

Грибы и растения – природные источники здорового долголетия

А. В. Клемпер¹

¹Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Клемпер Алексей Владимирович, alexei.klemper@pharminnotech.com

АННОТАЦИЯ. Дан краткий обзор растений и грибов как источников основных полезных пищевых компонентов – волокон, витаминов, макро- и микроэлементов, а также некоторых биологически активных веществ. Из растительных волокон охарактеризованы нерастворимые целлюлозные, в том числе одревесневшие, и частично или полностью растворимые – пектины и слизистые полисахариды, из грибных – нерастворимые хитиновые прямые волокна и набухающие спирализованные гликаны. Приведены таблицы с видами растений и грибов, содержащих максимальные концентрации данных компонентов, а также виды биологической активности пищевых растительных и грибных волокон, и других групп веществ. Для растений рассмотрены также флавоноиды и близкие к ним соединения, масла с полиненасыщенными жирными кислотами («омега-3»), эфирные масла и стероидные сапонины. Для грибов приведены полезные виды активности таких групп, как белки, лектины, терпеноиды, терфенилы, ловастатин, эрготионеин. Показано, что виды активности растительных веществ разнообразны, а для соединений грибов характерно иммуностимулирующее, противоопухолевое, антиоксидантное и бактерицидное действие.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грибы; растения; пищевые волокна; витамины; минеральные вещества; биологически активные вещества

СОКРАЩЕНИЯ:

ПРВ – пищевые растительные волокна; ПСХ – полисахариды; ЖКТ – желудочно-кишечный тракт;
ЭМ – эфирные масла.

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с такими предпосылками здорового долголетия человека, как физическая и умственная активность, существенным фактором является и рациональное питание. Его полное рассмотрение должно включать различные группы продуктов, такие как мясо, рыба, молочные продукты, яйца и др. Данная статья посвящена только грибам и растениям. Главные виды полезные для здоровья компоненты в них, это: 1) пищевые волокна; 2) витамины; 3) минеральные вещества. Но есть и другие группы полезных биологически активных веществ. В растениях это флавоноиды и близкие к ним соединения, масла с полиненасыщенными жирными кислотами («омега-3»), эфирные масла и стероидные сапонины. В грибах – протеины, лектины, терпеноиды, терфенилы, ловастатин, эрготионеин. Виды активности растительных веществ разнообразны, для соединений грибов характерно иммуностимулирующее, противоопухолевое, антиоксидантное и бактерицидное действие.

РАСТЕНИЯ

Пищевые растительные волокна (ПРВ). Это компоненты пищи, которые организм не может переварить и использовать для энергетических целей. Они наполняют желудок, создавая чувство сытости, способствуют выделению пищеварительных соков и повышению усвоения пищи, и поэтому должны быть неотъемлемой частью повседневного питания. К нерастворимым ПРВ относят целлюлозу (клетчатку), в том числе лигнифицированную (пропитанную лигнином). Они представляют собой линейные β -1 $\rightarrow$ 4-глюканы. К растворимым относятся пектины, камеди и слизистые полисахариды (ПСХ). Все ПРВ увеличивают моторику желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), и обладают сорбционными свойствами, участвуя в выведении из ЖКТ холестерина, ртути, свинца и других токсичных веществ, поступающих с пищей. Рекомендуемое поступление ПРВ с повседневным рационом составляет 10–20 г. Содержание их варьирует от долей грамма до 43 г на 100 г (табл. 1) [1].

В толстом кишечнике ПРВ начинают перевариваться бактериями *Bacteroides fragilis*, *Prevotella copri* и др., синтезирующими витамины В₁, В₂, В₆, В₁₂, биотин, РР, К, необходимые человеку, но не образуемые его тканями. Образуются также короткоцепочечные жирные кислоты, усиливающие выработку слизи и антимикробных пептидов, снижающие уровень активного кислорода

и поддерживающие нормальное функциональное состояние иммунной системы. При длительном дефиците ПРВ нарушается слизистый барьер толстого кишечника. При бактериальном расщеплении ПРВ образуются также оксикоричные кислоты, в частности феруловая, обладающая антиоксидантными, противовоспалительными, антидиабетическими свойствами, стимулирующая нейрогенез [2]. По строению биологически активные ПСХ высших растений можно подразделить на три группы: 1) рамногалактуронаны (основные компоненты пектинов и камедей), 2) арабино-3,6-галактаны (слизистые ПСХ), 3) α -1 $\rightarrow$ 4-глюканы и нейтральные гетерогликианы (резервные ПСХ некоторых подземных частей и кор.). Первые проявляют иммуностимулирующую, противоопухолевую, противовирусную и противоязвенную активность, снижают уровень холестерина в крови. ПСХ второй и третьей групп усиливают фагоцитоз, проявляют высокую антикомплемментарную и митогенную активность [3].

Пектины содержат фрукты (яблоки, цитрусовые, персики, абрикосы, киви, инжир) и овощи (свёкла, морковь, тыква). Они являются гелеобразующими соединениями, подавляют развитие гнилостных микроорганизмов, и используются в медицине для выведения из организма тяжёлых металлов и радионуклидов, снижают риск ишемической болезни сердца, рака толстой кишки и диабета 2 типа.

Эксперименты с кормлением животных пектинами яблок и цитрусовых было показано, что они увеличивают численность бифидобактерий, обладают гепатопротекторной и иммуномодулирующей активностью, снижая аллергические реакции [4]. Слизистые ПСХ содержатся во многих растениях семейства мальвовых (например, в плодах популярной в Европе и США бамии, *Abelmoschus esculentus*), в семенах льна, коре корицы [5]. Резервные α -1 $\rightarrow$ 4-глюканы и нейтральные гетерогликианы содержатся в коре корицы (*Cinnamomum zeylanicum*, *C. cassia*), корнях солодки (*Glycyrrhiza glabra*, *G. uralensis*), куркумы (*Curcuma longa*), женьшеня (*Panax ginseng*) [3].

