

Sunday, July 01, 2012
11:54 AM

Теоретическое исследование влияния фотонов солнечного излучения на белковые молекулы грибов в процессе сушки

Ученые считают, что в ближайшее время растительный белковый продукт грибов сыграет важную роль в существенном увеличении ресурсов белка в мире.

Грибы выращивают более чем в семидесяти странах мира. Высокий уровень развития грибоводства наблюдается в Китае, Нидерландах, Англии, Франции, Италии.

В Грузии, в православной стране, где более 200 дней в году дни поста, потреблению грибов должно уделяться большее внимание. В западных странах некоторые виды грибной продукции рассматриваются как потенциальные заменители мяса. При этом даже частичная замена мяса и мясной продукции (например, пепшерони и сосисок) грибами приведет к снижению количества потребляемых калорий, жиров, холестерина и к увеличению доли пищевых волокон, меди, калия и рибофлавина.

Вкусовые качества и питательная ценность грибов зависят, прежде всего, от их химического состава. Плодовые тела их содержат много органических и минеральных веществ. Как указывают украинские специалисты-микологи, в съедобных грибах имеются углеводы (от 2 до 24%), жировые вещества (до 10%), органические кислоты (щавелевая, яблочная, лимонная и др.), витамины (А, В, С, Д, РР). Богаты, например, витамином А лисички и рыжики; витамином В — летние опята и лисички. Имеются в них и минеральные соли (в среднем 7, 7%), микроэлементы, в том числе цинк, медь, мышьяк, марганец, йод.

Но особенно богаты грибы азотистыми веществами, из которых наибольшую долю занимают фунгин и белки, а также свободные аминокислоты, органические и пуриновые основания, аммонийный азот. Основу азотистых веществ составляют белковые вещества, содержание их у отдельных видов достигает до 5% и более (белый гриб, шампиньоны, гриб-зонтик). Это в 1, 5—2 раза выше, чем в овощах. Но, к сожалению, грибной белок является трудно-растворимым веществом и поэтому слабо усваивается организмом человека.

Фунгин (хитин) составляет основу грибной клетчатки. В грибах фунгин находится в комплексе с белками. По своей структуре и функции хитин очень близок к целлюлозе; это тоже структурный полисахарид. Хитин встречается у некоторых грибов, где он благодаря своей

волокнистой структуре играет в клеточных стенках опорную роль. Строение хитина идентично строению целлюлозы, за одним исключением: при 2-м атоме углерода гидроксильная (—ОН) группа заменена в его молекуле группой —NH*CO*CH₃.

В ходе научных исследований было установлено, что сушеные грибы легче перевариваются человеческим организмом, чем свежие. В рекомендациях о грибах часто встречаются такие советы: «для лучшего усвоения самих грибов рекомендуется их сушить, измельчать, а еще лучше — готовить из них порошок».

Можно гипотетически предположить, что это происходит по следующим причинам:

1) При сушке грибы проходят термическую обработку (дополнительно до приготовления грибных блюд) и механическую, вследствие чего длинные цепочки фунгина могут частично разрушаться.

2) В результате солнечной сушки белки, содержащиеся в грибах, а также в комплексе с хитином, подвергаются разрушению.

Подробнее остановимся на 2-ом пункте.

На усвоение белка организму требуется много энергии. Белки высокомолекулярные соединения, состоящие из нескольких сотен аминокислот. Для усвоения и использования белка необходимо, расщепить его на короткие аминокислотные цепочки или сами аминокислоты. Это — длительный процесс. Проходит он на протяжении всего движения пищевой пищи по ЖКТ (желудочно-кишечного тракта) и требует много различных ферментов, которые организм должен синтезировать и направить в ЖКТ.

