабый желтый цвет водный раствор с концентрацией до 90 %, имеющий кислый вкус и едва выраженный запах. В связи с высокой способностью поглощать водяные пары из воздуха, температуру плавления молочной кислоты принято указывать в диапазоне 18 до 33°C. Она растворима в воде, спирте, эфире, органических растворителях. Не растворима в бензоле, хлороформе. При окислении превращается в другие виды кислот: муравьиную, уксусную, щавелевую пировиноградную. [2]

Раздел 3. Химические свойства молочной кислоты.

Химические свойства гидроксикислот обусловлены наличием в их структуре спиртовых (-ОН) и кислотных (-СООН) групп. В реакциях эти функциональные группы могут реагировать независимо друг от друга, обуславливая спиртовые и кислотные свойства гидроксикислот соответственно. В некоторых реакциях эти группы взаимодействуют друг с другом, либо влияют друг на друга, что обуславливает их специфические свойства.

Кислотные свойства гидроксикислот.

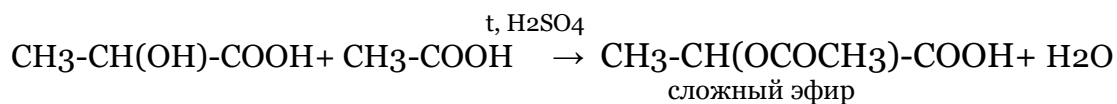
Химические реакции молочной кислоты на карбоксильную группу.

Как и все органические и неорганические кислоты молочная кислота изменяет окраску индикаторов, взаимодействует с основаниями, средними и кислыми солями, основными оксидами, вступает в реакцию этерификации со спиртами, а в реакции молочной кислоты с натрием участвуют и гидроксильная и карбоксильная группы.

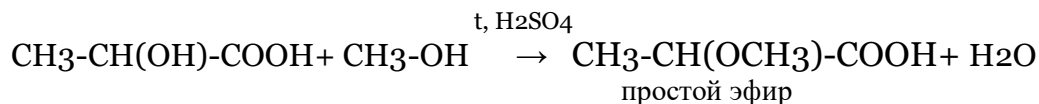
Спиртовые свойства оксикислот.

Химические реакции молочной кислоты на гидроксогруппу:

Оксикислоты, подобно спиртам, способны окисляться (в отличие от обычных кислот, которые, как правило, стойки к окислению). При окислении спиртовая группа превращается в карбонильную группу альдегида или кетона в зависимости от наличия первичной или вторичной спиртовой группы. При этом оксикислоты превращаются в альдегидокислоты или кетонокислоты. При окислении молочной кислоты оксидом меди(II) и раствором перманганата калия образуется пировиноградная кислота, которая является кетонокислотой. Молочная кислота может образовывать различные эфиры. При замещении в спиртовом гидроксиде атома водорода кислотным остатком оксикислоты дают сложные эфиры:



При замещении в спиртовом гидроксиде атома водорода радикалом образуются простые эфиры:

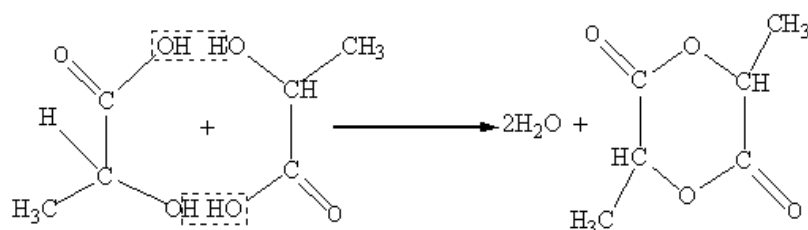


Особенность химических свойств оксикислот.

Оксикислоты объединяют в себе свойства карбоновых кислот и спиртов. Особые свойства оксикислот связаны с взаимодействием COOH- и OH- групп.

