

### **Щавелевая кислота: нутрициолого-биохимическая характеристика**

**Шестопалова Диана Игоревна**

*E-mail: dsalyceva@gmail.com*

Актуальность. Щавелевая кислота (ЩК) - важнейший вторичный метаболит, преобладающий в большинстве растений (Сао et al., 2024). ЩК и ее соли так же широко представлены в животном мире, грибах и микроорганизмах. В клетках водорослей и высших растений ЩК и ее растворимые соли натрия, калия, аммония и магния накапливаются как конечные продукты метаболизма или осаждаются в виде нерастворимых солей кальция уэделлита  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и уэвеллита  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Присутствие данных солей связывают с такими функциями, как детоксикация, защита от травоядных, структурный каркас, резервирование кальция, поглощение и отражение света. На сегодняшний день известно, что ЩК обладает потенциальными антиоксидантными свойствами, а её роль главным образом заключается в дезактивации медьсодержащих консервантов, детоксикации токсичного алюминия и устранении органических загрязнителей (Hasan et al., 2023).

Цель исследования - изучить нутрициолого-биохимическую характеристику щавелевой кислоты.

Задачи исследования:

1. Описать строение щавелевой кислоты и ее химические свойства.
2. Рассмотреть биологическую роль щавелевой кислоты в растительных и животных организмах.
3. Оценить положительное и отрицательное влияние щавелевой кислоты на здоровье человека.
4. Провести сравнительный анализ щавелевой и щавелевоуксусной кислот.
5. Определить содержание щавелевой кислоты в различных пищевых продуктах растительного и животного происхождения.

Методы исследования. Проведен обзор современных научных исследований по теме работы, представленных в академических базах данных.

ЩК (НООС-СООН) – представляет собой простейшую дикарбоновую кислоту с низкой молекулярной массой, которая считается хорошим хелатором металлов и источником протонов и электронов. Ее молекула состоит из двух карбоксильных групп (-СООН), непосредственно связанных друг с другом.

В нормальных условиях ЩК представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде и этаноле. ЩК проявляет свойства сильной органической кислоты, образуя соли – оксалаты (Li et al., 2022).

ЩК играет важную роль в метаболизме растений, может участвовать в восстановлении органических загрязнителей, биоразложении лигнина, детоксикации токсичности алюминия и играет значительную роль в азотфиксации бобовых культур в симбиотических ризобиях, поскольку является источником электронов. ЩК так же выполняет различные функции в клетках высших растениях и сочных плодах, такие как хранение кальция, защита от вредителей, обеспечение устойчивости к токсичности ионов металлов в почве, регулирование pH, тесно связанного с ассимиляцией нитратов, и действует в качестве субстрата для биосинтеза перекиси водорода, используемой для грибковых реакций и установления перекрестной связи между полимерами и пероксидазами во внеклеточном матриксе (Walker and Famiani, 2018). Кроме того, благодаря своим антиоксидантным свойствам, ЩК играет жизненно важную роль в запрограммированной гибели клеток, окислительно-восстановительном гомеостазе, вызывая системную резистентность у растений и задерживая старение собранных фруктов и овощей (Huang et al., 2013).

ЩК образуется в организме животных как продукт метаболизма глиоксилата, аскорбиновой кислоты (витамина С) и глицина. Она не выполняет какой-либо известной физиологической роли и рассматривается как метаболический отход, который должен быть выведен из организма. При этом в небольших количествах ЩК может стимулировать перистальтику кишечника и способствовать выведению токсинов. Некоторые исследования показывают, что оксалаты могут обладать антиоксидантными свойствами. ЩК выступает антинутриентом в рационе человека, приводящим к отложению оксалата кальция, что в конечном итоге приводит к образованию камней в почках (оксалатный нефролитиаз). Высокое потребление ЩК также может препятствовать усвоению кальция, железа и магния, что потенциально может привести к дефициту этих минералов (Hasan et al., 2023).

Высокое содержание ЩК характерно для различных культур, включая зелень свеклы (*Beta vulgaris* L.), семена мака (*Papaver somniferum* L.), портулак (*Portulaca oleracea* L.), ревень (*Rheum rhabarbarum* L.), сладкий перец (*Capsicum annuum* L.), щавель (*Rumex acetosa* L.), мангольд швейцарский (*Beta vulgaris* L. subsp. *cicla*) и листья шпината (*Spinacia oleracea* L.) (Hasan et al., 2023). В тканях животных ЩК присутствует в небольших количествах как продукт метаболизма. Основным источником ЩК в организме человека является эндогенный синтез и потребление растительной пищи.

Щавелевоуксусная кислота (ЩУК) ( $\text{HOOC-CO-CH}_2\text{-COOH}$ ) - четырёхуглеродная двух-основная кетокислота.

Эфир ЩУК легко получается конденсацией эфира ЩК с эфиром уксусной кислоты под влиянием алкоголята натрия. Оксалоацетат является промежуточным звеном цикла Кребса и глюконеогенеза. Взаимодействует с ацетил-КоА с образованием цитрата, при этом участвует фермент цитратсинтаза. Также является эффективным ингибитором комплекса II (Борисова В.К., 2021). Таким образом, ЩК является преимущественно конечным продуктом метаболизма в то время, как ЩУК является важным промежуточным метаболитом в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса), играющим ключевую роль в клеточном дыхании и производстве энергии. ЩУК участвует в трансаминировании, связывании с ацетил-КоА и регулирует метаболические пути.

Заключение:

Таким образом, ЩК, несмотря на свою простую структуру, играет многогранную роль в живых организмах. В растениях она участвует в поддержании гомеостаза, защите от неблагоприятных факторов и обеспечении важных физиологических процессов. В животном организме она выступает как метаболический отход, требующий выведения, и при избыточном потреблении может негативно влиять на усвоение минералов.

В отличие от нее, ЩУК является ключевым метаболитом, участвующим в цикле Кребса и глюконеогенезе, обеспечивая энергией клетки и регулируя метаболические пути. Это подчеркивает принципиальное различие между этими двумя органическими кислотами: ЩК – преимущественно конечный продукт, а ЩУК – активный участник метаболических процессов.

### **Источники и литература**

- 1) Cao Y. N. et al. Effect of high oxalic acid intake on growth performance and digestion, blood parameters, rumen fermentation and microbial community in sheep //Small Ruminant Research. – 2024. – Т. 237. – С. 107324.
- 2) Hasan M. U. et al. Oxalic acid: A blooming organic acid for postharvest quality preservation of fresh fruit and vegetables //Postharvest Biology and Technology. – 2023. – Т. 206. – С. 112574.
- 3) Li P. et al. Oxalate in plants: metabolism, function, regulation, and application //Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – Т. 70. – №. 51. – С. 16037-16049.

- 4) Walker R. P., Famiani F. Organic acids in fruits: metabolism, functions and contents // Horticultural reviews. – 2018. – Т. 45. – С. 371-430.
- 5) Борисова В. К. Карбоновые кислоты живых организмов и их химические свойства // Наука молодых. – 2021. – С. 59-67.

#### **Иллюстрации**

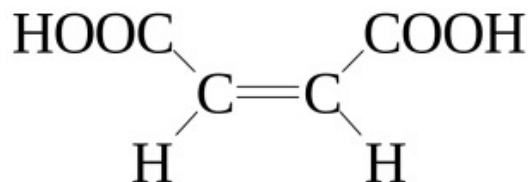


Рис. : Структурная формула щавелевой кислоты.