Перевариваемость грибного белка, определяемая в настоящее время в нерастворимом остатке с помощью панкреатического и желудочного экстрактов, отражает перевариваемость только связанного белка и количество неперевариваемого хитина. Поэтому этот показатель нельзя использовать как единственный критерий питательной ценности. Для расчета питательной ценности съедобных грибов известный миколог Рольф Зингер предложил использовать способ, основанный на определении содержания основных незаменимых аминокислот. Другое определение питательной ценности, используемое современными исследователями, — это критерий аминокислот, именуемый иногда

химическим аспектом. Аспекты аминокислот вычисляют как отношение количества более лимитированных аминокислот, присутствующих в исследуемом белке, к количеству этих аминокислот, содержащихся в эталонном белке (белок куриного яйца). При расчете питательной ценности съедобных грибов нужно учесть не только лишь количество связанных, но и свободных аминокислот. Чаще всего в составе лимитированных аминокислот встречаются, так называемые серосодержащие аминокислоты, лейцин, изолейцин, валин, лизин, ароматические аминокислоты, треонин и триптофан. Индекс питательности грибов ниже, чем мяса, но грибы высокого качества все таки наиболее питательны, чем овощные культуры и бобовые, кроме соевых бобов. В дальнейшем, все же, роль грибов как одного из продуктов питания будет возрастать в связи с ростом белкового недостатка. Следовательно полезная ценность вводимых в производство новых разновидностей и штаммов съедобных грибов, в первую очередь содержание белка, должна непременно учитываться как важный фактор необходимости их применения в качестве объектов промышленной культуры.

В чем же преимущество сухих грибов перед свежими?

Излучение солнца имеет электромагнитную колебательную природу и носит непрерывный характер. Этот спектр излучений можно разделить на несколько областей: рентгеновское излучение – ниже 2 нм, УФ-излучение – от 2 нм до 400 нм, видимый участок спектра – от 400 нм до 750 нм и инфракрасное излучение – выше 750 нм. Биологическая роль каждого вида излучений имеет свои характерные особенности. Энергия квантов УФ- излучения (70-140 ккал/моль) превосходит энергию активации большинства химических реакций. Поэтому УФ-радиация является весьма фотохимически активной частью спектра. Рассматриваемый спектр УФ-излучений, имеющих биологическое значение подразделяется на три диапазона по своей проникающей способности и фотохимической активности – область А (400-320 нм), В (320-275 нм) и С (275-180 нм). В настоящее время в фотобиологии принято также выделять так называемый экологический диапазон (400-295 нм) и УФ-излучение искусственных источников (короче 295 нм).

Основные биофизические процессы происходят на электронном уровне. Процессы перемещения электронов названы фотоэлектрическим эффектом. В результате таких процессов атомы и молекулы активизируются, изменяются электрические свойства и дисперсность коллоидов

клеток, что сказывается на их жизнедеятельности.

УФ-излучение, взаимодействуя с веществом, в том числе и органическим, часто вызывает его ионизацию, так называемый фотоэлектрический эффект. Именно фотохимический путь рядки возбужденных электронных состояний играет решающую роль в механизме биологического действия УФ-излучения. Нуклеиновые кислоты и белки непосредственно поглощают кванты УФ-излучения с максимумами соответственно 260 нм и 280 нм. Молекулярные механизмы биологического действия УФ-излучения могут быть разделены на три основные группы: изменение структуры и функции ДНК, разрушение белков и повреждение биомембран. Эти процессы лежат в основе всех фотопроцессов, развивающихся на уровне клетки.

Под действием солнечного ультрафиолета, имеющего коротковолновую границу-285нм, наибольший вклад в повреждение белков дают ароматические аминокислоты триптофан, фенилаланин, тирозин (можно предположить и треонин), гетероциклические (гистидин) и серосодержащие (цистин) аминокислоты. Триптофан поглощает УФ-излучение с максимумами при 220 нм и 280 нм, а флуоресцирует в зависимости от микроокружения в белках при 328-350 нм. Тирозин поглощает УФ-излучение при 222 нм и 275 нм, а флуоресцирует при 303 нм, фенилаланин – соответственно при 258 нм и 282 нм. Цистин монотонно поглощает излучение в области 200-300 нм и не флуоресцирует. Решающее значение в повреждающем воздействии УФ-излучения играет положение этих аминокислот. Деструкция аминокислотных остатков, входящих в активный центр белка или влияющих на их конформацию будет в конечном итоге приводить к потере функциональной активности данного белка. Наиболее чувствительными в этом плане являются триптофан и цистин. Поглощенная остатками тирозина, фенилаланина, гистидина и цистина энергия света способна мигрировать к триптофану, вызывая его деструкцию. В молекуле цистина при поглощении кванта УФ-излучения дисульфидная связь восстанавливается до тиоловых групп цистеина. Разрыв дисульфидных мостиков нарушает конформацию белка. Как отмечалось выше, белки повреждаются УФ-излучением главным образом из-за денатурации +и разрушения пептидных связей ([(8); (9); [3]; [4]], следовательно, в ЖКТ облегчается расщепление белков до аминокислот, а значит и улучшается перевариваемость таких белков. В будущем планируется лабораторное исследование и сравнение усвояемости белков чело-