Слизистые ПСХ содержатся во многих морских водорослях и промышленно производятся под названиями «альгинаты» и «агар-агар». От ПСХ наземных растений они отличаются спирализованностью и α -1 $\rightarrow$ 3-(иногда также α -1 $\rightarrow$ 4)-последовательностью монономеров (фукоза, глюкоза), которые нередко сульфатированы по одному-двум гидроксилам. В опытах на животных ПСХ фукоиданы показали нейротрофную, иммуностимулирующую, противоопухолевую активность [4]. Слоевища ламина-

Содержание пищевых растительных волокон в продуктах

Табл. 1.

Table 1.

The content of dietary plant fibers in products	
Продукт	Содержание ПРВ в 100 г продукта, %
Пшеничные отруби	43
Курага	18
Яблоки сушеные	15
Хлеб из ржаной муки	8
Смородина черная	4,8
Хлеб пшеничный из муки высшего сорта	2,25
Каша манная	0,8

рии («морской капусты», *Laminaria saccharina*) содержат до 21% ПСХ ламинарина (близкого к фукоидану) и до 25% альгиновой кислоты [6]. Специфическая активность сульфатированных ПСХ водорослей – антикоагулянтная. Она реализуется как посредством прямого ингибирования факторов VII, XI, XII свёртывания крови, так и гепариноподобной активации специфического эндогенного ингибитора свёртывающих факторов – антитромбина-III. Последнее может быть связано с тем, что структуры нашего естественного антикоагулянта гепарина и указанных ПСХ сходны. Они проявляют также противовирусную, противовоспалительную и антиоксидантную активность [7].

Витамины. Растения являются главным пищевым источником большинства витаминов для человека (табл. 2, приведено максимальное содержание) [8].

Хорошо известно высокое содержание аскорбиновой кислоты в плодах шиповника, цитрусовых, чёрной смородины, сладкого красного перца. Каротиноиды, провитамины А, определяют цвет от жёлтого до красного ряда частей растений – плодов шиповника и томатов, корнеплодов моркови.

Минеральные вещества. Растения являются важными пищевыми источниками поступления в организм макро- и микроэлементов (табл. 3, приведены продукты с максимальным содержанием) [5–9].

Другие группы полезных биологически активных веществ растений

Флавоноиды и близкие к ним соединения. Хорошо известна капилляроукрепляющая активность рутина и кверцетина, в связи с чем всю группу близких к ним флавоноидов иногда даже называют «витамином Р». Эти вещества повышают эластичность капилляров, обладают противовоспалительной, антиоксидантной, антитромботической активностью. Наиболее богаты рутином каперсы (0,33%), чёрные оливки (0,045%) и гречиха (0,036%). Из овощей наиболее высоко содержание в сладком перце цвета, помидорах, свекле, капусте, салате, щавеле, чесноке. Максимальное количество содержится в соке ягод черноплодной рябины – до двух грамм в ста миллилитрах. Важный источник «витамина Р» – чай [10].

Содержание витаминов в растительных продуктах

Табл. 2.

Table 2.

Растительный продукт	Содержание витамина, мг/100 г										
	A*	B ₁	B ₂	B ₃	B ₆	B _c	C	E	H	K	PP
Плоды шиповника	70		3				До 20 000				
Плоды сладкого перца	20						До 290				
Чёрная смородина							До 300				
Зародыши пшеницы		2	0,2	3,1	0,3			25			30
Соевые бобы	0,013	0,9	0,5	1,6	0,4	0,37		2	0,006	0,2	30
Зерновки овса		0,5	0,1	2,5	0,3	0,4		1,4	0,02		10
Пшеничные отруби		0,5	0,6	13,6	1,3			1,5			
Зелёная фасоль						0,036	20	0,3			20
Шпинат	5,6	0,1	0,2	0,7	0,2	0,19	28	2		4,5	

* – в виде провитаминов – каротиноидов.

Содержание макро- и микроэлементов в растительных продуктах

Табл. 3.

Table 3.

Растительный продукт	Макроэлементы, %			Микроэлементы, мкг/г							
	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Se	F	Br	I
Курага	2	0,055	0,032	27	3	4	2				
Картофель	0,57	0,012	0,023	80	10	30	20				
Чёрная смородина	0,35										
Черника	0,56	0,047	0,043	70	7,76	19,4	36,4				
Кресс-салат*		0,015							1		
Бразильский орех**			0,42					19			
Дынного дерева*** плоды	5,58	1	0,34	10	4,8	23,6	8,3			134	0,12
Кофе (семена)	2,83	0,15	0,15	30	9,12	5,51	7,28	0,11			
Чай	1,8	0,47	0,22	20	11,6	22,9	828	0,12	200		0,10
Ламинария	9,3	1,1	1	30	2,7	14,6	5,36	0,13	14	54	10000

* – *Lepidium sativum*, ** – *Bertholletia excelsa*, *** – *Carica papaya*.

Масла с полиненасыщенными жирными кислотами («омега-3»)

Рекламное название омега-3 они получили за наличие в содержащейся в них линоленовой кислоте трёх двойных связей у её дальнего (ω) конца. Подобные жирные кислоты не образуются человеческим организмом, являются незаменимыми для него, и также иногда называются «витамином F» (от fatty (англ.) – жирный). Дефиците их поступления в организм сопровождается задержкой роста, расстройствами состояния кожи, волос, ногтей, почек, репродуктивной системы. Их обмен связан с образованием простагландинов – тканевых гормонов, выполняющих в организме ряд важных и разнообразных функций. Они снижают содержание в крови холестерина и триглицеридов высокой плотности, оказывают антитромботическое, противовоспалительное и антиатеросклеротическое действие. Их представителем является льняное масло [11].

