

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

**Серная чувствительность (непереносимость серы)** – вид пищевой непереносимости, проявляющейся после употребления продуктов богатых серой. Чувствительность к сере очень похожа на реакцию на гистамин. Симптомы включают крапивницу, зуд, астму, головные боли, тошноту, утомляемость, приливы и туман в голове.

## РОЛЬ СЕРЫ В ОРГАНИЗМЕ

Прежде чем мы начнем рассматривать непосредственно серную чувствительность, давайте обсудим, какова роль серы в нашем организме и какие основные ее формы использует наш организм.

**Сера** – это элемент, содержащийся в земной коре, и восьмой по распространенности минерал в организме человека. В человеке содержится примерно 2 г серы на 1 кг массы тела. Люди не могут ее синтезировать, и поэтому ее необходимо получать с пищей.

Сера встречается в нескольких различных степенях окисления: **сульфиды, сульфиды и сульфаты**.

Организм человека в основном использует серу в форме неорганического сульфата. Любая форма серы должна быть сначала преобразована в сульфат, прежде чем организм сможет использовать ее в своих целях.

Есть несколько серосодержащих веществ, на которые у людей может быть аллергия, непереносимость или другая негативная реакция:

**Сульфиды** – природные сернистые соединения металлов и некоторых неметаллов. В химическом отношении рассматриваются как соли сероводородной кислоты  $H_2S$ . Это неорганические соединения серы. Некоторые примеры сульфидов и сульфидных минералов включают:

- Сероводород - едкий и ядовитый газ с запахом тухлых яиц.
- Сульфид натрия - используется при дублении кожи и красителях.
- Сульфид селена - используется в шампунях против перхоти.

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

**Сульфаты** - соль, образующаяся в результате реакции между серной кислотой  $H_2SO_4$  и другим химическим веществом:

- Сульфат магния (английская соль) – для дезинтоксикационных ванн.
- Лауретсульфат натрия - используется в шампунях и мылах.
- Сульфаты железа - используются в добавках

**Сульфиты** - обычно используемые в пищевой промышленности для улучшения качества продуктов или их сохранения, соединения этого класса содержат ион сульфита и представляют собой соли сернистой кислоты  $H_2SO_3$ .

**Тиолы (меркаптаны)** - сернистые аналоги спиртов. Формула  $R-SH$ . Тиоловые соединения имеют очень отчетливый запах, например запах нарезанного лука.

Большую часть серы мы получаем из пищевых аминокислот, которые проходят несколько реакций сульфоксидирования, чтобы стать сначала сульфитом, а затем сульфатом.

## ГДЕ СОДЕРЖИТСЯ СЕРА В ОРГАНИЗМЕ?

Вот некоторые серосодержащие органические молекулы нашего организма:

- Биотин, пантотенин (витамин B5), тиамин (витамин B1)
- Ацетил-КоА
- Метионин, SAMe, гомоцистеин
- Цистеин, NAC
- Таурин, Альфа-липоевая кислота, Глутатион

## В КАКИХ ПРОЦЕССАХ УЧАСТВУЕТ СЕРА?

Сера содержится в каждой клетке человека и участвует в широком спектре физиологических функций, таких как:

- |   |   |
|---|---|
| • Клеточный энергетический метаболизм                                       | • Функция иммунных клеток   |
| • Контроль уровня глюкозы в крови, сера входит в молекулу инсулина.         | • Защищает целостность нервной, суставной и сосудистой тканей     |
| • Секреция пищеварительной соляной кислоты и ферментов поджелудочной железы | • Регуляция липопротеинов (ЛПНП, ЛПВП, холестерин и т. д.)        |
| • Антиоксидант и детоксикация   | • Формирует кожу, ногти, волосы и поддерживает слизистые оболочки |
| • Синтез гормонов и нейротрансмиттеров                                      | • Транскрипция и репликация ДНК                                   |

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## РАЗБЕРЕМ ПОДРОБНЕЕ НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ СЕРЫ

**Сульфатирование** относится к конъюгации (или переносу) группы серы от молекулы донора к другой молекуле, эта реакция катализируется ферментами (сульфотрансферазами).

**Сульфатирование** является важным путем 2 фазы детоксикации. Сульфат конъюгируется со многими лекарствами, гормонами, нейротрансмиттерами, ксенобиотиками и токсическими веществами для их последующего безопасного удаления. Сульфат также может быть присоединен к холестерину, чтобы сделать его более гидрофильным и, следовательно, более «транспортабельным» и входит в состав антиоксиданта глутатиона,

Кроме того, сульфатирование участвует в синтезе таких макромолекул, как муцины, холецистокинин, гастрин и гликозаминогликаны.

### **Какие вещества подвергаются сульфатации в нашем организме?**

- Стероиды (включая холестерин и ДГЭА)
- Фенолы (включая эстрадиол, капсаицин, салицилаты и нейротрансмиттеры, такие как дофамин и серотонин)
- Тирозин
- Билирубин
- Гликозаминогликаны (Хондроитинсульфат)

## КАК МЫ УСВАИВАЕМ СЕРУ?

Всасывание органических серосодержащих аминокислот (цистеина и метионина) в желудочно-кишечном тракте достаточно высокое. Эти свободные аминокислоты быстро попадают в кровоток и становятся доступными для тканей по всему телу.