веческим организмом сухих и свежих грибов (предварительно кулинарно обработанных) .

Итак, при УФ-облучении происходит нарушение конформации белка (3).

О нарушении конформации белка и разрыве пептидных связей УФ-излучением свидетельствуют ряд исследований ученых. Приведем часть из них:

1) Белки, как правило, поглощают УФ-излучение в трех областях главным образом благодаря поглощению пептидными связями, а также в связи с различными конформационными факторами. Очевидно, что поглощение УФ-излучения белками имеет весьма сложную природу. Если возрастание отрицательного вращения белков(в результате УФ-облучения) не сопровождается разрывом пептидных связей, оно всегда свидетельствует об изменении конформации белка, в основе которого лежат изменения в его вторичной и третичной структурах.

(Основы биохимии: В 3-х томах. Т. 1. (Principles of Biochemistry) [Djv-ZIP] Авторы: А.Уайт, Ф.Хендлер, Э. Смит, Р. Хилл, И. Леман. Перевод с английского В. П. Скулачева, Л. М. Гиномдана и Т. В. Марченко под редакцией и с предисловием Ю. А. Овчинникова (М.: Мир. Редакция литературы по химии, 1981. 200-203 с.).

2)...УФ-лучи разрушают хромофоры триптофан, тирозин, фенилаланин, гистидин, цистин, пептидную связь....При УФ-облучении белков может происходить миграция энергии с ароматических аминокислот на пептидную связь...Это позволяет предположить, что при фотоинактивации химотрипсина при 254 нм в первую очередь разрываются дисульфидные и пептидные связи.

Образование SH-групп и низкомолекулярных продуктов можно объяснить прямым поглощением УФ-лучей (254 нм) S- и NH-связями, что сопровождается разрывом этих связей и изменением структуры этих молекул.

Увеличение количества низкомолекулярных продуктов возможно происходит в результате миграции энергии на пептидные группы с последующим разрывом пептидных связей вблизи ароматических аминокислот.

(Украинский Биохимический журнал №2.1976(стр.169-172)

Н. В. Конобасова «Действие УФ-радиации на растворы химотрипсина» Институт цитологии АН СССР Ленинград)

3) ...Это можно объяснить избирательностью поглощения пептидной связью, приводящей к её разрыву, при ВУФ облучении, преобладающем в космосе.

Увеличение дозы облучения как ВУФ (вакуумный ультрафиолет) так и УФ излучения приводит к распаду образовавшихся пептидов. Данный распад возможен по причине разрыва пептидной связи в результате одноквантового процесса поглощения ультрафиолета.

ВУФ характеризуется избирательным поглощением пептидной связи, приводящей к её разрыву. В случае УФ-радиации возбуждение электронных состояний происходит в результате соударений молекул с высокоэнергетическими электронами, появляющимися после поглощения УФ-квантов.

При облучении образовавшихся полипептидов проявляется избирательность поглощения пептидной CONH группой, приводящая к её разрушению, процесс распада продуктов реакции начинает конкурировать с процессом синтеза и в конечном счёте превалировать над процессами синтеза.

(Гонтарева Наталия Борисовна .Синтез органических веществ. предшественников первых живых систем под влиянием физических факторов космической среды 03.00.02. Биофизика, автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Санкт-Петербург. 2003 г.)