Эфирные масла. Приятный запах растительных специй и пряностей обусловлен наличием в них легколетучих пахучих веществ – эфирных масел (ЭМ). По химической природе большинство из них являются моно- и сесквитерпеноидами, реже производными фенилпропана или производными C_{10} – C_{20} алканов – спиртами, альдегидами, сложными эфирами. Значение их заключается уже в том, что их запах (а иногда и вкус) рефлекторно вызывает у человека отделение слюны, желудочного сока и желчи, то есть стимулирует аппетит и пищеварение, увеличивая наслаждение от принятия пищи.

Ещё в первой половине прошлого века наш выдающийся учёный академик И.П. Павлов писал: «Только еда с аппетитом, с испытываемым наслаждением может быть действительно полезной для здоровья». Но компоненты эфирных масел проявляют и другие виды активности. Установлено, что некоторые широко распространённые в эфирных маслах соединения – например, цитраль (ЭМ цитрусовых, мелиссы) – уже в очень малых концентрациях активно воздействуют на обменные процессы [12].

ЭМ в целом и многие их компоненты обладают антимикробной, противовирусной, противогрибковой и антигельминтной активностью. ЭМ корицы и гвоздики проявляют действие против сальмонелл. ЭМ душицы и розмарина высокоактивны против ряда грибов. ЭМ имбиря и куркумы подавляют развитие дерматофитов. Масло лавра активно против коронавируса и вируса простого герпеса [13].

Стероидные сапонины. Соединения этой группы химически близки к стероидам, выполняющим ряд важных функций в человеческом организме – кортикостероидам, желчным кислотам, холестерину, половым гормонам. Поэтому уже невысокие концентрации этих веществ в растениях могут влиять на состояние организма. Из опыта применения лекарственных растений, содержащих их, известно, что они проявляют гипотензивную и антиатеросклеротическую активность, образуя нерастворимые комплексы с холестерином, и снижая его всасывание в желудочно-кишечном тракте.

Исследованиями на добровольцах показано, что некоторые из них (якорцы стелющиеся) увеличивают мышечную массу и продукцию дигидротестостерона у муж-

чин [14]. Из пищевых растений эти вещества характерны для лука и чеснока (виды рода *Allium*). Обычно их содержание невелико – в луковичах широко используемого в России в пищу (чаще квашенным) лука медвежьего, или черемши (*A. ursinum*) – 0,003% [15]. Зато в луковичах менее распространённого лука поникающего, или слизуна (*A. nutans*) – около 4% [16].

ГРИБЫ

Из растительных волокон охарактеризованы нерастворимые целлюлозные волокна, в том числе одревесневшие, и частично или полностью растворимые – пектины и слизистые полисахариды. Однако, помимо растений, ценным источником волокон являются и грибы. Далее мы рассмотрим особенности съедобных и широко распространённых в России видов грибов, которые представляют интерес не только как питательный продукт, но и как источник уникальных веществ.

Ценны как диетические продукты – содержат мало жиров (1–4% на сухую массу), и до 5–7% белков, которые у некоторых (белый гриб) полноценны по составу аминокислот. Шампиньоны содержат 5,94% белка, в том числе 4,82% усвояемого. Эссенциальным пищевым компонентом являются и фосфолипиды, содержание которых в белых грибах достигает 1,94%, что соизмеримо с растительными лидерами – сое и подсолнечником.

Грибы могут потребляться как продукты, направленные на восполнение недостатка в организме энергетических, пластических или регуляторных субстанций. Наиболее популярными из этих субстанций являются – кальций, каротиноиды, стеролы, хитозан – для снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний; витамины А, С, Е, цинк, железо, магний, аминокислоты – для поддержания хорошей физической формы [17].

Грибные пищевые волокна. От растительных отличаются тем, что являются β -1→3-гликанами со структурами простой, двойной или тройной спирали, или близким по строению к клетчатке ПСХ хитином, мономером которого является N-ацетил-глюкозамин. В белых грибах 17% гликанов и 6% хитина. Они и ассоциированные с ними слизистые ПСХ улучшают перистальтику кишечника, обладают иммуностимулирующей, противовоспалительной и противоопухолевой активностью [18, 19].

Из лисичек (*Cantharellus cibarius*) выделили линейные 3-О-метилованные галактаны и гетеро ПСХ, проявляющие антиоксидантную, противоопухолевую, иммуномодуляторную и нейротропную активность. Новый гетерогликан, имеющий структуру тройной спирали с остовом (1→3)- β -D-Manp-(1→6)- α -D-Galp, связанным с (1→4)- α -D-Xylp-t- α -D-Manp и t- β -D-Glup единицами при О-6, выделили из лисички серой (*C. cornucopioides*). Этот ПСХ активировал макрофаги и проявлял иммуномодуляторную активность на модели иммуносупрессии у мышей. Он проявил также сильное антиоксидантное действие. Сыроежка зеленая (*Russula virescens*) содержит линейный (1→3)- β -D-глюкан, который обладает противоопухолевой и антиоксидантной активностью.

Такую же активность проявляют полисахариды не менее распространённой рядовки грязной (*Lepista sordida*). Полисахариды рамарии гроздевой (*Ramaria botrytis*) обладают иммуностимулирующей активностью [11]. Ряд других – аурикулярия уховидная (*Auricularia auricula-*

judaе), коллибия лесолюбивая (*Gymnoporus dryophilus*), фламмулина бархатистоножковая или «зимний гриб» (*Flammulina velutipes*), грифола курчавая (*Grifola frondosa*), ежевик гребенчатый (*Hericium erinaceus*), сморчки съедобный (*Morchella esculenta*) и конический (*M. conica*), вешенка устричная (*Pleurotus ostreatus*), спарассис курчавый (*Sparassis crispa*), дрожалка фукус-видная (*Tremella fuciformis*) – также содержит полисахариды, близкие к упомянутым, обладающие иммуностимулирующей активностью [20].