### **Есть несколько путей использования этих аминокислот:**

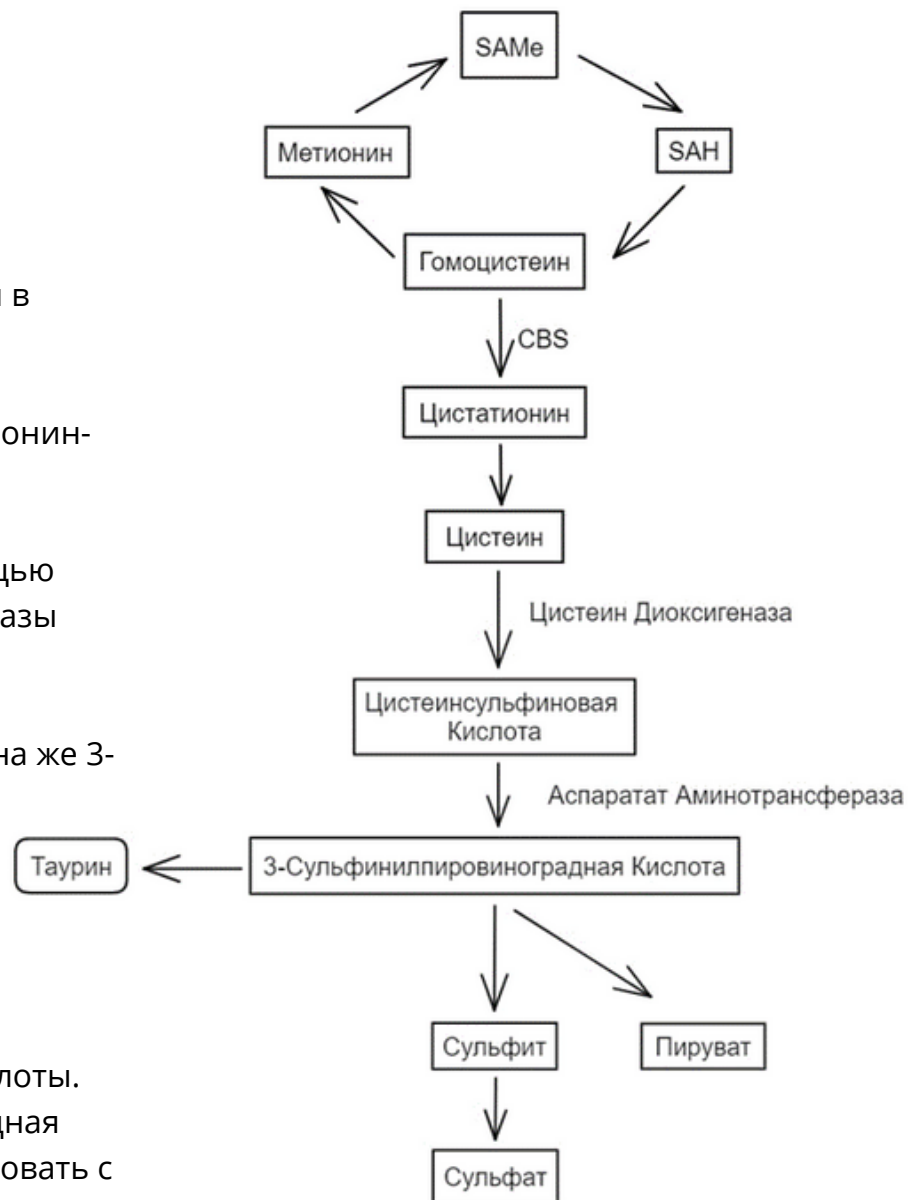
- Включение в новые белки во время синтеза белка
- Окисление для получения энергии
- Субстрат для синтеза глутатиона.

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Цистеин может окислиться до сульфата, чтобы далее использоваться для реакций сульфатирования. Метионин не может быть окислен в сульфат напрямую. Но метионин может быть преобразован в цистеин.

## Краткий обзор процесса:

1. Метион метилируется в S-аденозилметионин (SAmE).
2. SAmE превращается в S-аденозилгомоцистеин (SAH).
3. SAH окончательно превращается в гомоцистеин
4. Гоомоцистеин превращается в цистатионин ферментом цистатионин-бета-синтазой (CBS).
5. Наконец, цистатионин далее превращается в цистеин с помощью фермента цистатионин-гамма-лиазы (CGL).
6. Цистеин окисляется до цистеинсульфиновой кислоты (она же 3-сульфоаланин) под действием цистеиндиоксигеназы .
7. Цистеин-сульфиновая кислота трансаминируется аспаратаминотрансминазой с образованием 3-сульфинилпировиноградной кислоты.
8. Затем 3-сульфинилпировиноградная кислота может спонтанно реагировать с образованием пирувата и сульфита.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## СУЛЬФИТЫ

Сульфиты являются промежуточным метаболитом в сульфоксидации. Сульфиты являются токсичным веществом, способным вызывать воспаление и наносить ущерб клеточным компонентам, таким как ДНК и белки. Сульфит также может истощать антиоксиданты, такие как глутатион, и снижать клеточную энергию (АТФ). Сульфит необходимо быстро обезвреживать. Организм делает это с помощью фермента, называемого **сульфитоксидазой (SUOX)**, который находится в митохондриях клеток (особенно его много в клетках печени и легких). Важно отметить, что для работы этого фермента требуется микроэлемент **молибден. Глифосат**, один из самых распространенных гербицидов, является известным хелатором молибдена и, следовательно, может способствовать дисфункции сульфитоксидазы. Кроме того, тяжелые металлы, такие как алюминий и ртуть, также могут влиять на функцию фермента.

