



Грибы - макромицеты

Кафедра микологии и альгологии
Воронина Е.Ю.
2016



Что определяет ядовитость грибов

Самые первые, времен античности, классификации грибов, подразделяли их на *съедобные* и *ядовитые*.

Тогда считалось, что *ядовитые свойства* грибы получают *извне*: от нор змей, ядовитых растений и т.п. впервые это мнение высказал *Диоскорид* в I в до н.э.

В античные времена появились также первые *предрассудки*, связанные с токсичностью грибов.

В настоящее время известно, что причиной отравления съедобными грибами могут стать *химические* или *радиоактивные загрязнения*.

Токсины, определяющие ядовитые свойства грибов, были выявлены и изучены только в конце XIX – начале XX вв., была определена их химическая структура и механизм действия.

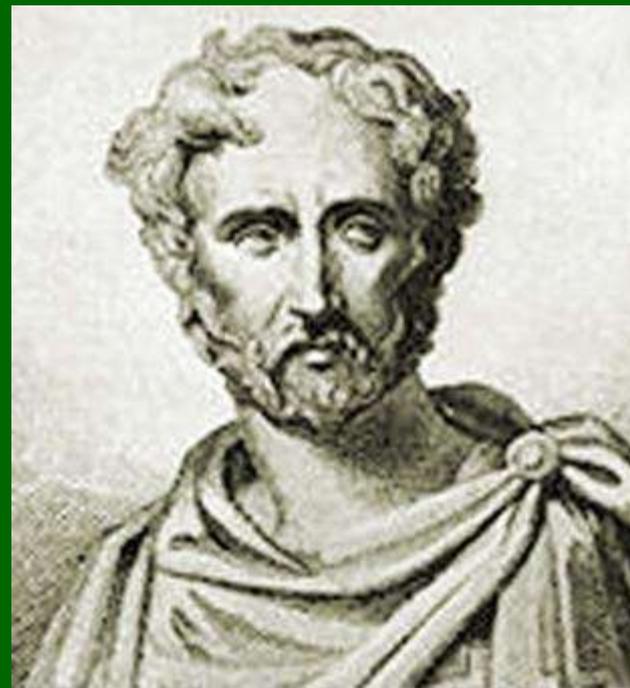
Наиболее опасны цитотоксические соединения: аманитины, фаллоидины, гиромитрин и орелланин, которые часто приводят к отравлениям с летальным исходом.

Предубеждения, связанные с ядовитыми грибами

Первым автором предубеждений, связанных со съедобностью грибов, был *Плиний Старший* (трактат «Главы о природе»): «Ядовитый гриб узнать легко: покраснение, отталкивающий вид, неприятный запах, морщины, бледная окраска снизу, кольцо вокруг ножки.

Грибница растет из дерева, иногда рядом со змеиным логовом. Если грибы при варке становятся твердыми, то они ядовитые.

Подавать грибы следует в серебряной посуде. От отравления помогает медовая вода».



Плиний Старший (22 (?) – 79 н.э.) – римский ученый - энциклопедист, автор «Естественной истории»

Предрассудки, связанные с ядовитыми грибами

В 1940-х гг. в Чехии вышла кулинарная книга, где сказано: «Ядовитые грибы можно узнать, насыпав на нижнюю часть шляпки соль. Если она пожелтеет, то гриб наверняка ядовит. Если позеленеет или посереет, то он сомнителен, а если почернеет, то гриб съедобен». Эти два труда разделяет почти 2000 лет, но предрассудки, связанные с грибами, все еще сохраняют жизнеспособность.



Amanita virosa – белая поганка



Amanita phalloides –
бледная поганка

Предвззсудки, связанные с ядовитыми грибами

- Ядовитые грибы имеют неприятный запах или вкус.
- Ядовитые грибы не червивеют.
- В отваре ядовитых грибов темнеет луковица или серебряная ложка.
- Ядовитые грибы свертывают молоко.
- Ядовитые грибы растут «ведьмиными кольцами».
- Ядовитые грибы не растут на лугах.
- Ядовитые грибы имеют заостренную шляпку.
- Все грибы белого цвета съедобны.
- Все грибы с розовыми пластинками съедобны.
- Все грибы съедобны в молодом возрасте.
- После хорошей обработки любой гриб становится съедобным.



*Stropharia
aeruginosa*

Единственно возможная профилактика отравлений – не собирать то, чего не знаешь или то, что вызывает сомнения:
“When in doubt – throw it out”.

Причины отравления неядовитыми грибами

- Помимо собственных токсинов, выделяемых грибами, к отравлению могут привести внешние причины (заселение плодовых тел токсинообразующими **микотфильными грибами и бактериями** или **накопление отравляющих веществ** из окружающей среды)
- В наибольшей степени накапливают тяжелые металлы и прочие ОВ **микоризообразователи** и почвенные сапротрофы, в наименьшей – **ксилотрофы**.
- **Свинец (Pb)** – наиболее опасен среди тяжелых Me. Некоторые виды грибов накапливают его в 3 и более раз сравнительно со средним содержанием (8-17 мг/ кг), особенно в условиях загрязнения.
- **Кадмий (Cd)** – содержание редко превышает допустимое, но на загрязненных почвах может достигать 1,3 – 1,6 мг/ кг.
- **Никель (Ni)** – у некоторых видов имеется биохимическая тенденция к накоплению

Грибы, накапливающие свинец



Boletus erythropus



Clitocybe nebularis



Agaricus bitorquis



Agaricus bisporus

Грибы, накапливающие кадмий (верхний) и никель (нижний) ряд



Suillus luteus



Leccinum aurantiacum



Russula delica – 4,16



Cortinarius triumphans – 7,24



*Macrolepiota
procera* – 4,55

Zn



Lactarius deliciosus

Cr



Boletus impolitus

As



Lactarius deliciosus



Leccinum variicolor



Russula nigricans



Clitocybe nebularis

Накопление грибами радионуклидов

В результате ядерных испытаний, аварий на АЭС и пр. воздействий к природным радионуклидам (калий-40, радий-226, торий-232, уран-238) добавились цезий-137, америций-241 и пр., более опасные для здоровья человека.