1. Все гидроксикислоты являются более сильными кислотами по сравнению с соответствующими карбоновыми кислотами, т.е. гидроксильная группа усиливает диссоциацию кислотной карбоксильной группы. Чем ближе спиртовой радикал находится к карбоксильной группе, тем сильнее данная кислота. Кислотность COOH- группы увеличивается за счет электроноакцепторного влияния OH- группы, особенно сильно у α-оксикислот, поэтому молочная кислота является более сильной, чем уксусная кислота.

2. Молочная кислота также при дегидратации образует лактид- циклический сложный эфир

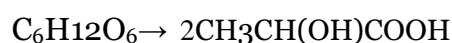


Лактиды полимеризуются в биоразлагаемый пластик, который используется в медицине и фармакологии.

Раздел 4. Получение молочной кислоты.

Ферментативный способ.

Ферментативный способ получения молочной кислоты пользуется большей популярностью, поскольку благодаря ему получается более чистое соединение. Для него применяют углеродное сырье (глюкозу, сок сахарной свеклы), питательные вещества и ряд микроорганизмов. По завершению процедуры ферментации получившуюся кислоту подвергают тщательной процедуре очистки.



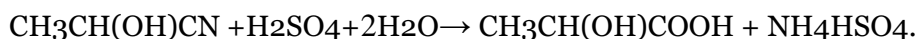
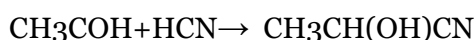
Именно таким способом получают молочную кислоту для фармацевтической отрасли. Вещество, склонное к образованию эфиров дилактидов, полимеризуется в полилактиды (PLA)-биоразлагаемый пластик. В результате образуется термопластичный

полимер, который является материалом для изготовления одноразовых медицинских инструментов, биоразлагаемых хирургических нитей и оболочек для лекарственных препаратов.



Синтетический способ.

Молочную кислоту производят и синтетическим способом при помощи органических соединений класса альдегидов с синильной кислотой с получением лактонитрила. Затем его гидролизуют до молочной кислоты, либо концентрированной HCl или H₂SO₄ до получения соответствующей соли аммония и молочной кислоты. [7]



Раздел 5. Молочная кислота в организме человека.

Молочная кислота содержится в человеческом организме и играет важную роль в обмене веществ, работе нервной и эндокринной систем, мышц и мозга, а также входит в состав пота.

Наверняка вам знакома боль в теле после длительной физической нагрузки. Но возникает она, часто уже в начале тренировки, потому что в это время в нашем организме запускается следующий процесс. Для того, чтобы произвести энергию, без которой невозможна любая активность, тело сжигает глюкозу через два типа дыхания: аэробный (в присутствии кислорода) - медленно и анаэробный (без кислорода) - процесс идет уже быстрее. В результате, как шлак вырабатывается молочная кислота и вызывает изменение концентрации ионов водорода во внутренней среде, pH сдвигается в кислую область. Затем в мышцах увеличивается приток воды, но кислота вымываться не успевает. Это начинает раздражать нервные окончания и мы чувствуем ту самую боль. [3]

Раздел 6. Молочная кислота и молочнокислое брожение.

Исследуемое соединение – результат брожения при участии молочнокислых бактерий, которых активно используют в производстве творога, сметаны, кисломолочных напитков и других продуктов. Эти бактерии сбраживают лактозу и глюкозу до молочной кислоты.

Молочная кислота обладает свойством подавлять гнилостную микрофлору кишечника, которая хорошо развивается в нейтральной или слабощелочной среде и разлагает остатки белковой пищи, образуя сильные органические яды, такие, как индол, фенол и другие. Эти яды всасываются стенками кишечника и поступают в кровь и лимфу. Они отрицательно влияют на нервную и кровеносную системы организма. Сама молочная кислота нейтрализуется, проходя через кишечник. А вот молочнокислые бактерии сбрасывают остатки пищи и создают кислую реакцию среды, которую гнилостные микробы не выдерживают и погибают. [4]

Бактерии, вырабатывающие молочную кислоту, являются пробиотиками. Они способны предотвратить рак толстой кишки, облегчить непереносимость лактозы, диарею, избавиться от язвы желудка и укрепить иммунную систему.