Витамины. Вешенки содержат 0,1% витамина PP, что больше, чем в растительных и животных продуктах. Лисички богаты каротиноидами – они определяют их характерную окраску [21]. Содержание витамина B₂ (рибофлавина) в сыроежках в десятки раз превышает его содержание в других грибах [22]. Он определяет желтую окраску большинства сыроежек [23].

Минеральные вещества. По содержанию ряда макроэлементов грибы не уступают растениям, а по некоторым микроэлементам превосходят их. Так, концентрации в белых грибах калия и фосфора – 0,4% и 0,1% соответственно – больше, чем в капусте, редьке, сладком перце. Цинком богаты лисички – 0,014%, медью – гриб-зонтик пёстрый – 0,017%; оба показателя на порядок превышают их концентрации в растениях. 100 г жареных белых грибов содержат 14 мкг селена – около 15% его суточной потребности [24].

Другие группы биологически активных веществ, полезные для человеческого организма

Лектины. Это белки, связывающие углеводы, высокоспецифичные для групп сахаров, входящих в состав других молекул. Вызывают агглютинацию определенных клеток или связываются с гликоконъюгатами или полисахаридами, играя важную роль в распознавании на клеточном и молекулярном уровнях. Лектины, выделенные из плодовых тел шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus*, культивируется), полевницы цилиндрической (*Agrocybe aegerita*, культивируется), белого гриба (*Boletus edulis*), говорушки серой (*Clitocybe nebularis*), зимнего гриба (*Flammulina velutipes*, культивируется в Японии как «эноки»), грифолы курчавой (*Grifola frondosa*), ежевика гребенчатого (*Hericium erinaceus*), опенка лугового (*Marasmius oreades*), чешуйчатки жирной (*Pholiota adiposa*), сыроежек съедобной (*Russula delicata*) и красивой (*R. lepida*), строфарии кольчатопоясанной (*Stropharia rugosoannulata*, культивируется), вольвариеллы вольвовой (*Volvariella volvacea*, культивируется) – проявляют иммуностимулирующую и противоопухолевую активность.

Белки мокрухи пурпуровой (*Chroogomphus rutilus*) стимулируют образование спленоцитов и синтез интерлейкина-2. Белки зимнего гриба (*Flammulina velutipes*) подавляют системную анафилактическую реакцию, индуцируют синтез интерлейкина-3, гамма-интерферона и деление периферических лимфоцитов, проявляя таким образом иммуностимулирующую активность [25]. Белки плеурострин из вешенки устричной (*Pleurotus ostreatus*), эрингин из вешенки степной (*Pleurotus eryngii*), гипсин из гипсизигуса мраморного (*Hypsizygus marmoreus*), лентин из «шиитаке» (*Lentinus edodes*) проявляют противогрибковую активность [26].

Терпеноиды. Монотерпеноиды плевроспирокетали A, B, C из вешенки рожковидной (*Pleurotus cornucopiae*) проявляют противоопухолевую активность. Сесквитерпеноиды энокиподины B, D, J из зимнего гриба ингибируют пролиферацию ряда линий клеток злокачественных опухолей человека. Такую же активность проявляют дитерпеноиды саркодонины G из ежевика шероховатого (*Sarcodon scabrosum*) и эрингиолид A из вешенки степной (*Pleurotus eryngii*) [25]. Саркодонины G показал также нейротрофную активность и противовоспалительное действие [27].

Саркодонины A и B из того же ежевика шероховатого и ежевика выемчатого (*Hydnum repandum*) обладают нейротрофной активностью – стимулируют синтез фактора роста нервов, и могут быть полезны при лечении болезни Альцгеймера. Сесквитерпеноид изодезоксигеликобазидин из рядовки грязной показывает иммуностимулирующую и антибактериальную активность [28].

Дитерпеноид эринацин E, содержащийся в более редких ежевиках коралловидном (*Hericium coralloides*) и гребенчатом (*H. erinaceus*), является стимулятором синтеза фактора роста нервов и высокоселективный ингибитор каппа-опиоидных рецепторов [29, 30]. Дитерпеноид плевромутилин, выделенный из грибов рода *Clitopilus*, обладает мощной антибактериальной активностью [31]. Тритерпеноиды встречаются и в растениях, но для грибов особенно характерны высоко окисленные соединения из группы ланостана. Очень широко распространенная чешуйчатка разрушающая (*Pholiota populnea*) содержит фолиолы A-G, проявляющие высокую активность против грамположительных бактерий [32].

Кислота секо-кукурбитанового ряда, выделенная из сыроежки красивой, ингибирует протеин-тирозин-трифосфатазу, что существенно при лечении диабета, ожирения и опухолей [33]. Меротерпеноиды представляют собой фенольные производные с рядом изопреновых единиц. Встречаются и в растениях, но более характерны для грибов, обладают разнообразной биологической активностью. Клавипин A из говорушки бокаловидной (*Ampulloditocybe clavipes*) проявляет противоопухолевую активность [28]. Геригеноны C, D, E, выделенные из ежевика гребенчатого, проявляют нейротрофную активность, стимулируя синтез фактора роста нервов [34]. Грифолин из трутовика овечьего (*Albatrellus ovinus*) снижает активность капсаициновых рецепторов кожи, уменьшая воспаление при тепловых воздействиях на неё [35].

Терфенилы. Специфически грибные (в растениях не встречаются) окисленные производные 1,4-дифенилбензола. Одни из наиболее распространенных темных пигментов различных грибов. Активность разнообразна. Саркодонины из ежевиков (*Sarcodon* sp.) показали противоопухолевую активность, а болетопсин 7 из тех же источников – также антиоксидантную и гипогликемическую [27].