Америций-241,
цезий-137:



Boletus badius



Paxillus involutus



Lepista nuda



Tricholoma equestre



Russula nigricans

Разделение грибов по степени съедобности

- **Съедобные грибы: I – IV категории.**

Стандарты СССР; не всегда принадлежность к категории отражает вкусовые качества и пищевую ценность.

- **Условно-съедобные грибы (частично IV категория).**

Грибы, съедобные после более длительной обработки, имеющие невысокую пищевую ценность или сходные с ядовитыми и несъедобными. Зыбкая и по-разному понимаемая группа.

- **Несъедобные грибы.**

Грибы, не содержащие токсинов, но имеющие неприятный запах и / или вкус (горький, острый, химический).

- **Ядовитые грибы.**

Грибы, содержащие токсины и вызывающие отравления. В Европе – около 100 видов.

- **Грибы с неустановленной съедобностью.**

Виды, как правило имеющие низкую пищевую ценность, с мелкими или редко встречающимися плодовыми телами.

Несъедобные и ядовитые грибы

- Токсины грибов (микотоксины), а также горькие и жгучие вещества представляют собой **вторичные метаболиты** (*низкомолекулярные вещества, не участвующие в первичном метаболизме: дыхании и синтезе белков, липидов, нк*) защитного действия, помогающие сохранить плодовые тела до полного созревания.
- Млекопитающие избегают ядовитых грибов, даже если отравление наступает не сразу после приема пищи.
- Химическая экология грибов изучена очень мало, в отличие от растений, но известно наличие у них химических защитных стратегий.

• 3 типа стратегий:

- 1. конститутивные механизмы химической защиты: основаны на вторичных метаболитах, постоянно присутствующих в активном состоянии.
- 2. механизмы химической защиты, активирующиеся повреждением: неактивный предшественник переходит в активный агент в результате ферментативной реакции, запускаемой ранением плодового тела.
- 3. индуцированные механизмы химической защиты: включают синтез активных соединений *de novo*, запускаемый в случае необходимости.

Несъедобные грибы

Основная причина несъедобности – горький или слишком острый вкус плодовых тел, а также наличие неприятных запахов.

Горечь грибов изучена недостаточно, известны не все вызывающие её соединения, а также непонятно, какими рецепторами она воспринимается человеком.



Tylopilus felleus



Gymnopilus spectabilis

Несъедобные грибы

У людей, не воспринимающих вкус, как правило, имеются нарушения обоняния. При обследовании 547 человек в Англии у 366 были выявлены проблемы с обонянием.

Около 25% людей имеют генное нарушение восприятия некоторых источников горечи. Это мутация гена TAS2R38 хромосомы 7Q36, приводящая к дефектам рецептора горького вкуса и носящая, вероятно, наследственный характер.

Острота восприятия горького и соленого вкуса снижается с возрастом.



Armillaria borealis



Gymnopilus spectabilis

Несъедобные грибы

Конститутивные механизмы химической защиты:
соединения горького и острого вкуса

Широко распространены у грибов,
предполагаемо служат для
отпугивания поедающих грибы
животных.



опоссум *Didelphis virginiana*

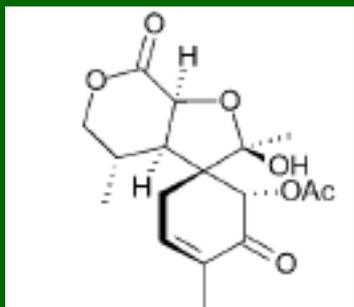


Boletus radicans



Boletus calopus

Конститутивные механизмы химической защиты: соединения горького и острого вкуса

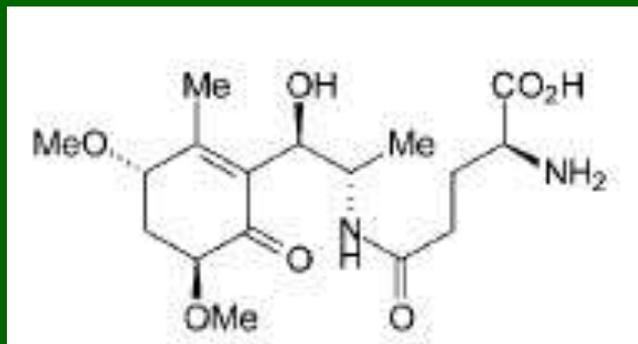


Сесквитерпены (полуторатерпены), группа органических соединений класса терпенов, в которую входят углеводороды от $C_{15}H_{24}$ до $C_{15}H_{32}$, а также их кислородные производные (спирты, альдегиды, кетоны).