4) ...Энергия любой биохимической реакции на световое воздействие - это в конечном счёте какая-то часть энергии кванта света, запасенная при фотосинтезе. Действие ультрафиолетовых лучей на активность ферментов известна давно: инвертаза дрожжей, инактивизация лучами солнца пепсина и трипсина. В облученных белках происходит ряд химических и физико-химических изменений: разрушаются ароматические и гетероциклические кольца аминокислот, выделяется аммиак, увеличивается число реактивных сульфгидрильных групп, происходит разрыв пептидных связей, изменяется растворимость белка, его вязкость, молекулярный вес, величина изоэлектрической точки, спектры поглощения и т. д.

Как указано выше, ультрафиолетовые лучи, помимо снижения биологической активности белков, оказывают на них стимулирующее действие, что проявляется увеличением числа реактивных сульфгидрильных групп, изменением изоэлектрической точки белков, происходит разрыв пептидных связей. (www.blackpantera.ru/fizioterapija/20905/)

5) для УФС излучения с длиной волны 254 нм. Они демонстрируют в 3 раза большую чувствительность (S-S) сшивок по сравнению с триптофаном. Фотодеструкция фенилаланина, тирозина, а также пептидных связей намного менее существенна.

(ru/www/umr.umr_download)

6) ... При рассмотрении этого вопроса следует принять во внимание и возможность обратных процессов, т. е. разрывов пептидных связей при поглощении фотонов.

...становится понятной ...разрывов пептидных связей... (А. А. Гурвич. Проблема митогенетического излучения как аспект молекулярной биологии.

Академия медицинских наук СССР, издательство «Медицина». Ленинградское отделение. 1968 г.)

Энергия пептидной связи составляет $E_{св}=3.11$ эВ.

Энергия ультрафиолетового излучения приводится в некоторых учебниках по физике. Ее можно также и вычислить. Энергия каждого фотона определяется формулой $E = h\nu$, где h — постоянная Планка, равная $6,62606 \times 10^{-34}$ Дж с, ν — частота света.

Ультрафиолетовое излучение

Длина волны в нанометрах

Ближний — 400 нм — 300 нм; Количество энергии на фотон 3.10 — 4.13 эВ

Длина волны в нанометрах

Средний — 300 нм — 200 нм;

Количество энергии на фотон — 4.13 — 6.20 эВ

Длина волны в нанометрах

Дальний 200 нм — 122 нм; Количество энергии на фотон — 6.20 — 10.2 эВ

Как видим из таблицы, уже ближний ультрафиолет несет энергию свыше 3.1 эВ и следовательно, способную разрушить пептидную связь с энергией связи 3,11 эВ.

Для приготовления сухих грибов, сухофруктов и высушивания лекарственных растений в Аграрном университете была разработана и сконструирована гелиосушилка (рис. №1.)

1 — коллектор;

2 — камера для сушки;

3 — темная (черная ткань);

4 — кассеты, а которых находится теплоудерживающее вещество(5);

6 — шарнир;

7 — всасывающее отверстие;

8 — циркуляционная труба;

9 — пластина с отверстиями;

10 — кассета с продуктами для

сушки;

11 — Щит;

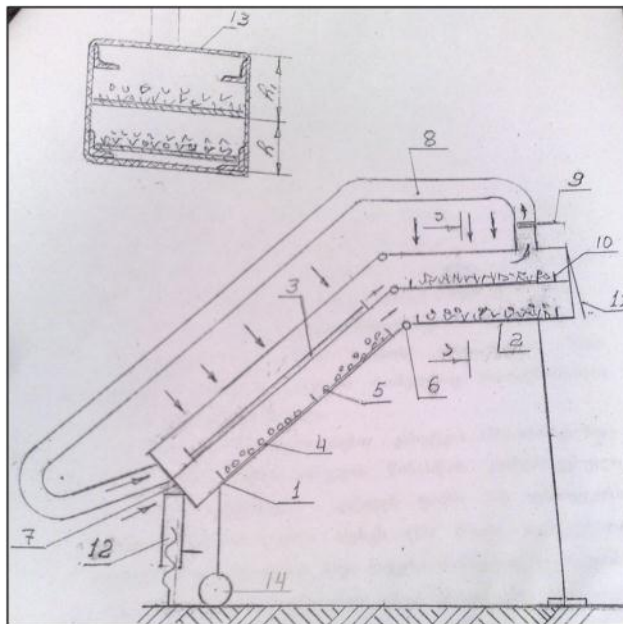
12 — покрытие (стекло, полиэтилен и т.д.).