## СЕРОВОДОРОД

В результате метаболизма гомоцистеина (транссульфирование) получается не только цистеин, но и **сероводород (H<sub>2</sub>S)**.

Сероводород исторически считался токсичным, однако исследования последних лет показали, что H<sub>2</sub>S является высокоактивным **«газотрансмиттером»**. Физиологические функции H<sub>2</sub>S включают расслабление кровеносных сосудов, нейромодуляцию, ангиогенез, регуляцию воспалительной реакции, высвобождение инсулина, энергетический обмен и кардиозащиту.

Сероводород может быть окислен до сульфата при его дефиците.

## КАКИЕ ПРОДУКТЫ БОГАТЫ СЕРОЙ?

Основными источниками являются пищевые белки, богатые серосодержащими аминокислотами метионином, цистеином и таурином. Некоторые овощи также очень богаты сероорганическими соединениями (глюкозинолаты, сульфорафан, изотиоцианаты и другие).



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## ***Растительные продукты:***

- Артишок
- Арахис
- Ананас
- Бобы
- Брюква
- Горчица
- Горох
- Гречневая крупа
- Все крестоцветные овощи, в том числе: китайская капуста, брокколи, белокочанная капуста, цветная капуста, хрен, листовая капуста, кольраби, листья горчицы, редис, репа, кресс-салат.
- Темнолистные салаты (например, кале)
- Кофе
- Киноа
- Лебеда
- Лук
- Папайя
- Репа
- Редис
- Руккола
- Спаржа
- Соевые продукты
- Сухофрукты, обработанные сульфитами
- Шпинат
- Шоколад и Кэроб
- Чеснок
- Фасоль всех видов
- Орехи
- Вино и виноградный сок

***Куркума не содержит много серы или тиолов, но было обнаружено, что они значительно повышают их уровень.***

## ***Животные продукты, богатые серой:***

- Яйца
- Молочные продукты (кроме масла), особенно сыры всех видов
- Мясо и рыба. В мясе много серы, но большинство людей хорошо его переносят из-за низкого уровня тиолов, а это зависит от вашей чувствительности. Особенно хорошо переносятся жирные сорта мяса и темные части птицы.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## Продукты с низким содержанием серы

- |                     |                       |                    |             |
|---------------------|-----------------------|--------------------|-------------|
| • Миндальное молоко | • Сельдерей           | • Семена –         | • Дыня      |
| • Яблоки            | • Куриное темное мясо | подсолнечника,     | • киви      |
| • Авокадо           | • Куриная печенька    | льна, тыквы, льна  | • Лимоны    |
| • Бекон             | • Корица              | • Моллюски         | • Латук     |
| • Бананы            | • Моллюски            | • Креветка         | • Лаймы     |
| • Ячмень            | • Масло печени трески | • Кабачки          | • Грибы     |
| • Говядина          | • Кукуруза            | • Сладкая картошка | • Овес      |
| • Свекла            | • Огурец              | • Помидоры         | • Персики   |
| • Ягоды             | • Сушеная рыба        | • Тунец            | • Груши     |
| • Экстракт черники  | • Камбала             | • Индейка          | • перец     |
| • Булгур пшеничный  | • Корень имбиря       | • уксус (белый)    | • Свинина   |
| • Масло             | • Грейпфрут           | • Арбуз            | • Картофель |
| • Muskusная дыня    | • Травы               | • Ямс              | • Рис       |
| • Морковь           |                       | • Цуккини          | • Лосось    |

## Серосодержащие добавки

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| • Альфа-липоевая кислота | • Сульфат хондроитина,            |
| • MSM                    | глюкозамина сульфат               |
| • Глутатион              | • Цистеин                         |
| • N-ацетилцистеин        | • Чеснок                          |
| • L-метионин             | • Метионин                        |
| • ДМСО                   | • Молочный чертополох             |
| • L-цистеин              | • Бромелайн и папаин (используйте |
| • L-таурин               | ферменты животного                |
| • L-глицин               | происхождения)                    |
| • Бетаин                 | • Хлорелла                        |
| • HCL                    | • индол-3-карбинол                |
| • B-комплекс             | • Ацидофилин молочного            |
|                          | происхождения                     |

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## *Пищевые добавки, содержащие серу*

Сульфиты считаются отличными консервантами, и в частности, для обработки сухофруктов используют диоксид серы – E 220. Он тормозит ферментативные процессы – то есть потемнение свежих фруктов и овощей. Или сухофруктов – именно благодаря диоксиду серы вяленые абрикосы выглядят такими яркими и красивыми.

## *E220 диоксид серы*

Диоксид серы, наиболее популярная добавка серы, использовался римлянами, древними греками и египтянами в качестве консерванта для вина, и сегодня он используется в виноделии для предотвращения ферментативного потемнения виноградного сусла и для подавления роста молочной или уксусной кислоты.

Диоксид серы стабилизирует цвет вина, действует как антимикробный агент и антиоксидант, а также задерживает нежелательный ацетальдегид.