Ловастатин. Блокирует 3-гидрокси-3-метилглутарилкофермент A-редуктазу, предотвращая превращение мевалоната в холестерин, и является наиболее часто используемым препаратом при лечении гиперхолестеринемии для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний и управления аномальными уровнями липидов путем ингибирования эндогенной продукции холестерина в печени [36]. Содержится во многих грибах (табл. 4).

Табл. 4.

Содержание ловастатина и эрготионеина в съедобных грибах [30]

Table 4.

The content of lovastatin and ergothioneine in edible mushrooms [30]

Гриб	Содержание, мг/кг	
	Ловастатин	Эрготионеин
Лентинула съедобная, или «шиитаке» (<i>Lentinula edodes</i>)	до 412	1860
Спарассис курчавый (<i>Sparassis crispa</i>)		2370
Рядовка голая (<i>Lepista nuda</i>)		до 5500
Вешенка бледно-лимонная (<i>Pleurotus citrinopallens</i>)	120–930	1000–2850
Вешенка устричная (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	7000–28 000	78–2200

Эрготионеин. Непротеиногенная серосодержащая аминокислота, обладающая мощным антиоксидантным действием. Ткани животных не синтезируют её, но имеют для неё специфический переносчик, что указывает на возможный статус этого вещества как витамина.

В организме накапливается преимущественно в эритроцитах, которые могут подвергаться окислительному стрессу. Он, как и ловастатин, содержится во многих грибах (табл. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, пищевые растения и грибы обладают мощным потенциалом для формирования здорового долголетия человека. Главными группами полезных веществ у тех и других являются пищевые волокна и ассоциированные с ними соединения, витамины и минеральные вещества. Немаловажную роль в их полезных свойствах играют также, у растений – флавоноиды («витамин Р»), жирные масла с полиненасыщенными жирными

кислотами, прежде всего линоленовой («витамин F»), эфирные масла и стероидные сапонины.

Флавоноиды, близкие к кверцетину и рутину, повышают эластичность капилляров, жирные масла указанной группы проявляют антиатеросклеротическую активность, эфирные масла улучшают аппетит и пищеварения, обладая также антимикробным, противовирусным, противогрибковым и антигельминтным действием. У стероидных сапонинов показана антиатеросклеротическая и гипотензивная активность, а в некоторых случаях – анаболическая и повышение мужской потенции.

Грибы содержат разнообразные группы веществ, среди которых протеины, лектины, терпеноиды, специфические только для них терфенилы, а также ловастатин с антиатеросклеротической активностью, и аминокислоту эрготионеин с антиоксидантной. Для остальных групп соединений грибов наиболее характерны противоопухолевая, иммуностимулирующая, антимикробная и антиоксидантная виды активности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пищевые волокна – важный компонент здорового питания / [Электронный ресурс] // «ЗДОРОВОЕ ПИТАНИЕ»: [сайт]. – URL: <https://xn-8sbehgcimb3cfabqj3b.xn-p1ai/healthy-nutrition/news/pishchevye-volokna-vazhnyy-komponent-zdorovogo-pitaniya/> (дата обращения 17.04.2025).
2. Makki K., Deehan E. C., Walter J., Bäckhed F. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host Microbe*. 2018 Jun 13;23(6):705–715. doi: 10.1016/j.chom.2018.05.012
3. Оводов Ю. С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность. – Биоорганическая химия, 1998, том 24, № 7, стр. 483–501.
4. O’Keefe S. J. The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt’s hypothesis revisited. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2019;4:984–996. doi: 10.1016/S2468-1253(19)30257-2
5. Муравьева Д.А, Гаммерман А. Ф. Тропические и субтропические лекарственные растения. – М., 1974, 231 с.
6. Ловкова М. Я., Рабинович А. М., Пономарева С. М., Бузук Г. Н., Соколова С. М. Почему растения лечат. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
7. Cumashi A., Ushakova N. A., Preobrazhenskaya M. E. et al. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds // *Glycobiology*. – 2007. – Vol. 17, No. 5. – P. 541–552.
8. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. Под редакцией И. М. Скурихина и М. Н. Волгарева. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Одобрено Министерством здравоохранения СССР 7 февраля 1. Москва: Агропромиздат, 1987 г. – 360.
9. Chang J. C., Gutenmann W. H., Reid C. M., Lisk D. J. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil (англ.) // *Chemosphere: journal*. –1995. – Vol. 30, No. 4. – P. 801–802.
10. Foods & Nutrition Encyclopedia, Two Volume Set. Marion Eugene Ensminger, Audrey H. Ensminger. CRC Press, Nov 9, 1993, p. 207.