Гелиосушильное устройство содержит сушильную камеру 2, к которой с возможностью поворота вокруг осей 6 соединен коллектор 1. Коллектор 1 с верхней стороны накрыт темной (черной) тканью или жостью, покрашенной в черный цвет. Коллектор 1 сверху закрыт светопроницаемым покрытием (стеклом, полиэтиленом и т.д.). В нижней части коллектора 1 расположено всасывающее отверстие 7. Циркуляционная труба 8 соединена с сушильной камерой 2. В месте их соединения размещена пластина 9. Внутри коллектора 1 размещаются кассеты 4 с теплоудерживающим веществом 5, а внутри сушильной камеры — кассеты 10 с продуктом, подлежащим сушке. Сушильная камера 2 снабжена щитом 11, через которого производится загрузка или выгрузка кассет. Под нижним концом коллектора 1 размещен механизм 12, обеспечивающий подъем или опускание данного конца коллектора.

Через щит 11 производится загрузка кассет 10 с высушиваемым продуктом, после чего сушильная камера 2 герметично закрывается. Сквозь остекленное перекрытие солнечное излучение воздействует на сырье и осуществляет сушку. Образовавшиеся при сушке пары переходят в циркуляционную трубу 8. Ввиду того, что камера 2 размещена выше нижнего конца коллектора, возникает воздушная тяга, которая вынуждает воздух (и образованные за счет сушки пары) перемещаться внутри трубы 8 — производится циркуляция воздуха. Указанной циркуляции способствует воздух, нагреваемый внутри коллектора 1. В данном устройстве солнечное излучение нагревает темную ткань 3 и, размещенное в кассетах 4, теплоудерживающее вещество 5. Нагретый в коллекторе 1 воздух перемещается вверх в сушильную камеру 2 и соприкасаясь с продуктом — способствует его нагреванию и сушке. Одновременно, движение нагретого в коллекторе 1 воздуха улучшает условия его циркуляции.

После окончания процесса сушки, высушенный продукт вместе с кассетами 10 выгружается из камеры 2 через щит 11.

Рис.№1.



В предложенной конструкции были высушены до 10 видов сельскохозяйственного сырья, в том числе грибы «вешенка». Приводим результаты сушки указанного гриба. Для наглядности результаты исследований (изменения массы про-

дукта в гелиосушилке и естественной сушкой на солнце в дневное время) приведены на графиках (рис. №2 и рис. №3). Красным цветом (линия 1) показана сушка грибов в гелиосушильном устройстве, синим (линия 2) - естественной сушкой.

Рис.№2.

1 день сушки

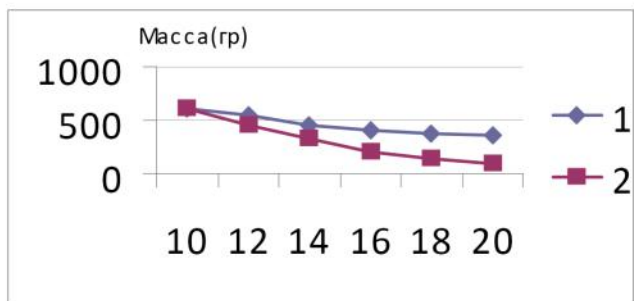
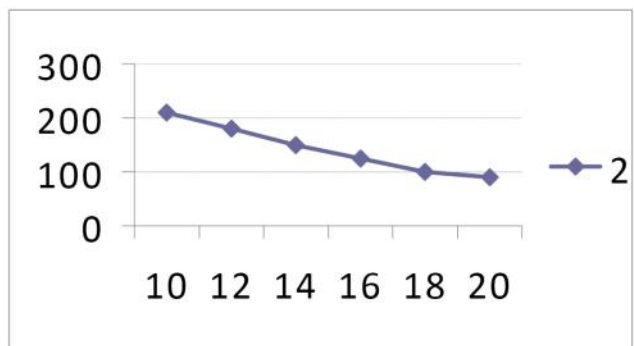


Рис. №3.