В пищевой промышленности диоксид серы используется во многих областях, поскольку она предотвращает порчу продуктов и является мощным отбеливающим средством, улучшает и модифицирует тесто в хлебобулочных изделиях и стабилизирует витамины.

Виноград, используемый для употребления в пищу в качестве фруктов, часто окулируют диоксидом серы, чтобы подавить грибок *Botrytis cinerea*, который вызывает порчу.

Диоксид серы разрушает витамин B1, тиамин.

Раздражающее действие газообразного диоксида серы может спровоцировать астматические приступы у больных астмой, а симптомы, связанные с астмой, часто являются первыми симптомами, которые люди замечают, когда едят или пьют продукты с высоким содержанием диоксида серы или даже при приближении к диоксиду серы в окружающей среде.





# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## ***Продукты, в которых часто добавляют диоксид серы:***

- Вина
- Сидр
- Пиво
- Белый и красный винный уксус
- Джемы из фруктов и ягод, хранящиеся в диоксиде серы
- Фруктовые/ягодные соки, особенно лимонный концентрат
- Фруктовые/ягодные сиропы
- Вишня мараскино (отбеленная)
- Сушеные, засахаренные или глазированные фрукты
- Сушеные, замороженные или консервированные овощи
- Сушеные, замороженные или консервированные грибы
- Колбасные изделия (хотя их следует избегать, так как SO<sub>2</sub> разрушает B1, присутствующий в мясе)
- Любые обработанные продукты с длительным сроком хранения: супы, закуски и т. д.
- Высушенная кокосовая стружка (многие органические кокосовые продукты безопасны для использования) (укажите торговые марки)
- Порошок чеснока, другие специи
- Безалкогольные напитки

## ***Другие пищевые добавки, содержащие серу:***

- E221 Сульфит натрия
- E222 Бисульфит натрия
- E224 Метабисульфит калия
- E225 Сульфит калия
- E226 Сульфит кальция
- E228 Гидросульфит калия
- E150b Едкий сульфит карамельный краситель

## **СИМПТОМЫ И ДИАГНОСТИКА**

Если вы испытываете несколько этих симптомов, значит у вас высокая вероятность наличия проблем с метаболизмом серы:

- Симптомы СИБР, резистентные к терапии: газы, вздутие живота.
- Экзема, крапивница, розацея.
- Мозговой туман, плохая концентрация и память
- Плохая переносимость алкоголя
- Амиадный запах
- Симптомы, подобные астме (многие люди с непереносимостью сульфита будут иметь официальный диагноз астмы до того, как заметят, что у них также есть непереносимость сульфита)



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

- Реакция на содержащие серу продукты, такие как яйца, чеснок, лук, крестоцветные овощи.
- Метеоризм с запахом серы, диарея.
- Хронический кандидоз, резистентный к лечению.
- Темные круги под глазами.

Сульфиты высвобождают гистамин, и у многих будет наблюдаться комбинированная реакция на сульфиты и гистамин. Многие продукты, богатые серой, также богаты гистамином. Некоторые симптомы непереносимости гистамина часто сложно отличать от серной чувствительности: астма/одышка, крапивница/зуд кожи, головная боль, ринит, тошнота, диарея, гиперемия, высокое или низкое артериальное давление, туман в голове, хронический стрессом (из-за повышения уровня кортизола и глутамата) и усталость.

**Для подтверждения серной чувствительности можно провести следующий тест:**

1. Все продукты с высоким содержанием тиолов и добавки, содержащие тиоловые группы, строго избегаются в течение семи дней. 7 дней выбраны не просто так, за это время уходят основные симптомы, а также известно, что негативные эффекты серы проявляются в течение 4-7 дней после последнего приема серы.
2. Затем, после 7 дней отказа, продукты с высоким содержанием тиолов резко добавляются обратно в ваш рацион.

**Если ваше здоровье улучшается при отказе от продуктов с содержанием серы и ухудшается после их повторного добавления, у вас есть серная чувствительность.**

**КАКИЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ПРИЗНАКИ ПОЗВОЛЯТ ЗАПОДОЗРИТЬ НАРУШЕНИЕ ОБМЕНА СЕРЫ?**

**Тест полоски на определение сульфатов/сульфитов в моче.**

- Уровень выше 800 считается клинически значимым. Если ваше значение  $>1600$ , имейте в виду, что ваши уровни на самом деле могут быть намного выше, просто полоски не способны это отразить. В этом случае может пройти несколько недель, прежде чем уровни на тест-полосках начнут снижаться.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## **Тест на органические кислоты в моче:**

- Повышенный оротат, цитрат, изоцитрат, оксалат.

## **Анализ на аминокислоты:**

- Низкий уровень гомоцистеина (ниже 6)
- Повышенный уровень таурина

## **Генетическое тестирование:**

- Полиморфизмы в генах CBS и SUOX.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ СЕРЫ**

Исследований по данной теме немного, однако есть несколько причин, в результате которых может развиваться серная чувствительность.