11. Handbook of Essential Fatty Acid Biology. – Biochemistry, Physiology, and Behavioral Neurobiology // Mostofsky, David I.; Yehuda, Shlomo (Eds.) // 1st ed. Softcover of orig. ed. 1997, 1997, 480 p. // A product of Humana Press ISBN 978-0-89603-365-8.
12. Булдаков А. Пищевые добавки. Справочник – СПб, 1996, 240 с.
13. Bhagavathi Sundaram Sivamaruthi, Periyana Kesika, Nitiwan Daungchana, Natarajan Sisubalan, Chaiyavat Chaiyasut. Composition, Bioactivities, Microbiome, Safety Concerns, and Impact of Essential Oils on the Health Status of Domestic Animals (англ.) // Applied Sciences. – 2024–01. – Vol. 14, iss. 16. – P. 6882. – ISSN 2076-3417. – doi: 10.3390/app14166882
14. Salgado R. M., Marques-Silva M. H., Gonçalves E., Mathias A. C., Aguiar J. G.. Effect of oral administration of Tribulus terrestris extract on semen quality and body fat index of infertile men // Andrologia. – 2016–07–12. – ISSN 1439-0272. – doi: 10.1111/and.12655
15. Sobolewska D, Janeczko Z, Podolak I, et al. Densitometric analysis of diosgenin in methanolic extracts of Allium ursinum collected at different times during plant development JPC – Journal of Planar Chromatography – Modern TLC, 2009; Volume 22: Issue 4, 22(4):305–307.
16. Akhlov L. S., Musienko M. M., Piacente S., Pizza C., Oleszek W. Structure of Steroidal Saponins from Underground Parts of Allium nutans L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol 47/Issue 8, 1999;47:3193–3196. doi: 10.1021/jf9901800
17. Доронин А. Ф., Шендеров Б. А. – Функциональное питание. – М., 2002. – 296 с.
18. Змитрович И. В., Перелыгин В. В., Жариков М. В. Глюканы и гетерогликаны грибов и их возможности в иммунотерапии злокачественных новообразований // Формулы Фармации. – 2023. – Т. 5. – № 4. – С. 34–45. doi: 10.17816/phf625415
19. Денисова, Н. П. Лечебные свойства грибов. Этномикологический очерк. – СПб: Изд-во СПбГМУ, 1998–59 с.
20. Shuang Zhao, Qi Gao, Chengbo Rong, Shouxian Wang, Zhekun Zhao, Yu Liu, Jianping Xu Immunomodulatory Effects of Edible and Medicinal Mushrooms and Their Bioactive Immunoregulatory Products. – J. Fungi 2020, 6(4),269. doi: 10.3390/jof6040269
21. Semerdzieva M., Veselsky J. – Lecive houby drive a nyní. – Praha: nakladatelstvi Ceskoslovenske akademie ved, 1986. – 180 s.
22. Шиврина А. Н. – Биологически активные вещества высших грибов. – М.; Л.: Наука, 1971. 321 р.
23. Peter Xaver Iten, Hana Märki-Danzig, Herbert Koch, Conrad Hans Eugster. – Isolierung und Struktur von Pteridinen (Lumazinen) aus Russula sp. (Täublinge; Basidiomycetes) . – Helvetica Chimica Acta: Volume 67, Issue 2, 14 März 1984. – Pages: fmi, 361–627 doi: 10.1002/hlca.19840670223
24. Бурова Л. Г. – Загадочный мир грибов. – М., 1991, 94 с.
25. Zhao S, Gao Q, Rong C, Wang S, Zhao Z, Liu Y, Xu J. Immunomodulatory Effects of Edible and Medicinal Mushrooms and Their Bioactive Immunoregulatory Products. J Fungi (Basel). 2020 Nov 8;6(4):269. doi: 10.3390/jof6040269
26. Sivanandhan S., Khusro A., Paulraj M. G., Ignacimuthu S., Al-Dhabi N. A. Biocontrol Properties of Basidiomycetes: An Overview. J Fungi (Basel). 2017 Jan 10;3(1):2. doi: 10.3390/jof3010002
27. Yu-Ying Liu, Ming Zhang, Fei Tang, Hai-Qiang Wang, Jin-Ming Gao, Minglei Li. – Exploring the molecular tapestry of Sarcodon secondary metabolites: chemical structures, activities, and biosynthesis. – Mycology An International Journal on Fungal Biology Volume 16, 2025, Issue 1 Pages 158–179. doi: 10.1080/21501203.2024.2380381
28. Zaw Min Thu., Ko Ko Myo., Hnin Thanda Aung., Marco Clericuzio., Chabaco Armijos., Giovanni Vidari. – Bioactive Phytochemical Constituents of Wild Edible Mushrooms from Southeast Asia. Molecules 2020, 25(8), 1972; doi: 10.3390/molecules25081972
29. Cao C. Y., Yang Y. X., Xie Z., Chen X., Shi X. W., Yin X., Gao J. M. Derivatives of sarcodonin A isolated from Sarcodon scabrosus reversed LPS-induced M1 polarization in microglia through MAPK/NF-κB pathway. Bioorg Chem. 2022 Aug;125:105854. doi: 10.1016/j.bioorg.2022.105854
30. Gry J., Andersson C. (2014). Mushrooms Traded as Food. Vol II sec. 2. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. p. 236.
31. Hartley A. J., de Mattos-Shipleay K., Collins C. M., Kilaru S., Foster G. D., Bailey A. M. Investigating pleurotulin-producing Clitopilus species and related basidiomycetes. FEMS Microbiol Lett. 2009 Aug;297(1):24–30. doi: 10.1111/j.1574-6968.2009.01656.x
32. Yazdani, M.; Kincses, A.; Hohmann, J. Lanostane Triterpenes With Antimicrobial Activity: A Study of the Pholiol Series from the Hungarian Edible Mushroom Pholiota Populnea. Acta Pharm Hung 2024, 94, 1–6. doi: 10.33892/aph.2024.94.1-6
33. Lee J. S., Maarisit W, Abdjul D. B., Yamazaki H., Takahashi O., Kirikoshi R., Kanno S, Namikoshi M. Structures and biological activities of triterpenes and sesquiterpenes obtained from Russula lepida. Phytochemistry. 2016 Jul;127:63–8. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.03.014
34. Kawagishi, H., Ando, M., Sakamoto, H., Yoshida, S., Ojima, F., Ishiguro, Y., Ukai, N., Furukawa, S. Hericenones C, D and E, stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mushroom Hericium erinaceum. Tetrahedron Lett. 1991, 32, 4561–4564, doi: 10.1016/0040-4039(91)80039-9

35. Hettwer S., Bänziger S., Suter B., Obermayer B. – Grifolin derivatives from *Albatrellus ovinus* as TRPV1 receptor blockers for cosmetic applications. – International Journal of Cosmetic Science, November 2016. doi: 10.1111/ics.12385

36. Conrado R., Gomes T. C., Roque G. S.C., De Souza A. O. Overview of Bioactive Fungal Secondary Metabolites: Cytotoxic and Antimicrobial Compounds. *Antibiotics* (Basel). 2022 Nov 11;11(11):1604. doi: 10.3390/antibiotics11111604

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Алексей Владимирович Клемпер – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры фармакогнозии и кафедры промышленной экологии Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, alexei.klemper@pharminnotech.com

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.05.2025 г., одобрена после рецензирования 30.05.2025 г.,
принята к публикации 05.06.2025 г.