Молочная кислота – это природный консервант, который производители добавляют в некоторые пищевые продукты, такие как маринованные овощи, квашенная капуста, йогурт, кефир, ею обрабатывают мясо.

Раздел 7. Молочная кислота и косметология.

Исследуемое вещество широко применяется в сфере косметологии. Молочная кислота относится к категории АНА-кислот. Она не так популярна, как та же гликолевая, салициловая или миндальная кислоты. Но это вовсе не значит, что компонент заслуживает особого внимания. Вещество ценится за свою многозадачность.

Практически универсальная кислота может устранить самые разные проблемы кожи. Это и обезвоживание, и черные точки, и потеря упругости, дряблость. Молочную кислоту включают в различные виды косметических средств. Она может присутствовать в составе пилингов, сывороток, масок, гелей для умывания, кремов и не только.

Для изготовления косметики обычно выбирают молочную кислоту, полученную путем ферментации кукурузы. Для кожи человека этот ингредиент - родственник на биологическом уровне, ведь молочная кислота является частью гидролипидной мантии кожи. На этом основании можно сказать, что компонент безопасен в уходе.

Поскольку вещество относится к категории фруктовых кислот, одним из главных его свойств является удаление омертвевших клеток. Оно деликатно растворяет ороговевшие частицы и тем самым выравнивает рельеф кожных покровов, улучшает тон лица. [5]

В приложении представлены мои средства ухода для кожи, в составе которых присутствует молочная кислота: пилинги от белорусского и немецкого бренда (фото в приложении), косметические продукты нового поколения для эксфолиации кожи лица. Они ее не травмируют, но при этом хорошо очищают, удаляя излишки кожного жира и омертвевшие клетки, что позволяет мне пользоваться этими средствами даже зимой

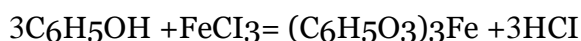
3. Экспериментальная часть.

Практическую часть работы мы проводили в доказательной форме. Используя теоретические сведения о молочной кислоте, мы провели следующие опыты.

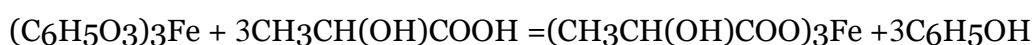
1.Обнаружение молочной кислоты.

Качественная реакция α -гидроксикислот с хлоридом железа (III).

В две пробирки вводим по 2 мл 1%-ного раствора фенола и прибавляем несколько капель 1%-ного раствора хлорида железа (III). Растворы окрашиваются в фиолетовый цвет. В одну пробирку добавляем три капли 5% - ного раствора молочной кислоты, а в другую – столько же капель аналогичного раствора уксусной кислоты. В пробирке 1 с молочной кислотой появляется зеленовато-желтое окрашивание, в пробирке 2 с уксусной кислотой цвет раствора не изменяется. Это связано с тем, что α -гидроксикислоты вытесняют фенол из комплексного фенолята с образованием лактата железа . [6]



фенолфенолят железа



фенолят железа молочная кислота

лактат железа

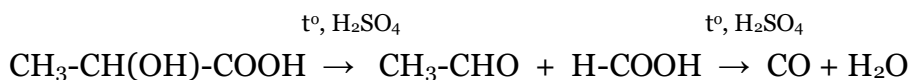
фенол

С помощью данного опыта мы определили наличие молочной кислоты в рассоле квашенной капусты, кисломолочном продукте –ряженке и фармакологическом препарате Хилак Форте. В результате исследования мы убедились, что все взятые нами образцы содержат молочную кислоту, но в разных количествах, о чем свидетельствует интенсивность окраски раствора лактата железа.

