

© Коллектив авторов, 2008

А. П. Подтероб

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИШАЙНИКОВ И ИХ МЕДИЦИНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В настоящее время установлено наличие в лишайниках около 700 веществ с известной структурой. Около 200 из них относятся к депсидам, молекулы которых построены из 2 – 4 остатков гидроксibenзойных кислот, связанных между собой сложноэфирными группами. Более 100 соединений являются депсидонами, отличающимися наличием дополнительной простой эфирной связи между ароматическими кольцами. Многие вещества, выделенные из лишайников, обладают антимикробным действием. Наибольшую известность получила усниновая кислота – антибиотик фенольного строения. Ее натриевая соль используется для лечения ран, ожогов, трещин и т. д. Актуален поиск синтетических аналогов уникальных лишайниковых антибиотиков. В статье приведены структуры некоторых лишайниковых веществ (41 структура), а также краткие сведения о способах их выделения и свойствах. Отмечается прогресс в области культивирования лишайников и их микобионтов, открывающий возможность массового использования их химических компонентов для нужд фармации. Таким образом, издавна используемые в народной медицине лишайники в настоящее время являются перспективным источником фармакологически активных веществ.

Лишайники представляют собой своеобразную и относительно малоизученную группу низших растений-симбионтов, у которых гриб (микобионт) в некоторой мере паразитирует на водоросли (фотобионт). Микобионт лишайников образован грибами 4 подотделов: *Ascomycotina* (98 % лишайников), *Basidiomycotina*, *Deutromycotina*, *Mastigomycotina*. В качестве фотобионта выступают прокариоты 8 родов (*Nostoc*, *Gleocapsa*, *Scytonema*, *Stigonema*, *Chroococcus*, *Hyella*, *Calothrix*, *Dichotrix*) и водоросли 3 отделов (зеленые — *Chlorophyta*, желто-зеленые — *Xanthophyta*, бурые — *Phaeophyta*). В состав почти половины всех видов лишайников входит зеленая водоросль *Theobuxia* (Требуksия). Тело лишайника (таллом, слоевище) представляет собой рыхлый материал — гибкий каркас из тонких грибных нитей (гифов), занимающий 90 – 95 % объема слоевища, в котором по отдельности

нитеями или слоями расположены водорослевые клетки [1, 2].

Лишайники издавна находят разнообразное практическое применение, в том числе как источники получения лекарственных средств [3, 4]. Наибольшее применение в медицине получил так называемый “исландский мох” или цетрария исландская (*Cetraria islandica*) [3, 5 – 8]. Первое упоминание об этом лишайнике как лекарственном средстве относится к 1673 г. [9].

К настоящему времени накоплен достаточно обширный экспериментальный материал, касающийся химического строения, свойств [10 – 21] и биологического действия [22 – 25] многих лишайниковых веществ. В последние годы наблюдается прогресс в области культивирования лишайников и их микобионтов, открывающий возможность массового производства лишайниковых веществ для нужд фармации [10, 26 – 29]. Из лекарственных средств лишай-

Таблица 1
Среднее содержание химических элементов в лишайниках, мг · кг⁻¹ сухой массы

| Элемент | Содержание | Элемент | Содержание |
|---------|------------|---------|------------|
| N | 8470 | Cl | 100 |
| P | 770 | Fe | 1050 |
| K | 3330 | Mn | 89 |
| Na | 815 | Zn | 40 |
| Ca | 3600 | Cu | 8,4 |
| Mg | 820 | B | 4,0 |
| Si | 3770 | Mo | 0,39 |
| S | 870 | Co | 0,48 |

Таблица 2
Состав золы у некоторых видов лишайников

| Компоненты | Содержание в золе, % | | | |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | цетрария кукуллата | кладония рангиферина | кладония альпестрис | алектория охролеука |
| SiO ₂ | 43,32 | 78,37 | 84,10 | 31,54 |
| Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ | 20,90 | 9,72 | 7,58 | 25,30 |
| CaO | 1,27 | 0,55 | 0,47 | 1,68 |
| MgO | 3,84 | 4,56 | 1,15 | 11,28 |
| K ₂ O | 11,02 | 3,38 | 1,79 | 10,90 |
| P ₂ O ₅ | 7,87 | 2,81 | 2,91 | 11,51 |
| Cl | 1,97 | 0,12 | 0,19 | 0,93 |

никового происхождения необходимо отметить препараты “Бинан” (или натрия уснинат) [4, 30], “Эвозин” [31], “Цетрис” и некоторые другие [8].

В настоящем обзоре освещаются в основном достижения последних десятилетий в области исследования структуры и свойств биологически активных лишайниковых веществ и их применения, приводятся также данные об элементном химическом составе лишайников.