О-ацетилциклокалопин А



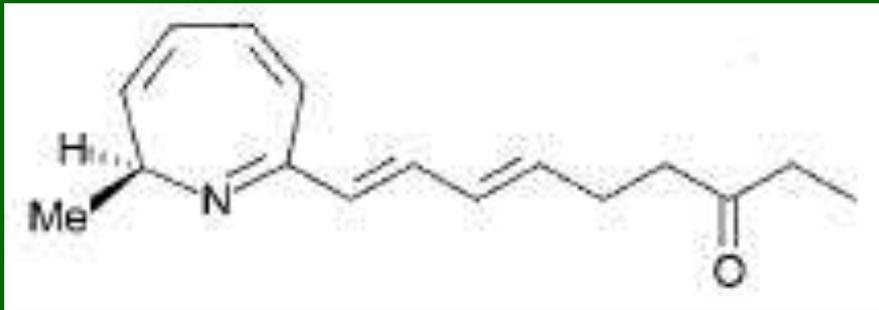
Tricholoma lascivum



Ласцивол – производное циклогексенона

Несъедобные грибы

Конститутивные механизмы химической защиты: соединения горького и острого вкуса



хальципорон



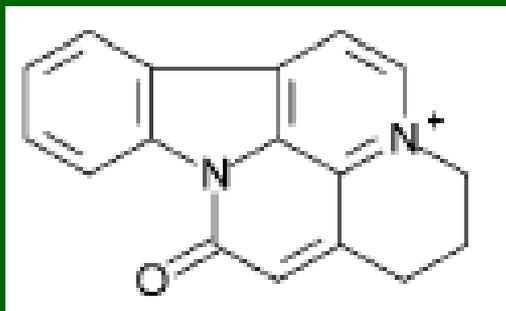
Lactarius piperatus



Chalchiporus piperatus

Соединения острого перечного вкуса синтезируются из *сесквитерпенов*.

Конститутивные механизмы химической защиты: соединения горького и острого вкуса



инфрактопикрин

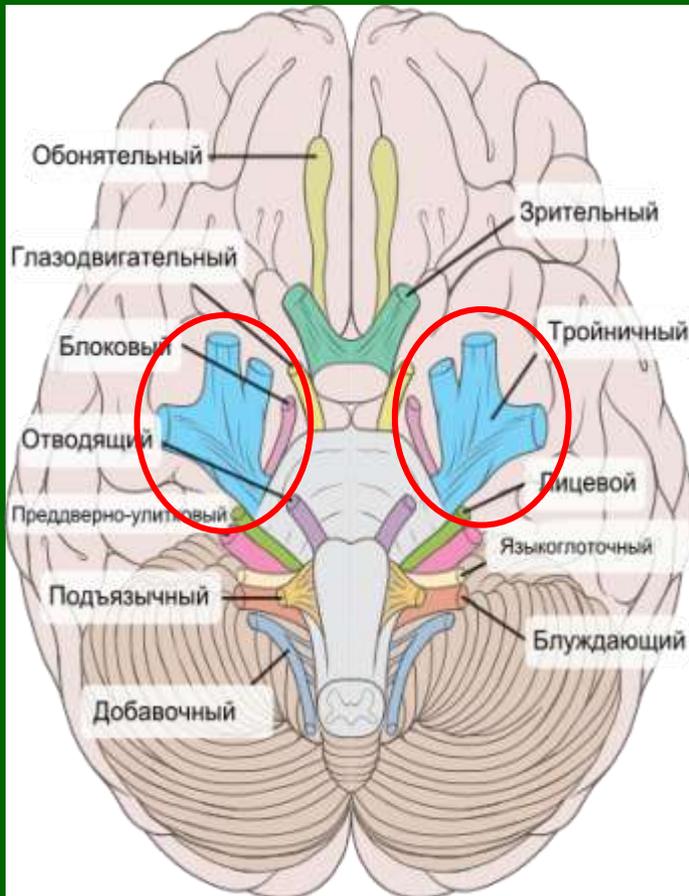


Cortinarius infractus

Алкалоиды (от лат. *alkali* — щелочь и др.-греч. εἶδος — вид, облик) — группа азотсодержащих органических соединений природного происхождения (чаще всего растительного), преимущественно гетероциклических, большинство из которых обладает свойствами слабого основания.

Несъедобные грибы

Острый, едкий, жгучий вкус – возбуждение тройничного нерва (чувствительность лица и ротовой полости, иннервация жевательных мышц).



Russula emetica



Механизмы химической защиты, активирующиеся повреждением плодового тела

Выявляют путем поиска неактивного предшественника и ферментативной активности в момент атаки патогена или поедающего животного и сравнения метаболических профилей повреждённого и неповреждённого плодовых тел.

