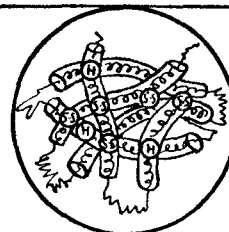


ИСТОЧНИКИ ПИЩЕВОГО БЕЛКА



Перевод с английского Н.И. ЯКОВЛЕВОЙ

Под редакцией и с предисловием В. Н. СОЙФЕРА



МОСКВА «КОЛОС» 1979

ББК 45.4

И91


УДК 636.087.74+633.2/.4:581.192

International Biological Programme 4

✓ **FOOD PROTEIN SOURCES**

Edited by N. W. Pirie

Rothamsted Experimental Station, Harpenden, UK
with advice from

 ch, New Delhi, India

Источники пищевого белка/Пер. с англ. Н. И.

И 91 Яковлевой; Под ред. и с предисл. В. Н. Соффера. — М.: Колос, 1979. — 302 с., ил.

В книге обобщены результаты работ по исследованию всевозможных источников пищевого белка, получаемого как в результате простого использования растениеводческой продукции, так и за счет биологической и механической переработки продукции растительного и животного происхождения. Рассматриваются вопросы использования небелкового азота в питании животных.

Приведена обширная библиография.
Рассчитана на научных работников.

И 40701—266
И 035(01)—79 112—79. 3802010000

ББК 45.4
636.04

© Cambridge University Press 1975
© Перевод на русский язык, «Колос», 1979

СПИСОК АВТОРОВ

- Aylward F. Department of Food Science, University of Reading, Reading RG1 5AQ, UK.
Betschart A. A. Field Crops Laboratory, US Department of Agriculture, Berkeley, California 94710, USA.
Bickoff E. M. Field Crops Laboratory, US Department of Agriculture, Berkeley, California 94710, USA.
Blaxter K. L. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB2 9SB, UK.
Braude R. National Institute for Research into Dairying, Reading RG2 9AT, UK.
Burgess G. H. O. Torry Research Station, P. O. Box 31, Abbey Road, Aberdeen AB9 8DG, UK.
Circle S. J. Anderson Clayton Foods, W. L. Clayton Research Center, 3333 Central Expressway, Richardson, Texas 75080, USA.
Cooney C. L. Department of Nutrition and Food Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass. 02139, USA.
Dendy D. A. V. Tropical Products Institute, 56 Gray's Inn Road, London WC1X 8LU, UK.
Devadas R. P. Sri Avinashilingam Home Science College, Coimbatore 11, India.
Emmett B. Tropical Products Institute, 56 Gray's Inn Road, London WC1X 8LU, UK.
Hagberg A. Swedish Seed Association, S-26800 Svalöv, Sweden.
Jeswani L. M. Directorate of Pulses Development, C 60 E Park, Mahanager Extension, Lucknow 6, India.
Kaul A. K. Institut für Strahlenbotanik, Herrenhäuserstrasse 2, 3000 Hannover, West Germany.
Kohler G. O. Field Crops Laboratory, US Department of Agriculture, Berkeley, California 94710, USA.
Lyon C. K. Field Crops Laboratory, US Department of Agriculture, Berkeley, California 94710, USA.
Ohlson A. Alfa-Laval AB, Karlshamns Oljefabriker AB, 292 00. Karlshamn, Sweden.
Oke O. L. Chemistry Department, University of Ife, Ife-Ife, Nigeria.
Pirie N. W. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts AL5 2JQ, UK.
Preston T. R. Animal Production and Health Division, FAO, 00100 Rome, Italy*.

* Новый адрес: División Nutrición Ganadera, Comisión Nacional de la Industria Azucarera, Humboldt 56, 2° piso, Mexico 1, Mexico.