Химические элементы

В монографии [32] приведена таблица среднего содержания 16 химических элементов в лишайниках, составленная по данным отечественных и зарубежных публикаций. Объем выборки для каждого элемента составлял от нескольких десятков до нескольких сотен дат (табл. 1). В целом, по сравнению с высшими растениями (мхи, папоротники, злаки, бобовые, лебедовые, крестоцветные, сложноцветные, гречишные), лишайники накапливают больше Fe, Zn, меньше — N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Cl, B, Mo. Примерно равные количества в лишайниках и высших растениях элементов Mn, Cu, Co. Особенностью лишайников является повышенное содержание в их золе оксида кремния. В табл. 2 приведены результаты зольного анализа некоторых видов лишайников [3].

Органические вещества

Вещества лишайников можно условно разделить на 2 группы: первичные и вторичные (схема 1). Первичные лишайниковые вещества выполняют структурную функцию и участвуют в клеточном обмене. В основном это те же вещества, что и в других растениях. Роль вторичных лишайниковых веществ окончательно не выяснена. Около 30 лет назад было известно более 250 таких веществ, из которых примерно 75 — специфические лишайниковые вещества (в основном лишайниковые кислоты).

Роль вторичных лишайниковых веществ окончательно не раскрыта. Более вероятно, что они являются антибиотиками (кислоты), участвуют в фотосинтезе (атранорин), действуют как светофильтры, т.е. защищают фотобионт от чрезмерной радиации (париетин), способствуют передвижению углеводов из фото- в микобионт, участвуют в разрушении минерального субстрата [2].

По данным Гунека (Германия) и Яшимуры (Япония), авторов современного руководства по идентификации лишайниковых веществ, всего в лишайниках насчитывают около 700 веществ с известной структурой [10].

Как следует из обзора лишайниковых веществ, самыми многочисленными их классами являются депсиды и депсидоны, структура которых будет в дальнейшем рассмотрена.

Достаточно подробно исследован химический состав применяемой в медицине цетрарии исландской [8].

Полисахариды

В [9] было установлено, что при кипячении с водой цетрарии исландской образуется много слизистых, за-

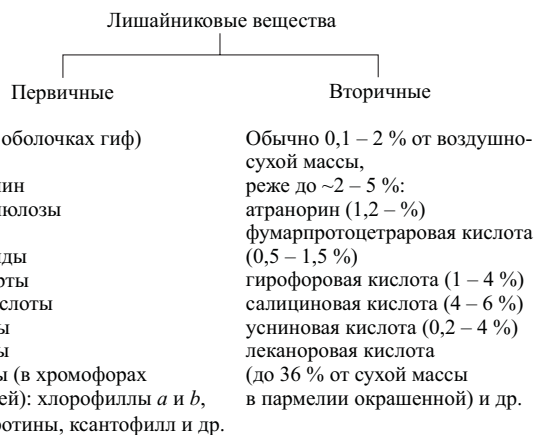


Схема 1. Приблизительный состав лишайниковых веществ (по данным [2]).

стывающих продуктов, названных “лишайниковым крахмалом” или лихенином. В настоящее время установлено, что “лишайниковый крахмал” состоит по крайней мере из двух фракций, различающихся по растворимости: нерастворимый в холодной, но растворимый в горячей воде лихенан (лихенин), и растворимый в холодной воде изолихенан (изолихенин). Учитывая полидисперсность фракций, правильнее говорить о лихенанах и изолихенанах. После их выделения горячей водой, при последующей экстракции водным раствором щелочи, получены смеси гетерополисахаридов, построенные из остатков D-маннозы, D-галактозы, D-глюкозы, гексурановой кислоты. Лихенаны и изолихенаны представляют собой разветвленные D-глюканы, звенья которых (остатки D-глюкозы) соединены связями 1 → 3 и 1 → 4. Различие в том, что лихенаны построены из остатков β -D-глюкозы, а изолихенаны — α -D-глюкозы [11]. Важно отметить, что полисахаридные фракции лишайников обладают противоопухолевой активностью [12]. Содержание углеводов в различных видах лишайников приведено в табл. 3. Видно, что наибольшее содержание лихенина — в цетрарии исландской.

Таблица 3
Содержание углеводов в некоторых видах лишайников по [3], в % к сухой массе

| Вид лишайников | Растворимые в воде сахара | Содержание углеводов, % | | | |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|-----------|-----------------|
| | | Лихенин | Гемипеллолоза | Целлюлоза | Сумма углеводов |
| Цетрария исландика | 1,9 | 50,9 | 25,8 | 3,9 | 82,5 |
| Цетрария нивалис | 1,5 | 18,8 | 59,7 | 3,9 | 83,9 |
| Алектория охролеука | 1,2 | 45,6 | 34,6 | 3,7 | 85,1 |
| Кладония альпестрис | 0,3 | 2,4 | 73,8 | 7,3 | 83,8 |
| Кладония митис | 0,4 | 1,6 | 71,6 | 6,6 | 80,2 |
| Кладония деформенс | 0,3 | 4,1 | 68,5 | 10,8 | 83,7 |
| Пельтигера афтоза | 0,4 | 4,9 | 35,2 | 8,3 | 48,8 |
| Стереокаулон пасхале | 1,1 | 219 | 59,8 | 8,6 | 72,4 |

Каротиноиды

Известно [33], что каротиноиды наряду с другими растительными пигментами (хлорофиллами и фикобилинами) служат рецепторами световой энергии. Каротиноиды кроме того выполняют защитную функцию — предотвращают распад хлорофилла под воздействием молекулярного кислорода. Большинство каротиноидов имеют длинные (18 атомов углерода) полиизопреноидные цепи, на концах которых находятся ненасыщенные замещенные циклогексеновые кольца. Для некоторых каротиноидов установлена антимуtagenная активность (β -каротин).