Дальнейшие исследования мы проводили с использованием молочной кислоты приобретенной в интернет-магазине, так как в исследуемых образцах молочная кислота находится в комплексе с другими веществами.

2.Разложение молочной кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой.

Смесь равных объемов (по 1 мл) 5% молочной и концентрированной серной кислот осторожно нагреваем в пробирке с газоотводной трубкой. При разложении образовавшейся муравьиной кислоты выделяется оксид углерода (II), который зажигаем у отверстия газоотводной трубки. [1] Он горит голубоватым пламенем:



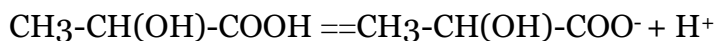
3. Химические реакции на карбоксильную группу:

Взаимодействие молочной кислоты с универсальной индикаторной бумагой, щелочью, основным оксидом, и щелочным металлом

а) Изменение окраски универсальной индикаторной бумаги.

В 1 мл 5% р-ра молочной кислоты опустили универсальную индикаторную бумагу. Она изменяет свою окраску на малиновую. С помощью рН-метра мы измерили показатель рН используемой нами молочной кислоты, он оказался равным 1,63.

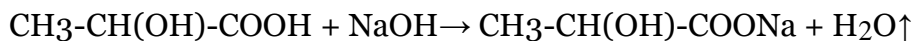
Молочная кислота является электролитом и диссоциирует. Согласно справочным данным константа ее диссоциации ($1,38 \cdot 10^{-4}$) выше константы диссоциации уксусной кислоты ($1,74 \cdot 10^{-5}$)[8]



Катион водорода H^+ изменяет окраску индикатора

б) Взаимодействие со щелочами.

К 1 мл 5% р-ра молочной кислоты добавляем 5% р-р гидроксида натрия, и снова исследуем раствор универсальной индикаторной бумагой, её окраска изменяется до зеленой, что свидетельствует об изменении характера среды в процессе химической реакции.

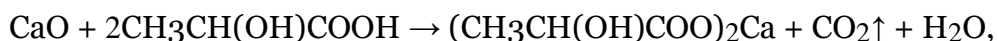


В процессе химической реакции происходит изменение характера среды, из кислотной в нейтральную так как происходит реакция нейтрализации.



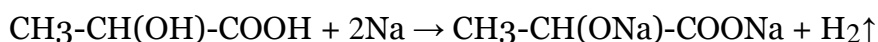
в) Взаимодействие с оксидами металлов.

В пробирку с 5% р-ром молочной кислоты объемом 1 мл добавляем оксид кальция, наблюдаем выделение углекислого газа, который вызывает помутнение известковой воды.



г) Взаимодействие с металлами.

В две склянки поместили по 10 мл 15% растворов молочной и уксусной кислот. Затем добавили сходные по размеру кусочки металлического натрия. В обеих склянках начались химические реакции. В склянке с молочной кислотой реакция прошла более активно и закончилась быстрее. Это объясняется тем, что в реакции молочной кислоты с натрием участвуют и гидроксильная и карбоксильная группы.



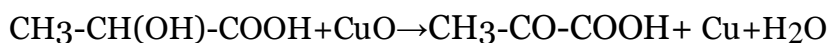
4. Химические реакции на гидроксогруппу:

Окисление молочной кислоты в пировиноградную кислоту.

а) Реакция с оксидом меди при нагревании.

В пламени спиртовки прокаливаем медную проволоку, она приобретает черный цвет – на поверхности образовался оксид меди CuO, затем проволоку опускаем в 5% р-р молочной кислоты. Оксид меди реагирует с молочной кислотой, при окислении спиртовая группа превращается в карбонильную группу, медь выделяется в чистом виде, о чем свидетельствует металлический блеск медной проволоки.

t



пировиноградная кислота

б) Реакция с раствором перманганата калия.

