

*Факеева С.А.,
Магистрант 2 курса
кафедра «Биохимии и технологии микробиологических производств»
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, г. Уфа*

ХАРАКТЕРИСТИКА ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ЕЁ ПОЛУЧЕНИЯ

Аннотация: Данная статья посвящена особенностям получения яблочной кислоты, обладающей уникальнейшими свойствами. Химический синтез обусловлен рядом недостатком, в связи с этим наиболее часто используется микробиологический синтез с помощью бактерий *Brevibacterium*, обладающих высокой ферментативной активностью.

Ключевые слова: фумаровая кислота, яблочная кислота, фумаратгидратаза, ферментативный метод, метаболизм.

Annotation: This article is devoted to the features of obtaining malic acid, which has unique properties. Chemical synthesis is caused by a number of drawbacks, therefore, microbiological synthesis is most often used with the help of *Brevibacterium* bacteria, which have high enzymatic activity.

Key words: Fumaric acid, malic acid, fumarate hydratase, enzymatic method, metabolism.

В 1785 году шведским химиком Карлом Шееле было обнаружено соединение, названное яблочной кислотой, так как оно было найдено в неспелых яблоках. Последующее исследование свойств данного вещества сделало допустимым применение его в косметологии, пищевой индустрии, а также фармакологии. Яблочную кислоту вполне можно назвать одной из

самых полезных для использования человеком. В настоящее время используются такие названия этого соединения, как малат, оксиянтарная или гидроксипутандиовая кислота[1].

Фрукты и овощи богаты содержанием различных видов органических кислот. Яблочная кислота является одной из таких кислот и принадлежит к классу, известному как альфа-гидрокси кислоты. Обычные фрукты, такие как яблоки, виноград и клюква являются богатыми источниками яблочной кислоты; эта кислота также может быть найдена во многих видах овощей. Обыкновенная яблочная кислота (L – кислота) находится в свободном состоянии в соках множества растений, как, например, в соке крыжовника, незрелых яблок, винограда, и др. В виде кислой калиевой соли она может быть выделена из побегов и листьев барбариса, в виде кальциевой соли – из сока неспелой рябины. Для промышленного получения яблочной кислоты могут быть использованы листья хлопчатника[2].

Как известно, яблочная кислота принимает участие в цикле Кребса. Он представляет собой основной этап в дыхании клеток, использующих кислород, и является промежуточным звеном между гликолизом и электротранспортной цепью. Ключевая роль цикла трикарбоновых кислот – это синтез восстановленных коферментов ФАД*Н₂ и НАД*Н, которые затем применяются для получения АТФ, АДФ и фосфатов. Оксиянтарная кислота образуется в результате гидратации фумаровой. Ее последующее окисление при помощи НАД⁺, катализируемое малатдегидрогеназой завершает цикл Кребса.

Яблочная кислота является оздоровительным компонентом: увеличивает активность, обеспечивает организм энергией, защищает печень, компенсирует почечную недостаточность, используется при лечении от гипертонии. Она применяется в медицине как компонент, улучшающий восприимчивость и усваивание фармацевтических препаратов, способна уменьшить потери аминокислот, участвующих непосредственно в обменных

процессах организма. Оксиянтарная кислота играет важную физиологическую роль, так как способна предотвратить возникновение гипоксии. Гипоксия – это такое физиологическое состояние, вследствие которой происходит сбой в механизме транспорта кислорода к клеткам мышц, что приводит к быстрой усталости мышц. Важность яблочной кислоты во многих физиологических процессах в организме человека очень высока.

Так как яблочная кислота играет важную роль в метаболической активности клеток и способствует получению организмом АТФ, ее можно назвать «энергетическим потоком», который циркулирует по всему организму, увеличивая выработку клеточной энергии. Кроме выработки энергии, яблочная кислота также помогает в защите мышц от истощения и помогает в уменьшении токсических воздействий конкретных металлов. Кроме того, яблочная кислота также поддерживает иммунную систему, обеспечивает здоровье полости рта, способствует здоровью и функционированию сердца, нервов и мышц, а также полезна для кожи [3].

Накопление ядовитых металлов в организме может привести к серьезным проблемам со здоровьем, таким как заболевания печени и заболевания головного мозга. Необходимо отметить, что яблочная кислота является отличным хелатором металла и обладает способностью прикрепляться к металлам, таким как свинец или алюминий, которые могут накапливаться в организме, образуя с ними комплексы. Таким образом снижается риск для здоровья.

Кроме того, оксиянтарная кислота также способствует в поддержании гигиены полости рта. Она работает как антисептик, который помогает в сохранении рта свободным от микробов, а также снижает риск инфекционных заболеваний. Яблочная кислота также увеличивает слюноотделение, которое, в свою очередь, уменьшает количество вредных бактерий, циркулирующих в полости рта. Это является основной причиной,

почему яблочная кислота используется для полоскания полости рта, а также в качестве общепринятой составляющей в нескольких зубных пастах.

Помимо этого, L – яблочная кислота уменьшает опасное воздействие противораковых препаратов на эритроциты. Она также является основным компонентом в препаратах парентерального (внутривенного) питания для больных с гипераммониемией. Она снижает повышенный уровень свободных фенолов в крови благодаря высокой способности соединения фенолов с глюкуроновой кислотой [4].

В пищевой промышленности яблочную кислоту используют как вкусовую добавку или в качестве регулятора кислотности при изготовлении кондитерских изделий, вин и фруктовых вод.