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International © Эко-Вектор, 2025

Mushrooms and Plants – Natural Sources of Healthy Longevity

Aleksey V. Klemper¹

¹Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Aleksey V. Klemper, alexei.klemper@pharminnotech.com

ABSTRACT. A brief overview of plants and fungi as sources of essential beneficial dietary components – fibers, vitamins, macro- and microelements, as well as certain biologically active substances – is presented. Among plant fibers, insoluble cellulosic fibers, including lignified ones, and partially or completely soluble pectins and mucilaginous polysaccharides are characterized. Among fungal fibers, insoluble chitinous straight fibers and swelling, spiraled glycans are characterized. Tables with plant and fungal species containing maximum concentrations of these components, as well as types of biological activity of edible plant and fungal fibers and other groups of substances, are provided. For plants, flavonoids and related compounds, oils with polyunsaturated fatty acids (“omega-3”), essential oils, and steroidal saponins are also considered. For fungi, beneficial types of activity for groups such as proteins, lectins, terpenoids, terphenyls, lovastatin, and ergothioneine are presented. It is shown that the types of activity of plant substances are diverse, while fungal compounds are characterized by immunostimulating, antitumor, antioxidant, and bactericidal effects.

KEYWORDS: biologically active substances; vitamins; mushrooms; minerals; dietary fiber; plants

REFERENCES

1. Pishchevye volokna – vazhnyi komponent zdorovogo pitaniya / [Elektronnyi resurs] // “ZDOROVOE PITANIE”: [sait]. – URL: <https://xn-8sbehgcimb3cfabqj3b.xn-p1ai/healthy-nutrition/news/pishchevye-volokna-vazhnyy-komponent-zdorovogo-pitaniya/>. (In Russ.).
2. Makki K., Deehan E. C., Walter J., Bäckhed F. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host Microbe*. 2018 Jun 13;23(6):705–715. doi: 10.1016/j.chom.2018.05.012
3. Ovodov Yu. S. Polysaccharides of phanerogams: Their structure and physiological activity / Yu. S. Ovodov // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. – 1998. – Vol. 24, No. 7. – P. 423–439. (In Russ.).
4. O’Keefe S. J. The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt’s hypothesis revisited. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2019;4:984–996. doi: 10.1016/S2468-1253(19)30257-2
5. Murav’eva D. A., Gammerman A. F. – Tropicheskie i subtropicheskie lekarstvennye rasteniya. – M., 1974, 231 s. (In Russ.).
6. Lovkova M. Ya., Rabinovich A. M., Ponomareva S. M., Buzuk G. N., Sokolova S. M. – Pochemu rasteniya lechat. – M.; Nauka, 1989. – 256 s. (In Russ.).
7. Cumashi A., Ushakova N. A., Preobrazhenskaya M. E. et al. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds // *Glycobiology*. – 2007. – Vol. 17, No. 5. – P. 541–552.
8. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov. Kniga 2: Spravochnye tablitsy soderzhaniya aminokislot, zhirnykh kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov. Pod redaktsiei I. M. Skurikhina i M. N. Volgareva. Izdanie 2-e, pererabotannoe i dopolnennoe. Odobreno Ministerstvom zdoravookhraneniya SSSR 7 fevralya 1. Moskva: Agropromizdat, 1987 g. – 360. (In Russ.).
9. Chang J. C., Gutenmann W. H., Reid C. M., Lisk D. J. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil // *Chemosphere: journal*. – 1995. – Vol. 30, No. 4. – P. 801–802.
10. *Foods & Nutrition Encyclopedia*, Two Volume Set. Marion Eugene Ensminger, Audrey H. Ensminger. CRC Press, Nov 9, 1993, p. 207.
11. *Handbook of Essential Fatty Acid Biology*. – Biochemistry, Physiology, and Behavioral Neurobiology // Mostofsky, David I.; Yehuda, Shlomo (Eds.) // 1st ed. Softcover of orig. ed. 1997, 1997, 480 p. // A product of Humana Press ISBN 978-0-89603-365-8.

