

ЧТО ТАКОЕ ЭФИРНОЕ МАСЛО?

Международная организация по стандартизации (The International Organization for Standardization - ISO) определяет «Эфирные масла как продукт, полученный из натурального сырья растительного происхождения, сделанный при помощи паровой дистилляции, или холодного отжима (например цитрусовых)».

То, что мы находим в живых растениях - это еще не эфирные масла, а скорее летучие вещества растений или в более общем смысле, **летучие органические соединения (ЛОС)**.

Эфирные масла представляют собой сложные смеси соединений растительного происхождения с низкой молекулярной массой, которые быстро испаряются при комнатной температуре и давлении. Растения производят множество химических соединений, которые обычно делятся на 2 группы: **первичные и вторичные метаболиты¹**.

ПЕРВИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ, также известные как центральные метаболиты, являются строительными блоками растительных клеток. Есть четыре основные группы первичных метаболитов:

- Углеводы
- Липиды (жиры)
- Белки
- Нуклеиновые кислоты (ДНК)

ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ, также известные как специализированные метаболиты, производятся из небольшого подмножества первичных метаболитов. Их обычно делят на 3 группы:

¹ Метаболиты (от греч. μεταβολήτης, *metabolites*) — продукты метаболизма каких-либо соединений.

- Терпены
- Фенольные соединения (дубильные вещества и флавоноиды)
- Азотосодержащие соединения (такие как алкалоиды)

Их основные функции:

- Защита от микробных патогенов и травоядных
- Привлечение опылителей и животных-разносчиков семян
- Связь с другими растениями/микробными сообществами

Долгое время вторичные метаболиты считались отходами метаболизма. Сегодня мы знаем, что **они в основном участвуют** в регулировании роста, развития, воспроизводства, защиты и коммуникации растений. Однако **граница между первичным и вторичным метаболизмом часто размыта**, поскольку многие соединения выполняют несколько биологических функций.

ЛЕТУЧИЕ ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЙ

Летучие вещества растений составляют около 1% вторичных метаболитов растений. Мы делим их на терпены, фенилпропаноиды, производные жирных кислот и производные аминокислот, хотя **только терпены и фенилпропаноиды представляют основной интерес для эфирных масел и других ароматических продуктов.**

Производство вторичных метаболитов сильно зависит от условий окружающей среды. Посредством различных сигналов из окружающей среды растения регулируют, какие летучие вещества будут производиться и в каких количествах. Несмотря на то, что растения не могут двигаться и физически избегать стрессовых ситуаций, большое разнообразие вторичных соединений позволяет им динамично реагировать на различные экологические проблемы.

Все растения производят летучие вещества, но не все растения производят эфирные масла. Небольшая статистика - нам известно, что существуют:

- 1700 летучих веществ
- 90 семейств растений
- 390 000 видов растений
- 3000-4000 ароматических растений (означает, что они производят ароматные молекулы)
- 400-500 - растения дающие эфирные масла, которые можно производить на коммерческой основе

Например, следующие растения имеют летучие вещества (ЛОС), но не всегда могут дать нам эфирные масла:

- Водоросли
- Мхи
- Плауны
- Папоротники и хвощи
- Голосеменные
- Покрытосеменные

А некоторые растения имеют летучие вещества, но они не содержатся в эфирных маслах?

- Некоторые из этих соединений производятся в очень небольшом количестве (могут быть немедленно потеряны).
- Некоторые из них очень быстро испаряются.
- Они не являются термостабильными во время дистилляции (будут разлагаться в процессе).
- Они не гидрофильны, не отделяются от воды (растворяются в воде).

ФУНКЦИИ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ЛОС)

Производство летучих органических соединений значительно варьируется в зависимости от части растения и фазы его роста. **Основные функции цветочных летучих органических соединений - привлечение опылителей и защита репродуктивных структур.** Растения тщательно контролируют выбросы летучих компонентов.