Хроматографическими методами были изучены каротиноиды 33 видов лишайников из Антарктики [13]. Общее содержание каротиноидов варьировало от 23,25 до 123,5 мкг/г сухого веса. В 15 видах лишайников Анатолийского полуострова (Малая Азия) [14] установлено наличие 24 каротиноидов:

| | | | |
|------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| α -каротин | зеаксантин | β -цитраурин | мутатоксантин |
| β -каротин | лютеинэпоксид | капсохром | эхиненон |
| ϵ -каротин | антераксантин | 6-эпоксид | 4-гидроксиэхиненон |
| β -криптоксантин | виолаксантин | ликопен-5 | кантаксантин |
| лютеин | флавоксантин | биксин | астаксантин |
| 3-эпилитеин | ауроксантин | гетероксантин | неоксантин |

Их общее содержание составляло от 20,49 до 81,18 мкг/г сухого веса.

Другие вещества

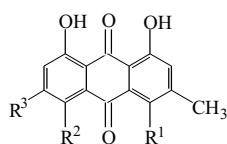
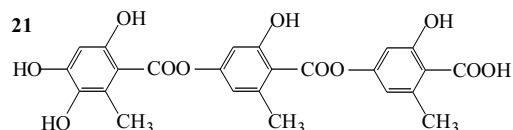
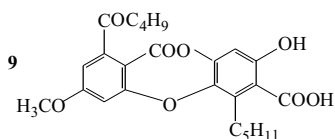
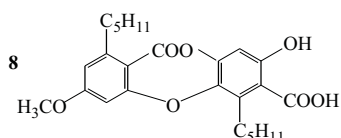
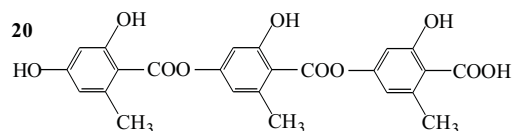
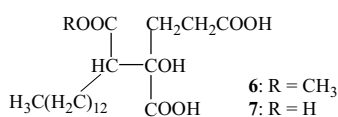
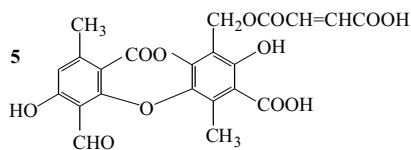
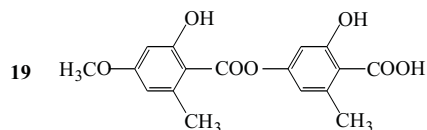
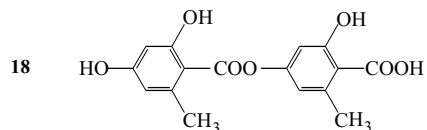
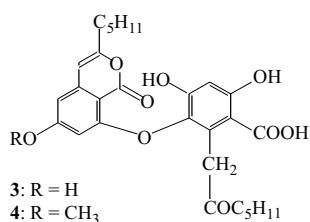
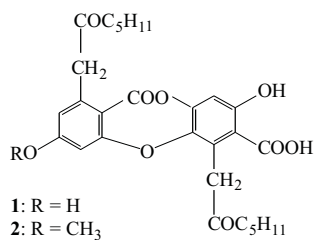
Наибольший интерес представляют вторичные лишайниковые вещества с кислотными свойствами — лишайниковые кислоты. Каждому виду лишайника свойственен определенный набор лишайниковых кислот, которые в совокупности дают качественные реакции, позволяющие отличить одни виды лишайников от других. В качестве реагентов используют 10 % раствор гидроксида калия, насыщенный раствор гипохлорита кальция, спиртовые растворы йода, бензидина, п-фенилендиамина и др. [34]. Так, например, установлены видовые различия в качественном составе лишайниковых кислот у представителей рода *Parmelia* [15]. Было исследовано 143 образца 16 видов. Ацетонные экстракты наносили на хроматографические пластинки "Silufol-UV 254" и "Merс". В качестве подвижных фаз использовали системы растворителей: а) толуол — диоксан — ледяная уксусная кислота (180:45:5); б) гексан — диэтиловый эфир — муравьиная кислота (120:90:20); в) толуол — ледяная уксусная кислота (200:30). После высушивания пластинок пигменты просматривали в видимом свете, ароматические вещества — в УФ-свете при 254 нм. Идентификацию компонентов проводили по величинам R_f . Для сравнения использовали химически чистые образцы лишайниковых веществ. У многих видов были найдены атранорин, леканоровая, салациновая, лобаровая и другие кислоты. Усниновая кислота была обнаружена только у *Flavoparmelia caperata*. Лишайниковые кислоты важны не только для диагностики лишайников,

но и как природные антибиотики. Названия некоторых лишайниковых веществ даны в табл. 4.