12. Buldakov A. Pishchevye dobavki. Spravochnik – SPb, 1996, 240 s. (In Russ.).
13. Bhagavathi Sundaram Sivamaruthi, Periyana Kesika, Nitiwan Daungchana, Natarajan Sisubalan, Chaiyavat Chaiyasut. Composition, Bioactivities, Microbiome, Safety Concerns, and Impact of Essential Oils on the Health Status of Domestic Animals (англ.) // *Applied Sciences*. – 2024–01. – Vol. 14, iss. 16. – P. 6882. – ISSN 2076-3417. – doi: 10.3390/app14166882
14. Salgado R. M., Marques-Silva M. H., Gonçalves E., Mathias A. C., Aguiar J. G.. Effect of oral administration of *Tribulus terrestris* extract on semen quality and body fat index of infertile men // *Andrologia*. – 2016-07-12. – ISSN1439-0272. – doi: 10.1111/and.12655
15. Sobolewska D., Janeczko Z., Podolak I., et al. Densitometric analysis of diosgenin in methanolic extracts of *Allium ursinum* collected at different times during plant developmentJPC – *Journal of Planar Chromatography* – Modern TLC, 2009; Volume 22: Issue 4, 22(4):305–307.
16. Akhov L. S., Musienko M. M., Piacente S., Pizza C., Oleszek W. Structure of Steroidal Saponins from Underground Parts of *Allium nutans* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol 47/Issue 8, 1999;47:3193–3196. doi: 10.1021/jf9901800
17. Doronin A., Shenderov B. – Funktsional'noe pitanie. – M., 2002. – 296 s. (In Russ.).
18. Zmitrovich I. V., Perelygin V. V., Zharikov M. V. Glucans and heteroglycans of fungi and their potential in cancer immunotherapy // *Pharmacy Formulas*. – 2023. – Vol. 5. – No. 4. – P. 34–45. doi: 10.17816/phf625415 (In Russ.).
19. Denisova, N. P. Lechebnye svoystva gribov. Etimologicheskii ocherk. – SPb: Izd-vo SPbGMU, 1998–59 s. (In Russ.).
20. Shuang Zhao., Qi Gao., Chengbo Rong., Shouxian Wang., Zhekun Zhao., Yu Liu., Jianping Xu. Immunomodulatory Effects of Edible and Medicinal Mushrooms and Their Bioactive Immunoregulatory Products. – *J. Fungi* 2020, 6(4)269. doi: 10.3390/jof6040269
21. Semerdzieva M., Veselsky J. – Lecive houby drive a nyní. – Praha: nakladatelství Československé akademie věd, 1986. – 180 s.
22. Shivrina A. N. – Biologicheski aktivnye veshchestva vysshikh gribov. – M.; L.: Nauka, 1971. 321 p. (In Russ.).
23. Peter Xaver Iten., Hana Märki-Danzig., Herbert Koch., Conrad Hans Eugster. – Isolierung und Struktur von Pteridinen (Lumazinen) aus *Russula* sp. (Täublinge; Basidiomycetes). – *Helvetica Chimica Acta*: Volume 67, Issue 2, 14 März 1984. – Pages: fmi, 361–627 doi: 10.1002/hlca.19840670223
24. Burova L. G. – Zagadochnyi mir gribov. – M., 1991, 94 s. (In Russ.).
25. Zhao S., Gao Q., Rong C., Wang S., Zhao Z., Liu Y., Xu J. Immunomodulatory Effects of Edible and Medicinal Mushrooms and Their Bioactive Immunoregulatory Products. *J Fungi* (Basel). 2020 Nov 8;6(4):269. doi: 10.3390/jof6040269
26. Sivanandhan S., Khusro A., Paulraj M. G., Ignacimuthu S, Al-Dhabi N. A. Biocontrol Properties of Basidiomycetes: An Overview. *J Fungi* (Basel). 2017 Jan 10;3(1):2. doi: 10.3390/jof3010002
27. Yu-Ying Liu., Ming Zhang., Fei Tang., Hai-Qiang Wang., Jin-Ming Gao., Minglei Li. – Exploring the molecular tapestry of *Sarcodon* secondary metabolites: chemical structures, activities, and biosynthesis. – *Mycology An International Journal on Fungal Biology* Volume 16, 2025, Issue 1 Pages 158–179. doi: 10.1080/21501203.2024.2380381
28. Zaw Min Thu., Ko Ko Myo., Hnin Thanda Aung., Marco Clericuzio., Chabaco Armijos., Giovanni Vidari. – Bioactive Phytochemical Constituents of Wild Edible Mushrooms from Southeast Asia. *Molecules* 2020, 25(8), 1972; doi: 10.3390/molecules25081972
29. Cao C. Y., Yang Y. X., Xie Z., Chen X., Shi X. W., Yin X., Gao J. M. Derivatives of sarcodonin A isolated from *Sarcodon scabrosus* reversed LPS-induced M1 polarization in microglia through MAPK/NF-κB pathway. *Bioorg Chem*. 2022 Aug;125:105854. doi: 10.1016/j.bioorg.2022.105854
30. Gry J., Andersson C. (2014). *Mushrooms Traded as Food*. Vol II sec. 2. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. p. 236.
31. Hartley A. J., de Mattos-Shipley K., Collins C. M., Kilaru S., Foster G. D., Bailey A. M. Investigating pleurotulin-producing *Clitopilus* species and related basidiomycetes. *FEMS Microbiol Lett*. 2009 Aug;297(1):24–30. doi: 10.1111/j.1574-6968.2009.01656.x
32. Yazdani, M.; Kincses, A.; Hohmann, J. Lanostane Triterpenes With Antimicrobial Activity: A Study of the Pholiol Series from the Hungarian Edible Mushroom *Pholiota Populnea*. *Acta Pharm Hung* 2024, 94, 1–6. doi: 10.33892/aph.2024.94.1-6.
33. Lee J. S., Maarisit W., Abdjul D. B., Yamazaki H., Takahashi O., Kirikoshi R., Kanno S., Namikoshi M. Structures and biological activities of triterpenes and sesquiterpenes obtained from *Russula lepida*. *Phytochemistry*. 2016 Jul;127:63–8. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.03.014
34. Kawagishi, H., Ando, M., Sakamoto, H., Yoshida, S., Ojima, F., Ishiguro, Y., Ukai, N., Furukawa, S. Hericenones C, D and E, stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mushroom *Herichium erinaceum*. *Tetrahedron Lett*. 1991, 32, 4561–4564, doi: 10.1016/0040-4039(91)80039-9
35. Hettwer S., Bänziger S., Suter B., Obermayer B. – Griffolin derivatives from *Albatrellus ovinus* as TRPV1 receptor blockers for cosmetic applications. – *International Journal of Cosmetic Science*, November 2016 doi: 10.1111/ics.12385
36. Conrado R., Gomes T. C., Roque G. S. C., De Souza A. O. Overview of Bioactive Fungal Secondary Metabolites: Cytotoxic and Antimicrobial Compounds. *Antibiotics* (Basel). 2022 Nov 11;11(11):1604. doi: 10.3390/antibiotics11111604

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alexey V. Klemper – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy and the Department of Industrial Ecology, Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Saint Petersburg, Russia, alexey.klemper@pharminnotech.com

The author declares no conflicts of interests.

The article was submitted May 17, 2025; approved after reviewing May 30, 2025;
accepted for publication June 05, 2025.

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 license © Eco-Vector, 2025