## **Некоторые из гипотез о возможных причинах включают:**

- СИБР и/или дисбактериоз
- Генетические мутации (такие как CBS или SOUX)
- Проблемы с метилированием
- Тяжелые металлы
- Избыток аммиака и оксалатов
- Нутрицевтический дефицит
- Комбинация нескольких причин

## **СИБР**

Избыточный бактериальный рост в тонкой кишке (SIBO) классифицируется в соответствии с типами газов, продуцируемых микрофлорой, обитающей в верхних отделах кишечника. Тремя типами газов, связанных с СИБР являются водород, метан и сероводород.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## **Симптомы сероводородного SIBO:**

- Вздутие живота
- Газ с запахом сероводорода
- Диарея
- Боль в животе или дискомфорт
- Боль в теле или мышцах, общее недомогание
- Покалывание или онемение в руках и кормлении
- Чувствительность к шуму и/или свету
- Чувствительность к гистамину
- Газ с запахом серы (как тухлые яйца)
- Непереносимость серных продуктов, усиление симптом при их употреблении

**Непереносимость серы является не только следствием, но и причиной СИБР.  
Удивлены? Давайте разбираться, как такое может случиться.**

В случае ингибирования/дефицита фермента SUOX организму грозит потенциальная катастрофа, главным виновником которой является **накопление сульфитов и дефицит сульфатов**. В этом случае организм должен найти другой способ избавиться от токсичных накоплений сульфита в кишечнике и получить необходимый для жизни сульфат.

Многие из наших бактерий могут сделать эту работу за нас.

**Дефицит сульфитоксидазы будет способствовать росту микробов, способных восстанавливать высокотоксичный сульфит до менее токсичного H<sub>2</sub>S.**

Сероводород, образующийся в кишечнике, может непосредственно всасываться в кровоток и диффундировать через ткани в печень, поджелудочную железу и позвоночник, или он может окисляться клетками толстой кишки до тиосульфата/сульфата.

Установлено, что сероводород является мощной сигнальной молекулой, оказывающей как благотворное, так и вредное воздействие на клетки, в зависимости от типа клетки и концентрации газа. В повышенных концентрациях сероводород оказывает токсическое действие, вызывая митохондриальную дисфункцию.

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Причем источником серы могут быть как внешние ресурсы, такие как пища и питьевая вода, так и внутренние: бактерии могут извлечь их из **расщепленных компонентов клеток кишечной стенки**. Благодаря использованию ферментов сульфатазы бактерии способны высвободить сульфат, расщепляя сульфомуцины и мукополисахариды (компоненты клеток), которые выстилают кишечный тракт.

Такие виды, как *E.coli*, *H.pylori*, *Salmonella*, *Clostridia*, *Streptococcus* и *Enterobacter*, также могут превращать цистеин из пищевой аминокислоты в сероводород с помощью фермента **цистеиндесульфгидразы**.

## АММИАК

Когда организм усваивает соединения серы, в качестве побочного продукта образуется **аммиак**. Если метаболизм серы ускорен или нарушен, то может образовываться избыточное количество аммиака. Аммиак является нормальным продуктом белкового обмена в организме. Однако, когда мы не можем эффективно выводить его из организма, возникают серьезные проблемы со здоровьем.

Некоторые бактерии в нашем кишечнике могут производить аммиак при расщеплении аминокислот. Наш микробиом производит почти 4 грамма аммиака каждый день в нашем кишечнике. Этот аммиак попадает в печень и превращается в мочевины, где он выводится с мочой. Когда организм производит чрезмерное количество аммиака и/или когда он не способен его нейтрализовать и вывести, мы можем столкнуться с очень серьезными проблемами.

Повышенный уровень аммиака снижает выработку клеточного АТФ, который является ключевым для производства энергии. Вот почему люди с повышенным содержанием аммиака испытывают усталость, мышечную слабость, тошноту, рвоту, головные боли, диарею, боли в спине и ускоренное старение.

Аммиак также чрезвычайно вреден для мозга и может привести к нарушениям настроения, бессоннице, потере координации и ловкости, неуклюжести, спутанности сознания и неспособности сосредоточиться.

**Поэтому многие симптомы серной чувствительности на самом деле – симптомы избытка аммиака.**

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## ГЕНЕТИКА

**Полиморфизмы в двух генах, CBS и SUOX, играют наибольшую роль в метаболизме серы и формировании серной чувствительности.**

**CBS: (цистатионин-бета-синтаза).** Этот фермент превращает гомоцистеин в цистеин и глутатион и играет важную роль в пути метилирования.

CBS лежит в начале пути транссульфатации, главным кофактором выступает витамин B6. Транссульфатация позволяет образовывать сульфат, таурин и глутатион.

Полиморфизмы в CBS могут как повышать активность фермента, так и снижать ее. При снижении активности – может повышаться уровень гомоцистеина. И поскольку основным кофактором этой реакции является витамин B6, то его использование будет необходимо для нормализации гомоцистеина.

При полиморфизмах, повышающих активность фермента, будет синтезироваться больше конечных продуктов серы в цикле метилирования. В частности, люди с гомозиготными или реже с гетерозиготным вариантами CBS могут испытывать неприятные симптомы при употреблении серосодержащих продуктов. Гомозиготные полиморфизмы CBS также могут приводить к более высоким уровням аммиака. Эта мутация также может косвенно влиять на фермент под названием G6PDH, который оказывает негативное влияние на метаболизм сахара в крови, образование эритроцитов и стабильность кровеносных сосудов. Когда ген CBS очень активен, организм очень быстро перерабатывает гомоцистеин.