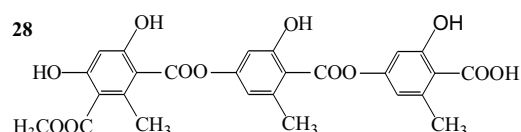
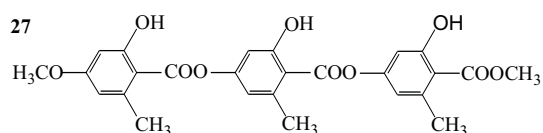
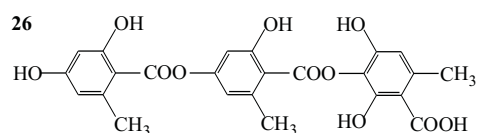
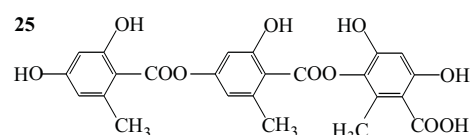
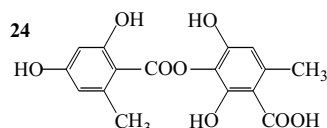
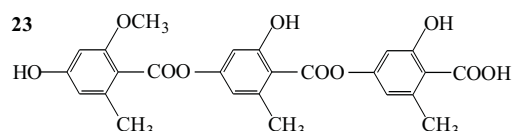
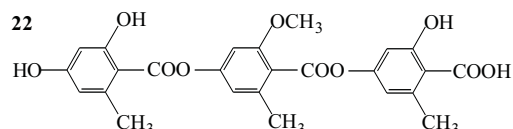
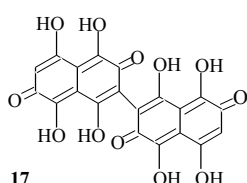
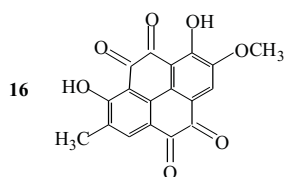
В [6] были обобщены результаты исследования лишайниковых кислот у представителей семейства *Parmeliaceae* и впервые выделены из лишайников изокумарины (3, 4), пигмент фенантренового ряда (названный бирулохиномом) (16), бинафтохиноидный пигмент (названный кукулохиномом) (17) и гидроксиметилантрахиноновые пигменты: исландицин (11) и цинодонтин (12), встречающиеся также у низших грибов. Содержание изокумаринов — α - и β -коллатоловых кислот в образце *Asahinea chrysantha* из Тернейского района Приморского края составляло соответственно 0,30 и 0,23 %. Однако магаданский образец этого вида содержал α - и β -алектороновые кислоты. Авторы высказывают предположение, что изокумарины, изомерные депсидонам, являются продуктами их катаболизма. Содержание гидроксиметилантрахиноновых пигментов в пармелиевых лишайниках было невелико — 10^{-5} — 10^{-3} %. Содержание бирулохинона в *Parmelia birulae* составляло около 10^{-2} %. Оригинальное строение имеет кукулохинон — пигмент

Таблица 4
Некоторые лишайниковые вещества

| № п/п | Название | Литература |
|---------|---|------------|
| 1 | Депсидон алектороновой кислоты | [16] |
| 2 | Депсидон α -коллатоловой кислоты | |
| 3 | β -алектороновая кислота | |
| 4 | β -коллатоловая кислота | |
| 5 | Фумарпротоцетраровая кислота | |
| 6 | Каператовая кислота | |
| 7 | Депсидон коленсоиновой кислоты | |
| 8 | Лобаровая кислота | |
| 9 | Норкаператовая кислота | |
| 10 | Хризифанол | |
| 11 | Исландицин | |
| 12 | Цинодонтин | |
| 13 | Эмодин | |
| 14 | Тетрагидроксиметилантрахинон | |
| 15 | Пентагидроксиметилантрахинон | |
| 16 | Бирулохинон | |
| 17 | Кукулохинон | |
| 18 | Леканоровая кислота | [17] |
| 19 | Эверновая кислота | |
| 20 | Гирофоровая кислота | |
| 21 | Гиасциновая кислота | |
| 22 | Овоиновая кислота | |
| 23 | Умбиликаровая кислота | |
| 24 | Папулосовая кислота | |
| 25 | Крустиновая кислота | |
| 26 | Лозалловая кислота | |
| 27 | Тенуиорин | |
| 28 | Делизеивая кислота | |
| 29 | Атранорин | [4] |
| 30 | Усниновая кислота | [4] |
| 31 | Физодовая кислота | [4] |
| 32 | Рангиформовая кислота | [18] |
| 33 | Гликозиды (общая формула) | [19] |
| 34 – 41 | Ацетиленовые кислоты | [20] |



| | R ¹ | R ² | R ³ |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 10: | H | H | H |
| 11: | OH | H | H |
| 12: | OH | OH | H |
| 13: | H | H | OH |
| 14: | H | OH | OH |
| 15: | OH | OH | OH |