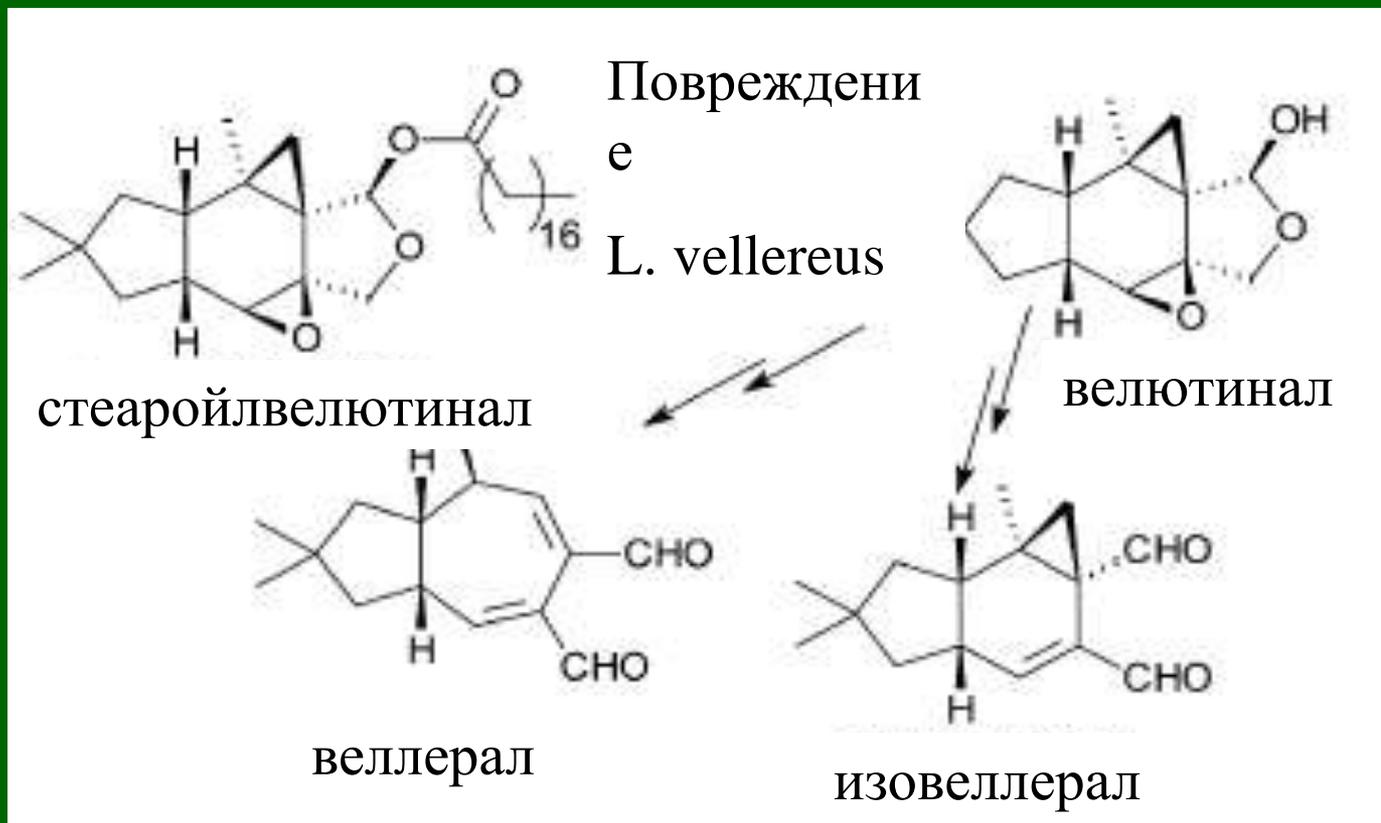
Работают три основных класса ферментов: *гидролазы* (эстеразы, протеазы или глюкозидазы), *фенолоксидазы* и *липоксигеназы* и осуществляется гидролиз сложных эфиров, окисление фенолов или перекисное окисление жиров.



Lactarius vellereus – предполагается появление сесквитерпеноидных альдегидов и спиртов

Механизмы химической защиты, активирующиеся повреждением плодового тела

Гидролиз сложных эфиров



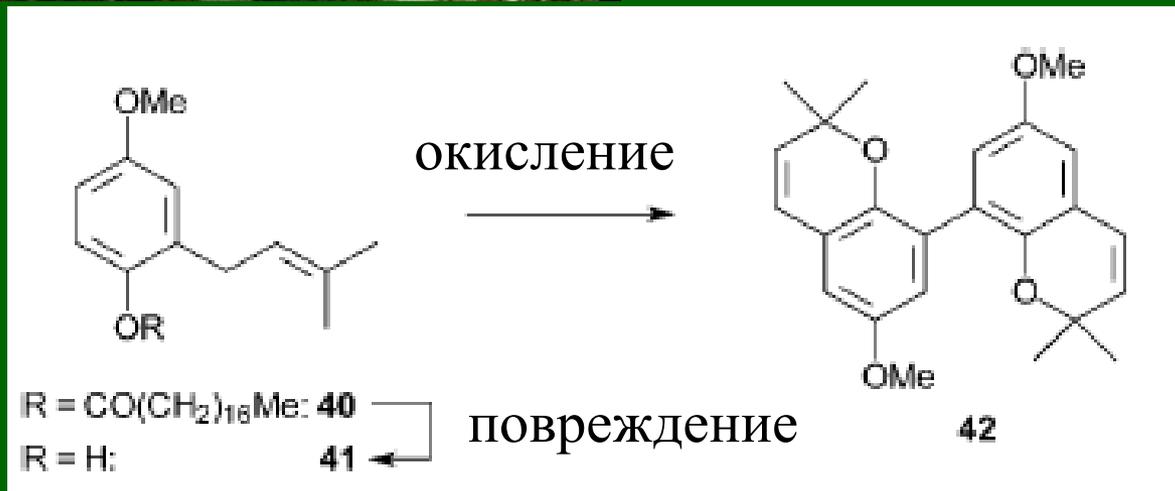
В результате повреждения происходит реакция омыления и нестабильный велютинал переходит в альдегиды *веллерал* и *извеллерал* или соответствующие спирты, приобретая острый вкус и отпугивая животных.

Механизмы химической защиты, активирующиеся повреждением плодового тела



Lactarius fuliginosus

Lactarius picinus



Более редкий для *Lactarius* вариант защиты: фенольный эфир без вкуса при повреждении переходит в *свободный фенол* со жгучим вкусом, который постепенно окисляется до смеси бензофурана и красных пигментов (покраснение млечного сока).