В пробирку наливаем ~1 мл 5% молочной кислоты, нейтрализуем ее раствором соды. Реакция среды должна быть слабощелочной pH~8 (проверяют с помощью универсальной индикаторной бумаги). Затем добавляем около 5 мл концентрированного раствора перманганата калия (раствор становится красно-малинового цвета), смесь нагреваем до кипения (образуется осадок в виде грязно-бурых хлопьев). За счет вторичной спиртовой группы молочная кислота окисляется, и образуется пировиноградная кислота:

t°C



В результате этих исследований мы экспериментально убедились в том, что молочная кислота является сильной кислотой и соединением со смешанными функциями. Проявляет химические свойства по карбоксильной и спиртовой группам.

5. Действие молочной кислоты на природные объекты

В этой части работы мы решили исследовать действие молочной кислоты в качестве консерванта, антисептика и компонента косметического средства.

Опыт 1. Молочная кислота, как консервант.

В данном опыте мы использовали 2 образца мяса свинины, один из них был обработан 1% раствором молочной кислоты, второй образец контрольный, не обработанный. Образцы находились в помещении при комнатной температуре. Через 24 часа провели осмотр образцов. Результаты наблюдений представлены в таблице.

Характеристики образцов	Образец, обработанный молочной кислотой	Контрольный образец
Цвет	Цвет изменился незначительно	Цвет изменился, стал более светлым.
Запах	Слабый, нерезкий	Сильный, резкий, неприятный

Заплесневелость	Практически отсутствует	Обширная
-----------------	-------------------------	----------

В ходе эксперимента мы выяснили, что образец, обработанный молочной кислотой, по внешним признакам менее изменен, что подтверждает возможность использования молочной кислоты в качестве консерванта.

Опыт 2. Антисептическое свойство молочной кислоты.

В данном опыте мы наблюдали действие молочной кислоты на жизнеспособность бактерий. Проба была получена следующим образом: из аквариума взяли порцию воды, в ней были обнаружены одноклеточные организмы, которых подкармливали молоком. Через несколько дней на поверхности воды образовалась пленка, выяснили, что данная пленка - результат жизнедеятельности сапротрофных бактерий. На предметное стекло поместили каплю воды с пленкой и исследовали ее под микроскопом. На экране отмечалась активность бактерий сапротрофов. После добавления капли 0,1% раствора молочной кислоты, активность бактерий снизилась, а затем прекратилась.

Результат эксперимента подтверждает антисептическое свойство молочной кислоты проявляющееся, в основном, в губительном воздействии на бактерии-редуценты и обеззараживании среды.

Опыт 3. Отшелушивающий эффект молочной кислоты.

В данном эксперименте мы использовали 2 образца кожи свинины, один из них был обработан 1% раствором молочной кислоты, второй образец контрольный не обрабатывали. Через 12 часов провели осмотр образцов. Кожа на экспериментальном образце посветлела, растворились ороговевшие частицы и рельеф выровнялся.

Проведенный эксперимент доказал эффективность использования молочной кислоты в составе средств для пиллинга.

4. Выводы.

В ходе нашей исследовательской работы мы пришли к следующим выводам:

1. Молочная кислота относится к группам кислот естественного происхождения. Она образуется естественным путем в результате распада молекул глюкозы. Вещество имеет натуральный состав.
2. Особые свойства молочной кислоты связаны с особенностями ее строения и взаимодействием разных функциональных групп $-COOH-$ и $-OH$.

3. Проведенные опыты подтвердили способность молочной кислоты выступать в качестве консерванта продуктов питания, антисептика и вещества, входящего в состав косметической продукции.
4. Нам удалось доказать гипотезу и убедиться в том, что обширная область применения молочной кислоты обусловлена ее строением и специфическими свойствами.