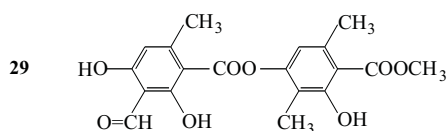
красного цвета, выделенный из *Cetraria cucullata*, собранного в Тенькинском районе Магаданской области. По данным [35] пигмент, идентичный кукулохинону, был обнаружен в составе глубоководной голотурии. Данный пигмент локализуется в нижней части лишайника, вблизи минерального субстрата, где находится преимущественно в виде комплексов с металлами. Позже полигидроксианфтохиноидные пигменты были обнаружены в нижних ярко-красных кончиках талломов *Cetraria islandica* и *Flavoparmelia cucullata* [35]. Их из-

влечение из сырья возможно только после обработки кислотой, поскольку они образуют прочные неэкстрагируемые металлокомплексы. Автор полагает, что роль хиноидных пигментов, наряду с депсидами и меланинами, заключается в адаптации лишайников к суровым условиям обитания.

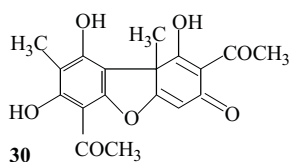
В [17] было установлено строение депсидов и тридепсидов (18 – 28), выделенных из лишайников семейства *Umbilicariaceae*: *Peltigera aptigera aphthosa*, *Cetrariella delisei*, *Umbilicaria polyphylla*, *Lasallia papulo-*

sa. Растительный материал обрабатывали ацетоном при 40 °С в течение 20 мин, компоненты разделяли методом ВЭЖХ с УФ-детектором (254 нм). Колонку типа Beckman Ultrasphere ODS-5 μ (10 × 250 мм) элюировали растворами метанола переменной концентрации со скоростью 2 мл · мин⁻¹. В течение 90 мин. Химическую структуру изучали методами ЯМР и масс-спектрологии. Отмечено, что исследованные вещества важны для хемотаксономической характеристики лишайников семейства Umbilicaceae.

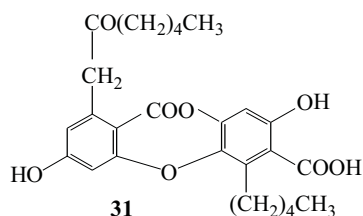
Распространенным веществом в лишайниках является атранорин (29) — бесцветное кристаллическое вещество с температурой плавления 192–194 °С. Классический метод выделения атранорина основан на различной растворимости лишайниковых веществ в органических растворителях. Лучше всего атранорин растворяется в кипящем бензоле, хлороформе, ксилоле; плохо растворяется в кипящем этаноле и диэтиловом эфире; не растворяется в воде, холодном этаноле, холодном диэтиловом эфире [4].



Наибольшее применение в медицине имеет усниновая кислота (30) — кристаллическое вещество желтого цвета. Усниновая кислота оптически активна, и в лишайниках встречаются обе ее формы, незначительно различающиеся по температуре плавления и удельному вращению. Усниновая кислота хорошо растворима в бензоле, хлороформе, амиловом спирте, ледяной уксусной кислоте; плохо растворима в этаноле, петролейном эфире, диэтиловом эфире; нерастворима в воде. Содержание усниновой кислоты в лишайниках составляет от 0,2 % (*Cladonia sylvatica*) до 4,0 % (*Alectoria achroleuca*) [4].

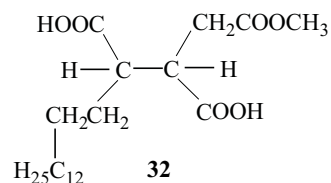


Физодовая кислота (31) представляет собой бесцветное кристаллическое вещество с температурой плавления 199–202 °С (с разл.). Хорошо растворима в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне; плохо — в хлороформе и бензоле; в воде почти нерастворима. Содержание физодовой кислоты в лишайнике *Pseudevernia furfuracea* составляет по данным [4] от 3 до 5 %.

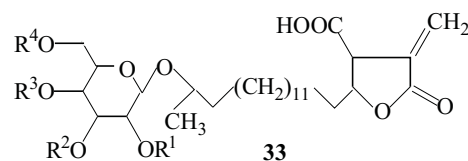


К числу высших дикарбоновых кислот принадлежит рангиформовая кислота (32). Ее строение было

уточнено методом ЯМР [18]. Источником получения рангиформовой кислоты служил лишайник *Cladonia retipora*.