Основные типы грибных отравлений

I. Токсинами, вызывающими разрушение клеток, действующими на печень и почки. Отравления часто смертельные, симптомы проявляются более, чем через 6 ч. (иногда более, чем через сутки) после употребления в пищу.

1. *Аманитиновый синдром (смертельные отравления циклопептидами аманитинами и фаллоидинами)*



Amanita phalloides



Galerina marginata

Основные типы грибных отравлений

2. Гиромитриновый синдром (смертельные отравления монометилгидразином)

Gyromitra esculenta



3. Орелланиновый синдром (часто смертельные отравления орелланином)



Cortinarius orellanus



Cortinarius speciosissimus

Основные типы грибных отравлений

II. Токсинами, действующими преимущественно на вегетативную нервную систему. Симптомы проявляются через 20 мин. - 2 ч.

4. Коприновый синдром



Coprinus comatus



Coprinopsis atramentaria

Основные типы грибных отравлений

5. Мускариновый (судориновый) синдром

1



2



3



1. *Amanita muscaria*
2. *Inocybe patouillardii*
3. *Clitocybe dealbata*

Основные типы грибных отравлений

III. Токсинами, действующими преимущественно на центральную нервную систему. Симптомы проявляются через 20 мин. - 2 ч.

6. Мусцимоловый синдром



Amanita muscaria

7. Псилоцибиновый синдром



Psilocybe semilanceata



Panaeolus subbalteatus

Основные типы грибных отравлений

IV. Токсинами,
вызывающими
преимущественно
расстройства
пищеварения.

Симптомы
проявляются через 30
мин. - 3 ч.

8. Резиноидный синдром
(раздражение желудочно-
кишечного тракта)

а) высокотоксичные грибы

1. *Huophiloma fasciculare*
2. *Tricholoma virgatum*
3. *Entoloma sinuatum*



Основные типы грибных отравлений

б) токсичные грибы



Tricholoma sulphureum



Boletus satanas

Основные типы грибных отравлений

в) слаботоксичные грибы, вызывающие легкое отравление



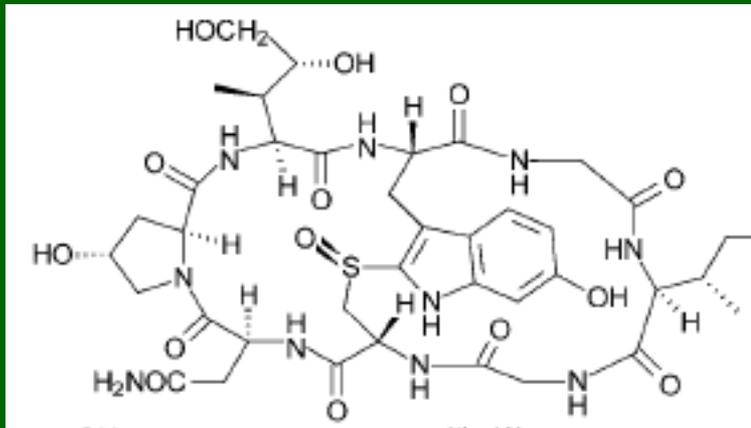
1. *Agaricus xanthodermus*
2. *Hebeloma crustuliniforme*
3. *Hygrophoropsis aurantiaca*

Ядовитые грибы

Конститутивные механизмы химической защиты: токсины

Выявляют путем фракционирования экстрактов из соответствующих организмов.

Аманитиновый синдром



α -аманитин — циклический октапептид бледной поганки, ингибирующий РНК — полимеразу II