2 день сушки



Изменение массы высушиваемого продукта (вешенки) в течении дня с 10.00 часов по 20.00 часов:

- 1 — изменение массы продукта в гелиосушильном устройстве;
- 2 — изменение массы продукта естественной сушкой на открытом воздухе.

Из полученных данных видно, что грибы в гелиосушильном аппарате до готовности были доведены за 10 часов, а на открытом воздухе за 34 часа (1 сутки+10 часов). Отметим также, что грибы, высушенные в г/с хранятся значительно лучше грибов, высушенных на солнце (сушеные грибы гигроскопичны и их хранение составляет

определенную сложность). Малая масса и повышенная стойкость сушеных грибов значительно упрощают их хранение. По своей питательности и усвояемости сушеные грибы превосходят соленые и маринованные. По содержанию белков сушеные грибы превосходят консервированные. Установлено, что в сушеных грибах содержится до 30% белка — больше, чем в мясе и рыбе. Из белых грибов и подосиновиков биохимики выделили 20 аминокислот. По своей питательной ценности белок, содержащийся в белом грибе, шампиньоне, подберезовике, дождевике и лисичке, не уступает животным белкам.

КЕТЕВАН АРЧВАДЗЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОТОНОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БЕЛКОВЫЕ МОЛЕКУЛЫ ГРИБОВ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Резюме

Грибы обладают высокой пищевой ценностью и пользуются устойчиво высоким спросом на рынке в европейских и других странах мира. Главная ценность их заключается не только в питательности, а в том, что они улучшают вкусовые качества других продуктов, и, способствуя выделению желудочного сока, повышают их перевариваемость, также способны «очистить» организм, благодаря содержащейся в них клетчатке, которая является хорошим сорбентом. Для лучшего усвоения самих грибов рекомендуется их сушить на солнце и мелко измельчить или готовить из них порошок. Это объясняется тем, что при солнечной сушке грибов в белках происходит поглощение УФ-излучения пептидной связью, приводящей к её ослаблению или разрушению. В результате солнечной сушки белки, содержащиеся в грибах, а также в комплексе с хитином, подвергаются разрушению (нарушение конформации белка и разрыв пептидных связей). Для облегчения сушки грибов и других с/х продуктов в Аграрном университете была разработана и успешно прошла испытание гелиосушильная установка.

Литература:

1. www.nicelady.ru
2. www.library.biophys.msu.ru/rubin/2041030.pdf
3. Артохов В. Г., Наквасина М. А., Вашанов Г.А., Башарина О.В., Гусинская В. В., ОЛИГОМЕРНЫЕ БЕЛКИ: МОДУЛЯЦИЯ УФ-ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОТОХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ. Издание: Радиационная биология. Радиоэкология. 2001
4. Владимиров Ю.А., Потапенко А. Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов. М.: Высш. шк., 1989. 200 с.
5. Владимиров Ю. А. Свободные радикалы в первичных фотобиологических процессах // Биол. мембраны. 1998. Т. 15, вып. 5. С. 517-529.
6. Скурихин, И. М. Все о пище с точки зрения химика. Справ, издание И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. М.: Высш. шк., 1991. 288 с.
7. Optimum operating conditions in drying foodstuffs with superheated steam .Elustondo D. M., Mujumdar A. S., Urbicain M. J. Drying Technol. 2002. 20, №2. -P.381-402.
8. Горленко М. В. Грибы как источник пищевых белков // Микология и фитопатология. Л: Наука, 1983. - Т. 17. - Вып. 3. - С. 177-181.
9. Карговский А. В., Митрофанов В. В., Романовский Ю.М. РОЛЬ ВЫСОКОДОБОРНЫХ КОЛЕБАНИЙ АКТИВНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ГРУПП В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ НОЖНИЦ. Физический факультет Московского Государственного Университета им. М. В. Ломоносова. Москва. Физический факультет МГУ. 2007 г - 62с.
10. Детлаф А. А., Яворский Б. М., Курс физики — 5-е изд. М.: АСАДЕМА, 2005. — С. 497—500. 720 с.
11. Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. кол. Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. М.: Сов. Энциклопедия, 1984. — 544. -903 с.