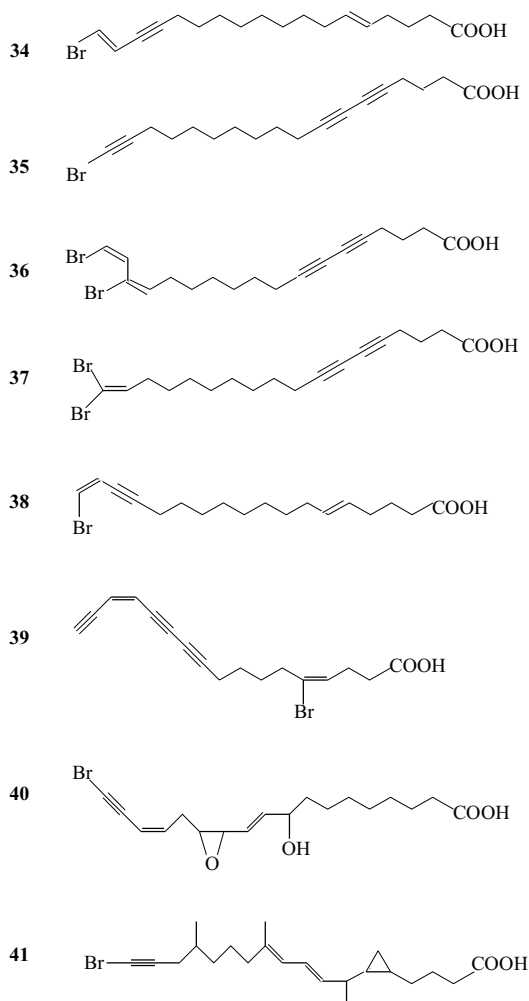
Недавно были выделены и установлены строение новых гликозидов лишайниковых кислот (33) из 9 видов лишайников, произрастающих у берегов озера Иссык-Куль в Средней Азии: *Acarospora gobiensis*, *Cladonia furcata*, *Lecanora fructulosa*, *Leptogium saturninum*, *Peltigera canina*, *Rhizoplaca peltata*, *Parmelia camtschadalis*, *Parmelia tinctoria*, *Xanthoria elegans* [19].



В молекуле (33) одним или двумя заместителями R могут быть остатки глюкозы (реже — 2 остатка глюкозы). Оставшиеся R-атомы водорода. Таким образом, некоторые гликозиды могут быть отнесены к производным олигосахаридов.

В основном из тех же видов лишайников, произрастающих вокруг озера Иссык-Куль, были выделены ацетиленовые кислоты (34–41). Лишайники обрабатывали смесью хлороформа и метанола в соотношении 1:1. Экстракт фракционировали на колонке Sephadex LH-20 и методом обратимо-фазовой ВЭЖХ. Строение выделенных компонентов устанавливали методами ¹H и ¹³C ЯМР, а также масс-, ИК- и УФ-спектроскопии. Ацетиленовые кислоты имеют необычное для природных соединений строение. Они являются одноосновными высшими ненасыщенными карбоновыми кислотами с несколькими кратными связями и 1–2 атомами брома в молекуле. В одной структуре обнаружено также кольцо циклопропана, в другой — оксирана (окиси этилена). Ацетиленовые кислоты обладают антимикробной, цитотоксической и ихтиотоксической активностью, являются ингибиторами действия некоторых ферментов. Содержание отдельных ацетиленовых кислот в лишайниках составляло от 0,3 до 13,1 мг/50 г сухой массы [20].

Из *Xanthoparmelia scabra* выделили скаброзиновые эфиры, представляющие собой эпидитиопиперазиндионы. Строение изучали методами ЯМР-спектроскопии и рентгено-структурного анализа. Авторы установили цитотоксическую активность некоторых эфиров для линии клеток мышинной мастоцитомы P815 и клеточной линии MCF7 молочной железы человека [21].



Применение в медицине

Применение лишайников в медицине основано на содержании в них уникальных и достаточно разнообразных биологически активных веществ в основном антимикробного действия.

Cetraria islandica (цетрария исландская). Наибольшую известность в медицинской практике получил так называемый “исландский мох” — лишайник *Cetraria islandica*. Издавна применялась цетрария исландская при чахотке, хронических бронхитах, поносах, как питательное и укрепляющее средство. В XIX веке этот лишайник считался также прекрасным кормом для оленей и свиней, в голодные годы его использовали для выпечки хлеба. Цетрария исландская широко применялась исландцами на протяжении около 200 лет. Врачи давали ее больным, истощенным тяжелыми болезнями [5, 9].

Цетрария исландская входит в список лекарственных растений Беларуси. Лекарственные формы — настой и сборы, а также растворы уснината натрия. Применение основано на слизиобразующем, бактерицидном, противопотном и противорвотном действии. Лишайниковые кислоты (усниновая, протолихестериновая, протоцетраровая и др., 3–5%) угнетают рост грамположительных микроорганизмов и туберкулезной палочки человека. Применяют цетрарию исландскую при острых респираторных заболеваниях верхних дыхательных путей, воспалении горла и ротовой

полости, заболеваниях желудка, язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки, пониженной кислотности, слабом пищеварении и усвоении, общем исхудании и слабости, а также после перенесенных тяжелых заболеваний или операций [6].