Использование яблочной кислоты в косметологии основано на ее очищающих, антиокислительных, увлажняющих и противовоспалительных свойствах. Данная кислота имеют несколько больший размер молекул по сравнению с другими альфа-гидроксикислотами, что позволяет ей проникать в кожу более равномерным образом и с меньшим раздражением. Яблочная кислота помогает в сужении пор кожи, способствуя ее мягкости. Она также оказывает содействие в уменьшении признаков старения с помощью осветления тонких линий и морщин на коже, и кожа выглядит более молодой и здоровой.

Находит она применение в получении редких металлов в качестве комплексообразователя, и в микробиологической промышленности как один из компонентов питательных сред [2].

Ранее L-яблочную кислоту выделяли из растительного сырья: фруктовых соков, отходов листьев хлопчатника. В настоящее время L-кислота может быть получена из обыкновенной аспарагиновой (аминоянтарной) кислоты или аспарагина при действии азотистой кислоты, а также восстановлением L-винной кислоты при 130 °С. Недостатком всех этих методов является то, что яблочная кислота получается в виде рацематов

и не имеет пищевой квалификации.

Яблочную кислоту можно получать методом промышленной ферментации, путем совместного культивирования на глюкозосодержащих средах микроорганизмов, синтезирующих фумаровую, а из нее уже яблочную кислоту. Существует ферментативный способ получения яблочной кислоты, представляющий одностадийную реакцию гидратации фумаровой кислоты. Этот процесс катализирует фумаратгидратаза, или фумараза. Недостатком этих методов является то, что активность фермента падает с каждым циклом, поэтому их необходимо стабилизировать

Яблочная кислота (оксиянтарная кислота) представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде и этаноле, плохо – в эфире. Относится к семейству двухосновных оксикарбоновых (фруктовых) кислот. Является одним из важных промежуточных продуктов обмена веществ в живых организмах. Довольно трудно кристаллизующееся (обычно в иглах), легко расплывающееся, бесцветное тело; плавится при 100 °С; водный раствор (слабый) вращает влево плоскость прямолинейно поляризованного луча; с изменением концентрации, температуры, в присутствии кислот – величина вращения и даже его знак могут меняться ввиду сложности наблюдаемых явлений. Установлено строение L – яблочной кислоты и некоторые реакции ее распада. Двухосновность кислоты устанавливается существованием двух родов солей: кислых и средних.

Яблочную кислоту можно получать методом промышленной ферментации, путем совместного культивирования на глюкозосодержащих средах микроорганизмов, синтезирующих фумаровую (*Phizopus arrhirus*), а из нее уже яблочную кислоту (*Pichia membranaefaciens*).

Заклученные в полиакриламидный гель (ПААГ) клетки *Brevibacterium ammoniagenes* могут быть использованы для трансформации фумаровой кислоты в яблочную. Дополнительная обработка клеток бактерий субстратом, содержащим желчные кислоты или дезоксихолат, повышает в 7-

8 раз активность биокатализатора и подавляет в 10-20 раз образование побочного продукта этого синтеза - янтарной кислоты, ингибируя активность сукцинатдегидрогеназы.

В Японии синтез L – яблочной кислоты осуществляют при помощи клеток *Brevibacterium ammoniagenes*, иммобилизованных в каррагинане, в 2,5–5 % полисахаридном геле, полученном из морских водорослей. Этот гель лишен некоторых недостатков полиакриламидного, таких, как токсичность мономеров и легкая набухаемость. Продолжительность функционирования иммобилизованных в каррагинане клеток бактерий при синтезе яблочной кислоты достигала 75 суток, и эффективность работы этого биокатализатора была в 1,5–2,3 раза выше, чем при иммобилизации в ПААГ.

У микроорганизма *Brevibacterium flavum* фумаразная активность выше в 1,5–2 раза. После иммобилизации в каррагине клеток *Brevibacterium flavum* стабильность этого биокатализатора сохранялась в течение 160 суток, и продуктивность синтеза яблочной кислоты возросла почти в 5 раз по сравнению с клетками *Brevibacterium flavum*, иммобилизованными в ПААГ. Используя однократно приготовленный биокатализатор в колонках проточного типа, можно производить до 100 т яблочной кислоты [5].

В настоящее время человечество часто сталкивается с продуктами производства пищевой биотехнологии, которые получились благодаря использованию ферментов, выработанных различными микроорганизмами. Одним из таких незаменимых продуктов являются различные пищевые добавки, которые усиливают вкус и аромат, а также отвечают за сохранность продуктов, обеспечение цвета и вязкости.

В данной статье рассмотрена яблочная кислота, которая является пищевой добавкой E296. Эта двухосновная оксикислота обладает уникальнейшими свойствами, которые позволяют назвать ее одной из самых полезных для использования человеком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Губницкий, Л.С. Современные микробиологические способы получения некоторых органических кислот / Л.С. Губницкий, В.И. Яковлева, А.К. Арен. - Прикладная биохимия и микробиология, 1981. - Т. 17, 797-805с.
- 2 Садыков, А.М. Интенсификация и оптимизация ионообменной технологии некоторых кислот из их солей: Автореферат дис. кандидата технических наук. - Институт теоретических проблем химической технологии, Баку, 1990. - 15 с.:ил.
- 3 Варпаховская, И.К. Липосомы в косметике. / И.К. Варпаховская. – Ремедиум, 1990, №7-8.
- 4 Кантере, В.М. Теоретические основы технологии микробиологических производств. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271с.
- 5 Мосичев, М.С. Общая технология микробиологических производств. /М.С. Мосичев, А.А. Складнев.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 264с.