5. Заключение

Молочная кислота относится к оксикислотам и в связи с этим обладает двойственными функциями - кислотными и спиртовыми, обусловленными разными функциональными группами ($-OH$) и ($-COOH$). Они могут вступать в реакции независимо друг от друга и в тоже время влиять друг на друга, что приводит к усилению отдельных свойств. В ходе нашей работы мы убедились в наличии взаимосвязи между строением, свойствами и областями применения вещества. Так как оксикислоты не изучаются в школьном курсе, исследуемое нами вещество, как соединение со смешанными функциями вызовет интерес у учащихся увлеченных предметом, углубит их знания при подготовке к олимпиадам, НПК и ЕГЭ и расширит их кругозор.

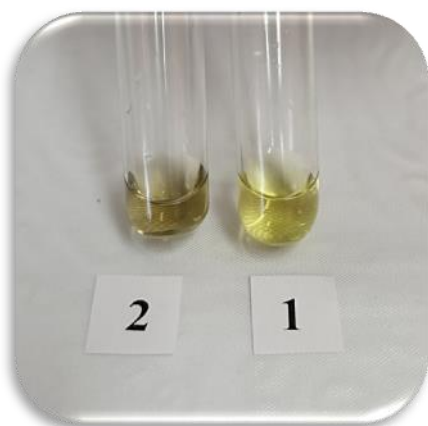
6. Используемые источники.

1. А.И.Артеменко, И.В.Тикунова, Е.К.Ануфриев. Практикум по органической химии. Москва «Высшая школа» 1991
2. <https://chem.ru/molochnaja-kislota.html>
3. <https://spina-expert.ru/drugie-bolezni/bolit-poyasnica-posle-fizicheskikh-nagruzok/>
4. <https://www.zdoroviedetey.ru/node/3813>
5. <https://medaboutme.ru/articles/molochnaya-kislota-v-kosmetike-na-cto-ona-sposob-na/>
6. <https://vunivere.ru/work1997/page21>
7. <http://himalianc.ru/molochnaya-kislota>
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. Издание 4-е. - Москва. "Химия". 1971

7. Приложение

Результаты экспериментальной части работы.

1. Качественная реакция α -гидроксикислот с хлоридом железа (III)



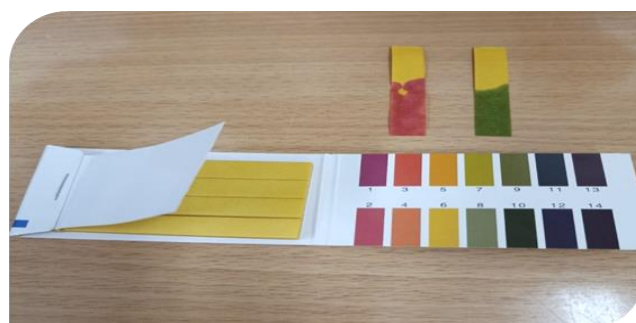
2. Обнаружение молочной кислоты в ряженке, фармакологическом средстве Хилак Форте, рассоле квашенной капусты.



3. Разложение молочной кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой. Горение CO .



4. Действие молочной кислоты на индикаторную бумагу. Изменение окраски индикаторной бумаги после реакции с щелочью.



5. Взаимодействие молочной кислоты с оксидом кальция.



6. Взаимодействие молочной и уксусной кислоты с натрием.



7. Окисление молочной кислоты в пировиноградную кислоту.