Цетрарию исландскую используют также для лечения гриппа и простудных заболеваний.

Сотрудники Санкт-Петербургской государственной химико-фармацевтической академии сравнивали гастропротективное действие сухого экстракта (экстрагент — этанол) из *Cetraria islandica*, экстракта из однолетних побегов *Caragana spinosa* и препарата “Масло облепихи”. Оказалось, что активность экстракта из *Cetraria islandica* значительно выше активности других препаратов. Механизмы действия экстрактов и “Масла облепихи” были неодинаковы [22].

Обзорная информация о применении цетрарии исландской в медицине содержится в [8]. Авторы сообщают о разработанных в конце XX века в России и за рубежом лекарственных средствах на основе экстрактов из цетрарии исландской. Так, в Исландии разработаны капсулы с экстрактами цетрарии исландской различного состава, применяемые при острой непроходимости кишечника, язве желудка, респираторных заболеваниях, артритах, астме, пониженной функции иммунной системы, отеках. В Германии разработаны таблетки с экстрактом цетрарии исландской, содержащие полисахариды и лишайниковые кислоты, а также детские конфеты с цетрарией исландской, применяемые в качестве средства для профилактики кашля, простуды, обладающие муколитическим действием. В России оформлен патент на средство для лечения мастопатии “Цетрис” (Мельникова, 1995).

Parmelia reticulata (пармелия блуждающая). Главная роль в комплексе биологически активных веществ пармелии блуждающей отводится усниновой кислоте. Усниновую кислоту экстрагируют из пармелии блуждающей путем кипячения в смеси ацетона и этанола (выход 0,17%). Разработан модифицированный метод получения усниновой кислоты, который отличается простотой и экономичностью (выход 2,5%) [23].

Evernia prunastri (эверния сливовая) является ценным продуктом для парфюмерной и фармацевтической промышленности [24]. В середине XX века немецкий исследователь Клоза разработал очень эффективный препарат против стафилококков и стрептококков — эвозин. Источником получения эвозина являлась главным образом эверния сливовая. Эвозин представляет собой смесь эверновой и усниновой кислот с некоторыми индифферентными к микроорганизмам веществами [31]. Недавно установили противогрибковую активность ацетоновых экстрактов из 3 видов лишайников, в том числе из эвернии сливовой [25]. Активность экстрактов и отдельных лишайниковых кислот изучали по отношению к 8 видам фитопатогенных грибов.

Натрия уснинат представляет собой бледно-желтый блестящий кристаллический порошок, растворимый в горячей воде (1:200) и спирте (1:20). Применя-

ется для лечения ран, ожогов, трещин и т.д. Назначают в виде 1 % водно-спиртового или 0,5 % раствора в касторовом масле, а также в виде раствора в глицерине или пихтовом бальзаме с добавлением 2 % анестезина. Применяется также препарат в порошке или в смеси с сульфаниламидами (1 часть натрия уснината с 3 или 5 частями стрептоцида). Формы выпуска: порошок; 1 % раствор в этаноле; 0,5 % раствор в касторовом масле с добавлением 2 % анестезина; 0,3 и 0,5 % растворы в пихтовом масле во флаконах по 25 и 50 мл [30].

Таким образом, в настоящее время в ряде стран мира (Россия, Чехия, Германия, Израиль, США, Япония, Канада, Бразилия, Австралия, Новая Зеландия и др.) лишайниковые вещества являются объектом детальных исследований. Эти вещества лежат в основе хемотаксономии лишайников (т.е. их классификации по химическим признакам), а также представляют интерес как природные антибиотики. Познание структуры и свойств уникальных лишайниковых антибиотиков открывает пути к поиску их синтетических аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Голубкова, *Новости систематики низших растений*, 29, 84 – 104 (1993).
2. Жизнь растений, В 6-ти т., Т. 3. *Водоросли. Лишайники*, М. М. Голлербах (ред.), Просвещение, Москва (1977).
3. А. Л. Курсанов, Н. Н. Дьячков, *Лишайники и их практическое использование*, Изд-во АН СССР, Москва (1945).
4. Е. Н. Моисеева, *Биохимические свойства лишайников и их практическое значение*, Изд-во АН СССР, М.-Л. (1961).
5. С. Е. Землинский, *Лекарственные растения СССР*, Госуд. изд-во мед. лит-ры, Москва (1958).
6. В. И. Сенчило, Ю. В. Сенчило, *Лекарственные растения Беларуси*, БГУ, Минск (2004).
7. В. Д. Онипко, *Лечение гриппа и простудных заболеваний средствами народной медицины*, ТОО “Динамит”, ООО “СМИО Пресс”, Санкт-Петербург, (1997).
8. М. Ю. Сафонова, Е. И. Саканян, Е. Е. Лесиовская, *Растительные ресурсы*, 35(2), 106 – 115 (1999).
9. Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон, *Энциклопедический словарь*, Т. 13, Типо-Литография И. Е. Ефрона, Санкт-Петербург (1894).
10. S. Huneck and I. Yoshimura, *Identification of lichen substances*, Springer, Berlin (1996).
11. Р. П. Горшкова, Е. Л. Назаренко, В. А. Зубков и др., *Биоорганическая химия*, 23(2), 134 – 138 (1997).