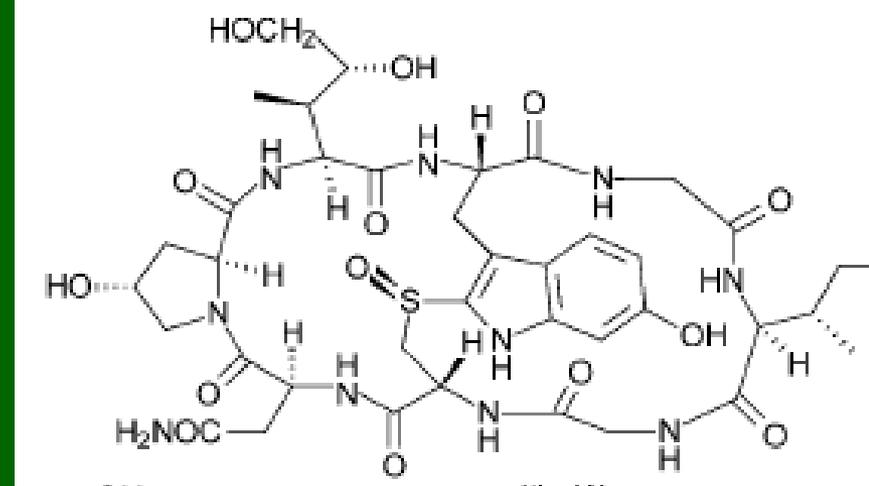
Amanita phalloides



Amanita virosa

Ядовитые грибы

Аманитиновый синдром

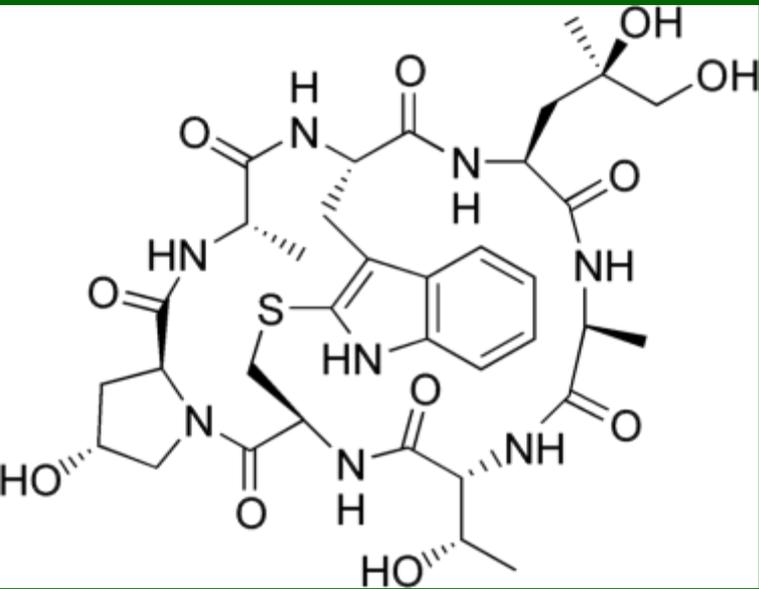


Основные группы токсинов поганки - *аманитины* и *фаллоидины*, термостабильны и растворимы в воде. Летальная доза гриба для человека среднего телосложения – 30 г. Латентный период до 48 ч. Аматоксины селективно ингибируют ДНК зависимую РНК – полимеразу II в клетках эукариот. Они быстро всасываются в кишечнике, но даже в очень высоких дозах проявляют действие не ранее, чем через 15 ч., часто – через 24 ч., поэтому у отравлений бледной поганкой долгий латентный период.

При отравлении *аманитинами* происходит некроз клеток печени, в более тяжелых случаях – и почек. Этот процесс начинается уже через 30 мин., не проявляясь в каких-либо внешних симптомах.

Ядовитые грибы

Аманитиновый синдром



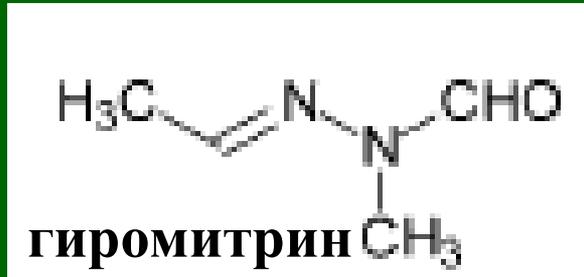
Фаллоидин – гепатотоксин, вносящий небольшой вклад в смертельное действие гриба

Фаллотоксины из кишечного тракта практически не всасываются, а при внутривенном введении экспериментальным животным вызывают их гибель уже через 1-2 часа. Большинство исследователей считает, что они не принимают значительного участия в отравлениях бледной поганкой. Фаллоидин связывается с актином клетки в его полимерной форме и препятствует его деполимеризации.



Ядовитые грибы

Гиromитриновый синдром



Gyromitra esculenta



Токсин аскомицетов *Gyromitra* (до 0,05% от сухой массы грибов) и *Helvella* из группы гидразинов. Симптомы отравления гиromитрином проявляются довольно поздно – через 6-10 часов и могут продолжаться 1-2 дня.

Нарушения множественные – гастроэнтерит, повреждения печени и почек, гемолиз, судороги и др., в результате – кома. 14% отравлений летальны.

Гиromитрин и другие гидразины и их производные обладают канцерогенным действием при накапливании в организме.

Ядовитые грибы

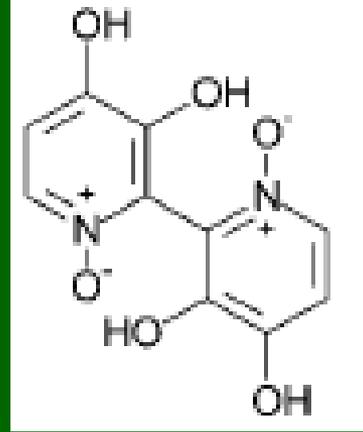
Орелланиновый синдром



Cortinarius orellanus



Cortinarius rubellus



Орелланин –
соединение
из группы
бипиридинов

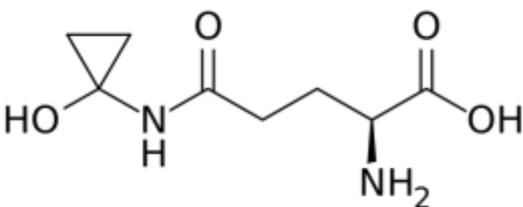
Токсичный эффект выявлен в 1950-х, после массовых отравлений в Польше. Латентный период длится до 20 дней. Вызывает желудочно-кишечные расстройства, невралгию, в финальной стадии - почечную недостаточность, что проявляется через несколько дней. Первые симптомы сходны с гриппом. Высокая летальность.

Ядовитые грибы

Коприновый синдром



Coprinopsis atramentaria *Coprinus comatus*



Коприн —
производное
аминокислоты
глутамина

Коприны — токсины навозников, проявляющие в сочетании с алкоголем действие, аналогичное дисульфираму (антабус). Метаболизируясь, они замедляют расщепление алкоголя, вызывая накопление ацетальдегида и особенно сильную абстиненцию. При приёме одновременно с алкоголем первые симптомы — через 20-30 мин.