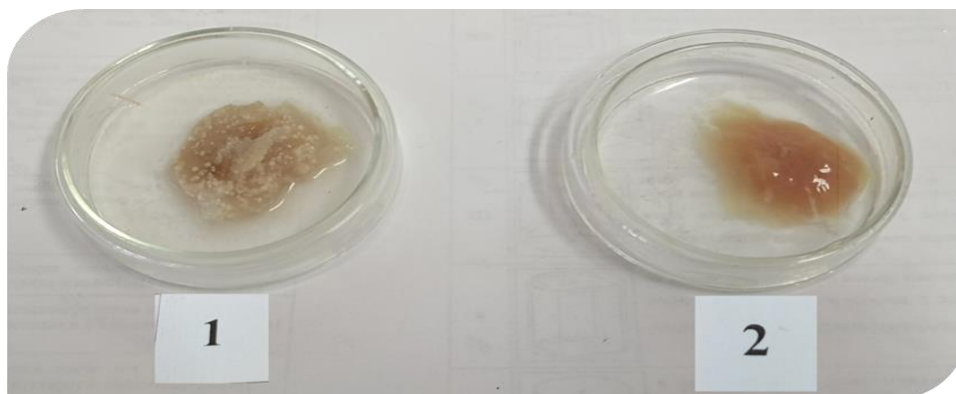
а) Реакция с оксидом меди при нагревании.



б) Реакция с раствором перманганата калия при нагревании



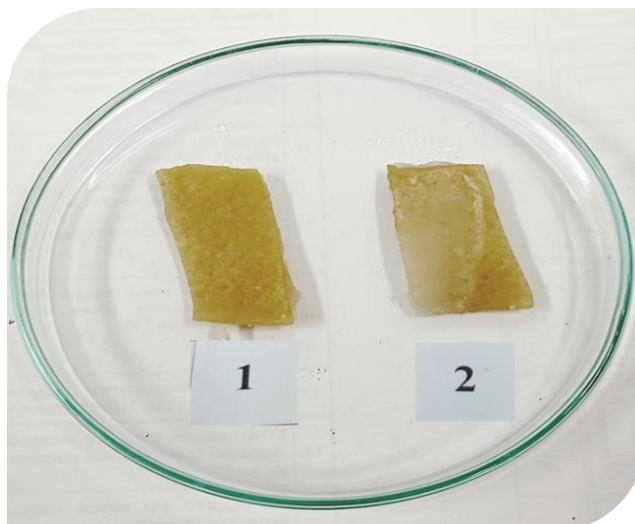
8. Результат действия молочной кислоты на образец свинины в качестве консерванта.



9. Результат антисептического воздействия молочной кислоты на бактерии сапрофиты.



10. Отшелушивающий эффект молочной кислоты на образце свиной кожи.



11. Образцы косметических средств, в состав которых входит молочная кислота.



12. Регистрация молочной кислоты в качестве пищевой добавки

ГОСТ 490-2006
Группа Н91

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**Добавки пищевые.
Кислота молочная E270.
Технические условия**

**Food additives.
Lactic acid E270.
Specifications ***

Рецензия

на исследовательскую работу
ученицы 11 класса МБОУ «СОШ №225» г. Заречный Пензенской области
Власовой Алены Сергеевны
по теме «Молочная кислота: свойства, применение, эффект»

В данной работе представлена теоретическая и практическая информация о строении, свойствах и применении молочной кислоты. Актуальность обсуждаемой темы обусловлена обширной областью применения данного вещества.

Целью исследовательской работы является изучение общих и специфических свойств молочной кислоты. Выдвинутая гипотеза предполагает, что область применения молочной кислоты обусловлена ее строением и специфическими свойствами. Гипотеза подтверждена в ходе эксперимента.

В данной работе присутствуют все обязательные элементы исследования: цель, задачи, методы исследования, определена суть изучаемой темы и ее актуальность, дан анализ использованных источников. Результаты исследования позволили сделать ряд выводов о происхождении, взаимосвязи строения и свойств молочной кислоты, а также областями ее применения. Проведенные опыты подтвердили способность молочной кислоты выступать в качестве консерванта продуктов питания, антисептика и вещества, входящего в состав косметической продукции. Тема работы раскрыта.

Структура изложения материала, грамотность оформления позволяют отметить, что работа соответствует основным требованиям, предъявляемым к исследовательской работе.

Учитель химии:  Гусятникова Наталья Евгеньевна