12. Е. А. Вайнштейн, *Новости систематики низших растений*, 29, 73 – 83 (1993).
13. С. Bazyli, I. Masakane, U. D. Kumar, *Antarct. Rec.*, 40, 247 – 254 (1996).
14. С. Bazyli, O. Aysen, O. Sule, *Ann. Mus. Goulandris*, 10, 53 – 62 (1999).
15. Г. О. Брунь, *Укр. ботан. журн.*, 59(5), 607 – 612 (2002).
16. О. Е. Кривошекова, О. Б. Максимов, Л. С. Степаненко, Н. П. Мищенко, В сб.: *Брио-лихенологические исследования в СССР*, Изд-во Кольского филиала АН СССР, Апатиты (1986).
17. Т. Narui, K. Sawada, S. Takatsuki, et al., *Phytochemistry*, 48, 815 – 822 (1998).
18. М. Н. Benn, S. D. Lorimer, N. B. Perry, *Phytochemistry*, 47(8), 1649 – 1652 (1998).
19. Т. Rezanca, I. A. Guschina, *Phytochemistry*, 56, 181 – 188 (2001).
20. Т. Rezanca, V. Dembitsky, *Phytochemistry*, 51, 963 – 968 (1999).
21. A. Ernst-Russel Michael, L. L. Christine Chai, M. Hurne Alanpa, et al., *Austral. J. Chem.*, 52(4), 270 – 283 (1999).
22. В. В. Дихтяренко, М. Ю. Сафонова, В. В. Сафонов и др., *Растительные ресурсы*, 37(2), 51 – 56 (2001).
23. А. М. Худайбергенова, Б. К. Махаатов, Л. Е. Токешова, *Тез. докл. междунар. научн. конф. Фармация в 21 в.: инновации и традиции*, Санкт-Петербург, 7 – 8 апр., 1999, СПб. (1999), сс. 214 – 215.
24. К. Г. Персидская, Н. Н. Касимовская, *Материалы 2 Международной конференции*, Хабаровск (2004), сс. 268 – 270.
25. Н. Patrice and V. H. Chantal, *Biocontrol.*, 49(1), 95 – 107 (2004).
26. Y. Yamamoto, Y. Miura, M. Higuchi, et al., *Bryologist*, 96, 384 – 393 (1993).
27. Т. Tanahashi, Y. Takenaka, Y. Ikuta, et al., *Phytochemistry*, 52, 410 – 405 (1999).
28. Y. Takenaka, T. Tanahashi, N. Nagakura, et al., *Phytochemistry*, 65(23), 3119 – 3123 (2004).
29. Т. Tanahashi, Y. Takenaka, N. Nagakura, N. Hamada, *Phytochemistry*, 62(1), 71 – 75 (2003).
30. М. Д. Машковский, *Лекарственные средства*, В 2-х т. Т. 2, Изд-во 13-е, Торсинг, Харьков (1998).
31. J. Klosa, *Deutsch. Gesundheitsw.*, № 16, 691 – 696 (1949).
32. В. Б. Ильин, *Элементный химический состав растений*, Наука, Новосибирск (1985).
33. А. Ленинджер, *Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клетки*, Пер. с англ., Мир, Москва (1974).
34. Н. В. Горбач, *Определитель листовых и кустистых лишайников БССР*, Наука и техника, Москва (1965).
35. Л. С. Степаненко, *Материалы научной конференции*, Владивосток (2001), сс. 187 – 189.

Почтуила 03.10.06

CHEMICAL COMPOSITION AND MEDICINAL USE OF LICHENS

A. P. Podterob

Belarussian State University, Minsk, Belarus

At present, approximately 700 substances with known structures are known in lichen genera. About 200 of these refer to depsides, the molecules of which are built from 2 – 4 residues of hydrobenzoic acids linked by ester groups. More than 100 compounds belong to depsidones, which differ from depsides by the presence of additional ether linkage to aromatic rings. Many substances isolated from lichens possess antimicrobial properties. Most widely known is usnic acid belonging to antibiotics with a phenolic structure, the sodium salt of which is used for the treatment of wounds, burns, skin cracks and fissures, etc. The search for synthetic substitutes of unique lichen antibiotics is of current interest. This article provides data on the structures of some lichen substances (41 structures), gives brief information concerning the methods of their isolation, and describes their properties. There are positive tendencies in cultivating lichens and their micobiontes, which provide possibilities for using their chemical components in pharmacy on a wide scale. Thus, used in folk medicine from ancient time, lichens are regarded as a promising source of pharmaceutically active substances.