Ядовитые грибы

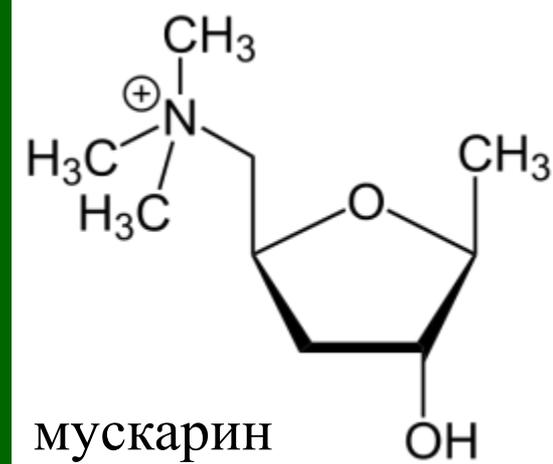
Му斯卡риновый (судоринный) синдром



Amanita muscaria



Inocybe patouillardii



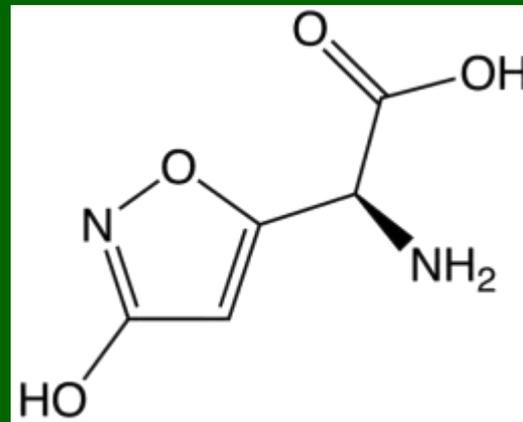
Му斯卡рин «мимикрирует» под ацетилхолин и влияет сходным с алкоголем образом. Летальная доза му斯卡рина для человека – 300-350 мг – содержится в 40-80 г *I. patouillardii* и в 3-4 кг *A. muscaria*. В ЦНС не проникает, симптомы периферических явлений – сильное сужение зрачков, замедление пульса и дыхания, снижение кровяного давления и повышение секреторной деятельности потовых желез и слизистых оболочек носа и ротовой полости.

Ядовитые грибы

Мушцимоловый синдром



Amanita muscaria



Мушцимол образуется из иботеновой к-ты путем ее декарбоксилирования.

Примерно в 10 раз более активен, чем исходное соединение.

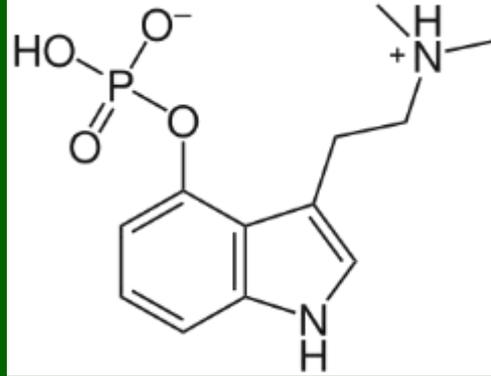
иботеновая кислота – предшественник мушцимола

Содержание токсинов колеблется в очень широких пределах – от 1,2% сухого вещества до практически 0, обычно 3-10 мг мушцимола на 1 г сухого вещества. Иботеновая к-та связывается с рецептором глутамата; мушцимол – структурный аналог γ -аминомасляной к-ты. Таким образом, они действуют как нейротоксины ЦНС, вызывая головокружение, галлюцинации, беспричинные смены настроения и пр. Эти токсины обусловили ритуальную роль мухомора в Старом свете.

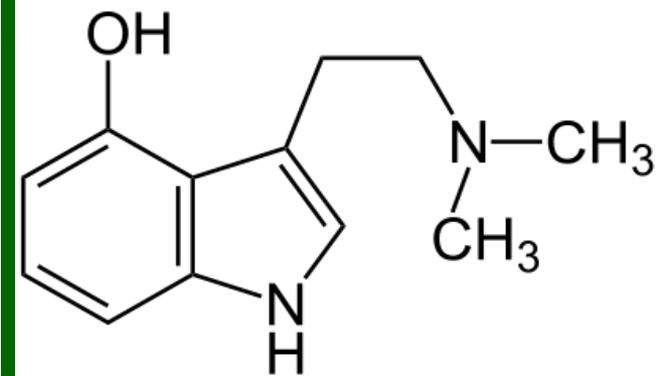
Ядовитые грибы

Псилоцибиновый синдром

Индольные алкалоиды – производные триптамина.



псилоцибин



псилоцин

Псилоцибин и *псилоцин* имеют структурное сходство с *серотонином* - важным медиатором ЦНС. Псилоцибин и псилоцин препятствуют его переносу в межнейронных синапсах, что приводит к нерегулируемой активности нейронов, контролирующей обработку зрительной и эмоциональной информации. Возникают ошеломленность, повышенная слуховая и зрительная восприимчивость, ощущение сжатия пространства и времени, нарушение восприятия скорости, освещенности и цвета; затем следуют необычные видения и галлюцинации, исчезает ощущение пространства и времени. Остается сознание нереальности происходящего.

Псилоцибин и *псилоцин* – не токсины, а скорее, психоделики, вызывающие изменение восприятия внешнего мира. Не вызывают физиологической зависимости, но могут вызвать достаточно сильное психологическое привыкание.

Токсичность очень низка. Летальная доза – 6-7 г псилоцибина (около 40 кг свежих грибов). Эффективная доза – 4-14 мг (около 2 г сухих грибов).