При избыточной активации CBS может происходить подавление фермента с меньшей емкостью, расположенного ниже по пути – сульфитоксидазой (SUOX). Часто гомоцистеин и цистатионин слишком быстро превращаются в таурин, в результате образуется недостаточно глутатиона.

### **Симптомы ускоренной работы CBS:**

- Низкий уровень витамина B12 (он слишком быстро истощается)
- Перегрузка путей детоксикации
- Пищевая и химическая чувствительность
- Сульфитная чувствительность
- Непереносимость молочных продуктов (дефицит ксантиноксидазы)



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

- Непереносимость алкоголя
- Накопление аммиака – проблемы с нейронами и мозговой туман
- Токсичность тяжелых металлов
- Беспокойство
- Хронические инфекции
- Хроническая усталость
- Хроническая боль
- Депрессия / проблемы с настроением
- Усталость
- Повышенный кортизол

## **Другие проблемы, связанные с мутацией CBS**

- Низкий уровень цинка может привести к проблемам с потерей аппетита, вкуса и обоняния, частыми инфекциями, эластичностью кожи, низкой фертильностью или бледностью кожи, склонной к акне.
- Высокое содержание меди
- Низкий уровень гомоцистеина, как правило, менее 6. Это может быть сильным индикатором активации CBS. Это в первую очередь вызвано тем, что гомоцистеин чрезмерно вовлекается в трансульфирование через ген CBS.
- Проблемы со сном.
- Окислительный стресс.
- Головокружение и низкое кровяное давление из-за повышенного содержания сероводорода.
- Дефицит ВН4 может вызвать депрессию, тревогу, проблемы с настроением или приступы паники.
- Недостаток ВН4 может привести к дегрануляции тучных клеток и, возможно, к расстройству активации тучных клеток (MCAD).
- Дефицит молибдена может вызвать затруднение дыхания или неврологические расстройства.
- Дефицит витамина В1 может привести к множеству нарушений, включая болезненность мышц, учащенное сердцебиение, плохую память, раздражительность и запоры.
- Низкий уровень витамина В2
- Дефицит витамина В6
- Повышение уровня АЛТ (аланин-лактаттрансферазы). Хотя АЛТ может быть повышен по ряду причин, он также может быть повышен в ответ на избыток аммиака, возникающий в результате мутации.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

- истощению SAMe (S-аденозилметионин, основной донор метила) и последующему увеличению гистамина в организме.

## Наиболее значимый полиморфизм

- **rs234706 C699T**

GG – нормальная скорость работы фермента

GA, AA – увеличение активности фермента.

*Важное замечание: Полиморфизмы в CBS встречаются очень часто, и не могут являться причиной серной чувствительности без влияния дополнительных факторов.*

Ген **SUOX** кодирует фермент **сульфитоксидазу**. Он окисляет сульфит до сульфата и, через цитохром с, переносит полученные электроны в цепи переноса электронов, что позволяет генерировать АТФ в окислительном фосфорилировании. Важнейший кофактор данного фермента является **молибден**.

Если этот фермент не работает должным образом, это может привести к двум проблемам:

- Токсическое накопление сульфита
- Дефицит сульфата

Возможные факторы, нарушающие фермент SUOX, включают:

- Дефицит молибдена: распространенный гербицид глифосат (раундап) является мощным хелатором молибдена.
- Замена глифосатом глицина в синтезе белка: фермент SUOX содержит важные остатки глицина, которые теоретически могут быть заменены глифосатом во время синтеза белка
- Токсичность ртути и свинца, они ингибируют фермент.
- Генетический полиморфизм SUOX: Полиморфизм одного нуклеотида в гене SUOX может повлиять на скорость и эффективность, с которой этот фермент может выполнять свою функцию.

## Наиболее значимый полиморфизм

- **rs773115 (S370)**





# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## **Тяжелые металлы**

Тяжелые металлы, такие как ртуть, вольфрам, медь, кадмий и мышьяк, встраиваются в кофакторный центр SUOX на место молибдена.

Люди с **токсичностью тяжелых металлов** могут сильно реагировать на продукты, содержащие серу, из-за очень сильного сродства между сульфитами и тяжелыми металлами: серосодержащие соединения могут эффективно **мобилизовать тяжелые металлы**.

Доктор Энди Катлер, известный специалист по ртути и хелатированию, рассказывает, что многие люди с интоксикацией ртутью, не переносят определенные продукты, широко известные как «сернистые продукты», которые имеют высокое содержание свободных тиолов. Потребление продуктов с высоким содержанием тиолов повышает уровень циркулирующих тиолов, что, в свою очередь, мобилизует ртуть и вызывает эти симптомы.

Он описывает, что симптомы начинаются довольно быстро, усталость/неприятность/депрессия начинаются в течение нескольких часов после приема серосодержащих продуктов и могут длиться 4-7 дней.

**Важно:** виновниками являются только продукты, содержащие высокий уровень свободных тиоловых групп, а не любые продукты, содержащие элементарную серу в любой форме. мясо довольно сернисто, но на самом деле большая часть серы остается в форме метионина, а не тиола, поэтому это менее мощный источник тиола, чем можно предположить по элементному анализу. Особенно, если вы принимаете ТМГ или холин, которые помогают обеспечить метильные группы, поэтому метионину не нужно метаболизироваться.