Их синтез наиболее/значительно увеличивается, когда цветы готовы к опылению. Исследования также показывают суточные ритмы выбросов, синхронизированные с активностью конкретных опылителей.

В биологических системах многие летучих органических соединений выполняют несколько функций. Например, “бета-кариофиллен” привлекает опылителей, одновременно защищая растения от патогенов. “Фенилэтиловый спирт” привлекает опылителей и защищает цветы от травоядных муравьев.

Летучие вещества в листьях, коре и корнях в основном служат защитой от травоядных и патогенных организмов. Растения постоянно производят небольшое количество летучих веществ, но их синтез резко возрастает при повреждении тканей. Летучие вещества либо отпугивают злоумышленников напрямую, либо привлекают травоядных.

Летучие вещества в фруктах в сочетании с сахаром придают аромат, привлекающий животных, и помогают рассыпать/перенести семена. Однако летучие вещества с горьким привкусом, наоборот, препятствуют употреблению фруктов хищниками, до того, как семена полностью разовьются. В семенах вырабатывается большое количество летучих антимикробных веществ для защиты от бактерий и грибов в течение длительного периода до прорастания.

Многие растения также производят и выделяют аллопатические соединения, такие как “1,8-cineole”, которые предотвращают рост других видов. Уменьшая рост конкурентов, растения получают лучший доступ к воде, питательным веществам и свету.

Компоненты эфирного масла могут быть синтезированы в любой части растения. Растения производят летучие вещества в специализированных клетках, которые можно найти в любой части растения, будь то на поверхности или внутри различных тканей.

Секреторные клетки могут быть отдельными клетками или специализированными структурами, такими как **трихомы, секреторные полости и секреторные протоки**.

ТРИХОМЫ

Железистые/зернистыми трихомы - это эпидермальные структуры, состоящие из базальных клеток, стебля (с одной или несколькими клетками) и головки с различным количеством вторичных клеток. По оценкам исследований, у 20-30% видов сосудистых растений есть железистые трихомы. С точки зрения производства эфирных масел наиболее характерными семействами растений с железистыми трихомами являются:

- Lamiaceae (Лаванда)
- Asteraceae (Бессмертник)
- Geraniaceae (Герань)

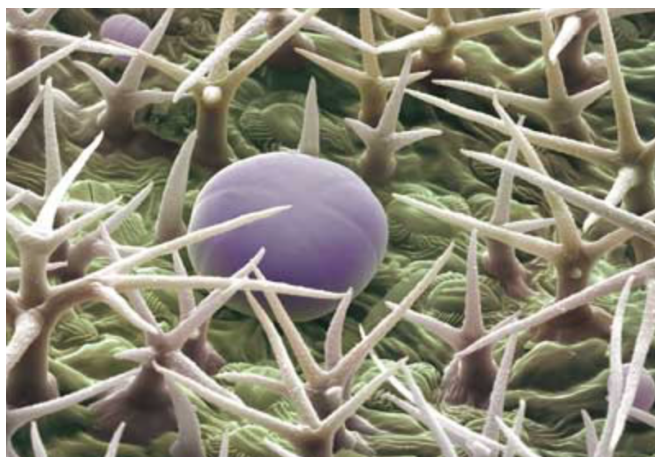
Трихомы также присутствуют во многих других семействах растений, таких как:

- Cannabinaceae (Каннабис, Хмель)
- Solanaceae (Помидоры, Табак)

Существует 2 типа железистых трихомов: головчатые трихомы с длинной ножкой и панцирные трихомы с короткой ножкой. Оба типа обладают разнообразием размеров и структуры, что также помогает ботаникам различать разные виды растений. Количество железистых трихом обычно увеличивается по мере созревания листьев. Подсчитано, что на зрелом листе Мята Перечной насчитывается более 17000 трихом. Железистые трихомы можно рассматривать как химические заводы растений.

Обычно выход эфирного масла после перегонки составляет около 1% от сухой массы растения, однако, помимо летучих, железистые трихомы также производят множество нелетучих компонентов, таких как сахар и флавоноиды.