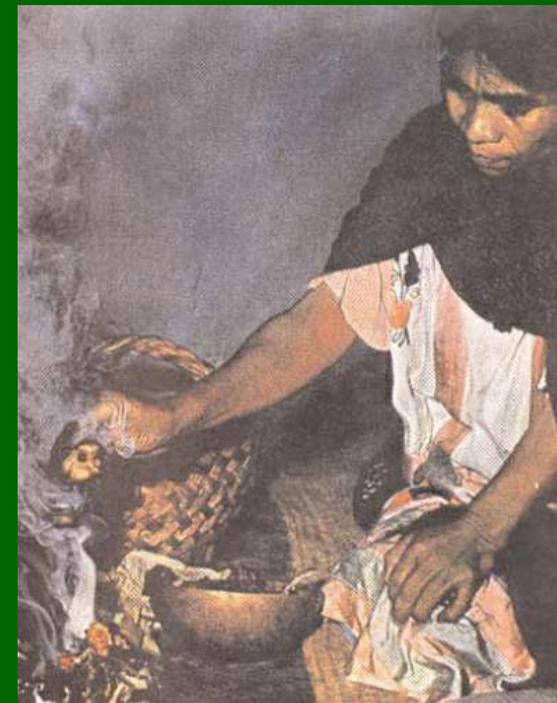
Безопасными эти соединения не являются. Показаны дистрофические изменения нервных клеток, случаи нарушений сердечной деятельности и почечной недостаточности.

Употребление и хранение псилоцибин-содержащего сырья в России, как и в большинстве европейских стран, преследуется законом.

Курандера (шаманка) Мария Сабина, Мексика, во время сеанса исцеления (велада)



Psilocybe semilanceata



Ядовитые грибы *Резиноидный синдром*

Вызывается широким кругом ядовитых грибов (ложные опята, рядовки, говорушки и пр.), заключается в раздражении слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта альдегидами и кетонами.

В ряде случаев токсический эффект может быть значительным и затрагивать внутренние органы, иногда возможен даже летальный исход.

Тяжелая форма обычно развивается при приеме чрезмерного количества грибов, у детей и лиц пожилого возраста, или людей, страдающих сопутствующими заболеваниями. Симптомы – острый гастероэнтерит, действующие вещества различной природы, не всегда известны.



Boletus satanas



Hypopholoma lateritium

«Синдром внезапной смерти» в Китае

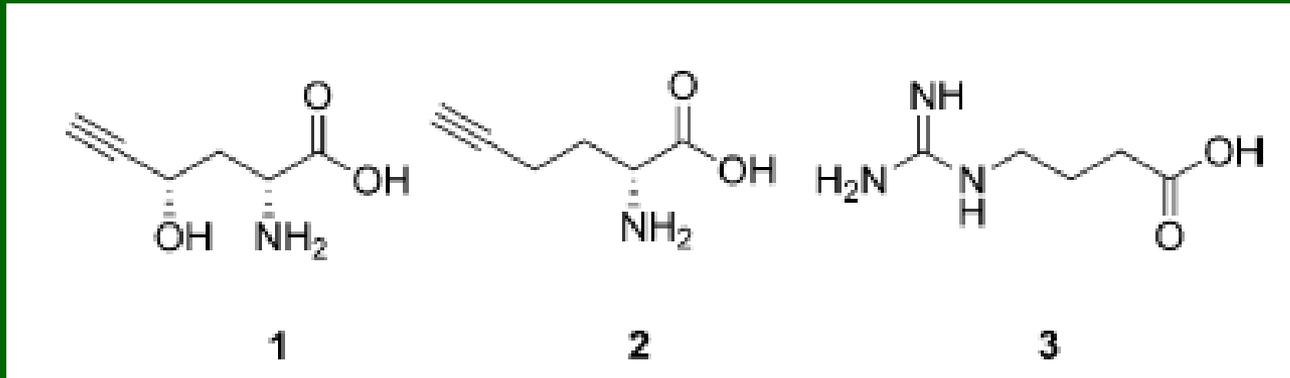
В провинции Юннань (юго-западный Китай) среди сельского населения были отмечены массовые случаи остановки сердца (400 раз за последние 30 лет).

Все случаи за период дождей (июнь-август) в районах на высоте 1700 – 3000 м над уровнем моря.

Выявлена причина: случайное употребление в пищу гриба *Trogia venenata* (пор. Agaricales), содержащего высокие концентрации бария (?) и 2 токсичные небелковые аминокислоты.



«Синдром внезапной смерти» в Китае



1. 2R-амино-4S-гидрокси-5-гексиновая к-та
2. 2R-амино-5-гексиновая к-та
3. известный токсин γ -гуанидиномасляная к-та

Показано действие на сердечную мышцу (сердечные кровотечения) и глубокая гипогликемия в результате действия токсинов.

Показано летальное действие всех трех соединений на мышей, полулетальная доза 71 (1) и 84 (2) мг/ кг.

Первая помощь при отравлении грибами

- Вначале необходимо промывание желудка (3-4 стакана теплой воды с содой (1/4 ст. ложки на стакан) или слабого (светло-розового) раствора марганцовокислого калия).
- Процедуру следует повторять до полной очистки желудка. Остатки грибов следует сохранить до экспертизы.
- Затем больному следует принять слабительное (касторовое масло – 2-3 ложки).
- После нужно напоить больного горячим чаем, уложить в постель и обеспечить покой.
- После оказания первой помощи необходимо срочно вызвать врача и обязательно сказать, что больной ел грибы.

Лечение больного должны проводить врачи – специалисты.

Профилактикой грибных отравлений может служить исключительно осторожность при сборе грибов и их приготовлении.