Энди Катлер также советует при повышенном уровне цистеина принимать глютамина и глицина в пропорции 2:1 для преобразования в глутатион.

## **Оксалаты**

Повышение уровня оксалата, будь то из-за чрезмерного потребления или из-за эндогенного синтеза, вызванного дефицитом витаминов, дисбиозом и окислительным стрессом, может негативно влиять на метаболизм серы.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Многие ферменты, участвующие в метаболизме серы, зависят от витамина B6. Из-за избытка оксалатов витамин B6 значительно истощается. Синтез серосодержащих соединений снижается, и как следствие происходит нарушение синтеза антиоксидантов и приводит к повышению уровня окислительного стресса.

Так же избыток оксалатов может привести к усилению выведения сульфата с мочой. Оксалат и сульфат могут входить в клетку или выходить из нее через один и тот же белок (сульфатный анионообменник),

Кроме того, было показано, что повышенный уровень оксалатов (как при гипероксалурии) конкурентно ингибирует поглощение сульфата клетками.

## МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ

Для решения большинства проблем со здоровьем требуется комплексный подход, и серная чувствительность не исключение. Коррекцию необходимо подбирать индивидуально, исходя из причин ее развития. Давайте обсудим основные подходы.

### ***Диета с ограничением серосодержащих продуктов***

Первое, что приходит в голову для решения проблемы серной чувствительности – это полное исключение или минимизация серосодержащих продуктов. И такая тактика может быть оправдана в первые недели для облегчения симптомов. Рекомендовано исключить все высокотиоловые продукты. Продукты, богатые аминокислотами цистеином и метионином, не стоит исключать полностью. Ограничение серосодержащих аминокислот увеличивает синтез сероводорода посредством активации цистатионин-γ-лиазы, наряду с сопутствующим снижением уровня глутатиона, таким образом ремиссия не будет достигнута, а наоборот может усугубиться чувствительность к серным продуктам. Кроме того, ограничение белка может привести к другим негативным симптомам. Белок обеспечивает аминокислотами, которые необходимы для стабильности сахара в крови, регенерации тканей, детоксикации, выработки нейротрансмиттеров, чувства сытости. Из продуктов животного происхождения жирная рыба и темное мясо птицы, по-видимому, являются самыми безопасными. Ограничение серосодержащих аминокислот в пище, вероятно, не является выгодным решением в долгосрочной перспективе. После двух недель исключения серосодержащих продуктов необходимо постепенно вводить эти продукты один за другим, одновременно

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

поддерживая путь серы с помощью добавок и решая проблемы, которые привели к возникновению этой чувствительности.

## **Работа с СИБР**

Протоколы работы с СИБР обычно включают прокинетические агенты, пищеварительные ферменты, ферменты, разрушающие биопленки, антимикробные растительные травы, антибиотики, такие как рифаксимин, и на более поздних этапах про и прибиотики, а также препараты, заживляющие слизистую. Помимо нутрицевтической коррекции, желательно придерживаться диеты с низким содержанием FODMAP или более строгого протокола типа GAPS.

## **Нормализация аммиака**

Если есть доказанное повышение аммиака, то необходимо работать как над снижением скорости его производства, так и над увеличением скорости его обезвреживания и выведения.

Как правило, рекомендуется диета с ограничением белка, где белок составляет около 10-15% от общего количества потребляемых калорий. Такая диета не рекомендована для длительного использования.

Одним из основных источников аммиака является питьевая городская вода.

Очень важно использовать качественную питьевую воду, фильтры обратного осмоса снижают концентрацию аммиака в питьевой воде.

Небольшие количества аммиака естественным образом вырабатываются как побочный продукт переваривания белка. Когда в кишечнике наблюдается чрезмерный рост микроорганизмов, вырабатывающих аммиак, это может вызвать серьезные проблемы. Прием некоторых природных противомикробных соединений, таких как масло орегано, каприловая кислота, скорлупа черного грецкого ореха, экстракт толокнянки, экстракт семян грейпфрута, пау д арко, кошачий коготь, скользкий вяз и т. д., поможет уменьшить количество микроорганизмов, вырабатывающих аммиак.

Дополнительные добавки с пробиотиками и ферментированными продуктами с низким содержанием серы, помогут повторно заселить кишечник полезными микроорганизмами. Восстановление целостности кишечника поможет уменьшить накопление аммиака в организме.

# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Корень юкки также эффективен для снижения образования аммиака в кишечнике. Очищающие вещества, такие как бентонитовая глина и биоактивные угли, обладают сродством к ионам аммиака и помогают выводить их вместе с другим эндотоксическим мусором из организма.

Здоровая печень обезвреживает аммиак и превращает его в мочевины, которая затем попадает в почки и выводится с мочой.

Здоровье печени зависит от трех процессов, в основе которых лежит сера: сульфатации, глюкоронидации и конъюгации глутатиона. В момент непереносимости серы важно поддерживать работу печени антиоксидантами.

Есть три ключевые аминокислоты, необходимые для цикла мочевины, и они защищают от аммиачной токсичности. К ним относятся L-аргинин, L-цитруллин и L-орнитин. Дозировка и порядок введения должен определяться врачом.