Железистые трихомы. На картинке вы видите нижнюю поверхность листа лаванды английской (*Lavandula angustifolia*), демонстрирующую сидячую секреторную железу, окруженную несекреторными трихомами, которые помогают удерживать слой воздуха вокруг листа для уменьшения потери воды.



СЕКРЕТОРНЫЕ ПОЛОСТИ И ПРОТОКИ

В отличие от трихом, секреторные полости и протоки скрыты внутри растительной ткани и образуют большие запасы, из которых летучие вещества

могут высвобождаться сразу после повреждения травоядными животными. Секреторные полости присутствуют в основном в

- Rutaceae (цитрусовые)
- Myrtaceae (Мирт, Эвкалипт)
- Apiaceae (Петрушка, Кориандр)

Спелый грейпфрут среднего размера содержит более 30.000 секреторных полостей с общим объемом хранения до 1,5 мл.

Секреторные протоки представляют собой сложные трубчатые системы, которые в основном встречаются в

- Pinaceae (Сосна, Ель, Пихта)
- Cupressaceae (Кипарис, Можжевельник)
- Burseraceae (Ладан, Мирра)

А также в плодах, семенах и стеблях семейства Apiaceae (Кориандр, Тмин, Фенхель)

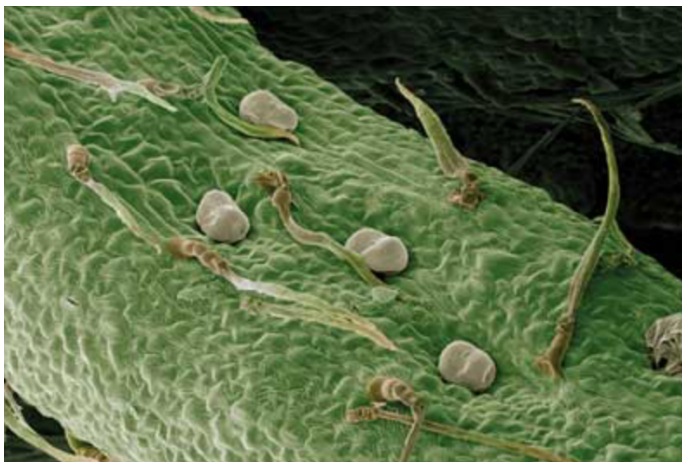
Отдельные секреторные клетки расположены в листьях (Лемонграсс), плодах Кардамона, Перца), корнях (Ветивер, Спикенард) и корневищах (Имбирь) и многих семейств растений. В цветах, таких как Роза и Жасмин, летучие вещества вырабатываются отдельными эпидермальными клетками. Они не хранятся, а сразу же выбрасываются в окружающую среду.

Секреторная железа на нижней поверхности листа Орегано (*Origanum vulgare*) с разорванной кутикулой, открывающей отдельные секреторные клетки. Протоки представляют собой удлиненные полости.

Они часто могут разветвляться, создавая сеть, простирающуюся от корней через стебель к листьям, цветам и фруктам. Они состоят из эпителия, окружающего центральную полость.



Верхняя поверхность листа Ромашки Римской (*Chamaemelum nobile*) с сидячими секреторными железами и несекреторными трихомами. Эти пространства выстланы секреторными клетками или эпителием, который производит эфирные масла. У высокоурожайных растений формируется несколько слоев этих секреторных клеток. Полости постоянно увеличиваются, и некоторые из них заполняются клетками с тонкими извилистыми стенками, в которых также хранится масло, произведенное из их пластид.



Корневище Имбиря (*Zingiber officinale*) с масляными шариками внутри мембраны его секреторной клетки. Простейшая секреторная структура - это отдельная клетка, содержащая секрецию, где только фактическое содержимое отличает ее от соседних несекреторных клеток. Однако он также может быть больше других клеток или иметь толстую кутикулярную выстилку.