L-глутамин является наиболее распространенной аминокислотой в организме и играет важную роль в стабилизации уровня сахара в крови и снижении уровня аммиака. Когда уровень аммиака повышается, организм использует больше глутамина, чтобы уменьшить количество аммиака.

Магний также очень важен, так как помогает стабилизировать гематоэнцефалический барьер. Магний также важен для метаболизма глутамина, активируя глутаминсинтетазу, фермент, который помогает удалять аммиак из клеток.

## **Нутрицевтики**

Некоторые добавки зарекомендовали себя как потенциально полезные при серной чувствительности, обсудим основные из них.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## Молибден

Молибден является кофактором для Сульфитоксидазы SUOX, которая катализирует превращение сульфита в сульфат, реакцию, которая необходима для метаболизма серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина).

По этой причине он полезен при H2S SIBO, так как в этом случае организм, по-видимому, увеличивает выработку серосодержащего газа, чтобы обойти фермент, который не работает должным образом.



Полезен при наличии мутации, а так же когда работа гена снижается как раз из-за его дефицита кофактра.

Молибден также является кофактором для других ферментов. Одним из них является альдегидоксидаза, которая расщепляет альдегиды, потенциально токсичные соединения.



Поскольку молибден является кофактором фермента ксантиноксидазы, который увеличивает выработку мочевой кислоты, при его длительном приеме необходимо контролировать мочевую кислоту. Если у вас есть склонность к повышенному уровню мочевой кислоты, подагра в анамнезе, то можно использовать добавку вишни.

Гомогенизированные молочные продукты содержат ксантиноксидазу, которая еще больше истощает молибден, и их следует избегать, если уровень молибдена низкий.

## Тиамин (витамин B1)

Является важным компонентом метаболизма глюкозы, аминокислот и липидов. Он также необходим для синтеза NADH, нуклеиновых кислот и нейротрансмиттеров, а также для облегчения передачи нервных импульсов. Высокие концентрации обнаруживаются в свинине, субпродуктах, обогащенном зерне.

Сульфит разрушает тиамин, что может негативно сказываться на здоровье, также дефицит тиамина провоцирует СИБР, формируя порочный.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## Функциональные маркеры, указывающие на статус тиамина:

- Повышенный уровень пирувата и/или лактата в моче.
- Повышенный уровень альфа-кетоглутарата/2-оксоглутарата.
- Повышенный уровень аланина

## Формы тиамина:



- **Тиамин** - водорастворимая форма



- **Бенфотиамин** – жирорастворимая форма, обладает более высокой биодоступностью по сравнению с тиамином



- **Кокарбаксилаза** – коферментная форма.



## Гидрококобаламин

## CoQ10

Дефицит CoQ приводит к внутриклеточному накоплению сероводорода, изменениям активности нижестоящих ферментов и снижению уровня глутатиона.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ



Supplement Facts:		
Serving size: 1 capsule Servings per container: 60		
	Amount per serving	%DV**
Vitamin B12 (as hydroxocobalamin)	500mcg	20,833%
Proprietary Blend	465.3mg	**
Kidney (bovine, freeze dried), Dandelion Leaf Extract, Liver Extract (bovine, freeze dried), L-Carnitine (as tartrate), Green Tea Extract (leaf), Intrinsic Factor (porcine), NADH (Reduced-Nicotinamide-Adenine- Dinucleotide), Yucca Root Extract		
** Daily value (DV) not established		



**Гидроксикобаламин** значительно истощается при активации путей метилирования.

**Висмут** - для снижения выработки сероводорода в кишечнике.



**Спирулина** способствует выведению аммиака.



**Марганец** поддерживает уровень меди/цинка в здоровом диапазоне и уменьшить количество сульфитов.



**Sparga Sulphur** способствуют снижению чувствительности к сере.



# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ



## Корейский красный женьшень

Было показано, что эта форма женьшеня подавляет активность ферментов CBS



**Бор** - важный минерал, необходимый для фермента сульфитоксидазы (стандартный размер добавки 3 мг). Некоторые исследователи сообщают о снижении симптомов при использовании добавок стронция.

**Антиоксиданты:** Витамин Е, селен. Возможно рассмотреть введение SOD, B1 и B2, B3, низкие дозы глутатиона, но не в начале терапии.



**ацетил-L-карнитин и цинк** - избыток сульфитов истощает ацетил-L-карнитин и цинк





# СЕРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

## Другие методы воздействия

### *Ванны с английской солью*

Ванны с английской солью позволяют восполнить дефицит сульфатов. В среднем рекомендуется 400-500 мг на ванную в течение 20 минут в течение 7 дней. Далее 2-3 ванны в неделю для поддержания достигнутого эффекта.



### *Минимизация глифосата*

Глифосат, активный ингредиент многих коммерческих гербицидов, может хелатировать молибден и железо, что может оказать сильное воздействие на фермент сульфитоксидазу

Если нет возможности контролировать обработку продуктов, которые вы употребляете, то желательно избегать продуктов, которые особенно часто подвергаются обработке гербицидами - кукурузы, сои, пшеницы, нута, чечевицы и т. д.

### **САУНА**

Регулярные походы в сауну снижают симптомы серной чувствительности.

### *Умеренная инсоляция*

Воздействие солнечного света является еще одним важным источником образования сульфатов в коже.

### *Стрессопротекция*

йогой, медитацией или другими способами снижения стресс