Saunders R. M. Field Crops Laboratory, US Department of Agriculture, Berkeley, California 94710, USA.
 Sepp R. Alfa-Laval AB, Karlshamns Oljefabriker AB, 29200 Karlshamn, Sweden.
 Shacklady C. A. BP Proteins Ltd., Britannic House, Moor Lane, London EC2Y 9BU, UK.
 Shepherd F. W. Bosbigal, Old Carnon Hill, Carnon Downs, Truro, Cornwall, TR3 6LF, UK.
 Shorland F. B. Department of Food Science and Human Nutrition, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA.
 Sjödin J. Swedish Seed Association, S-26800 Svalöv, Sweden.
 Smith A. K. Anderson Clayton Foods, W. L. Clayton Research Center, 3333 Central Expressway, Richardson, Texas 75080, USA.
 Smith R. H. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB2 9SB, UK.
 Swaminatham M. S. Indian Council of Agricultural Research Kishi Bhavan, Dr Rajendra Prasad Road, New Delhi, India.
 Tamiya H. Department of Botany, University of Tokyo, Tokyo 113, Japan.
 Tannenbaum S. R. Department of Nutrition and Food Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass. 02139, USA.
 Trevelyan W. E. Tropical Products Institute, 56 Gray's Inn Road London WC1X 8LU, UK.
 Woodham A. A. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB2 9SB, UK.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Проблема удовлетворения потребностей населения земного шара в белковой пище приобретает все большее значение. Это обусловлено не только быстрым ростом его численности, но и рядом других причин, одна из которых заключается в том, что доля белков в зерновых культурах — главном поставщике растительных белков — падает с увеличением их урожайности и все более широким распространением сортов пшениц интенсивного типа.

В этих условиях особую актуальность приобретают поиски новых путей снабжения населения белком как растительного и животного происхождения, так и получаемым за счет так называемого микробного синтеза. Пути эти многообразны, поэтому в решении проблемы «белкового голодания» участвуют специалисты различных дисциплин. Селекционеры растений в последние годы ведут отбор на повышенное содержание белка, физиологи и агрохимики ищут способы его увеличения в зерне и в другой растениеводческой продукции путем правильного удовлетворения потребностей сельскохозяйственных растений на разных этапах их развития, биохимики разрабатывают способы более полного извлечения белков из любых частей растений. Сейчас во всем мире в широких масштабах идет поиск высокобелковых растений, которые в результате селекционной работы, по-видимому, удастся превратить в новые многообещающие сельскохозяйственные культуры.

Но еще большее значение приобретают чисто биохимические методы получения пищевого и кормового белка из такого сырья, которое раньше либо относили к разряду отходов и отходов, терявшихся в процессе получения пищевых продуктов (например, белки листьев или внутренностей рыб), либо рассматривали как непищевые субпродукты (перья птиц, шерсть и использованные в быту и технике шерстяные вещи и др.), хотя они и содержат много полноценных белков, которые сейчас научились перерабатывать в пищевые и кормовые белковые продукты.

Наиболее широкое развитие эти вопросы получили в работе Международной биологической программы (МБП), проводившейся в течение 10 лет (1964—1974 гг.), в рамках которой ученые разных специальностей из многих стран мира разрабатывали ряд проблем по взаимно скоординированным планам. Среди них организаторы МБП выделили и проблему поиска новых биологических ресурсов, уделив в ней особое внимание поиску новых источников белка. После того как разрозненные материалы этих исследований были обобщены в странах — участницах МБП и были представлены кураторам отдельных тем в Оргкомитете МБП, появилась возможность издать единую сводку полученных данных.

Такой сводкой и является 4-й том трудов МБП, представляемый сейчас в русском переводе. Обобщая результаты огромной экспериментальной работы, проводившейся различными специалистами (биохимиками и технологами, ботаниками и селекционерами, зоотехниками и охотоведами, птицеводами и рыбоведами, микробиологами и даже юристами) на самых разнообразных объектах — от микроскопических грибов до диких животных, эта книга представляет собой мультидисциплинарное обсуждение проблемы белка с разных позиций. Разнообразие тем и подходов в рамках данной проблемы может показаться довольно необычным. Однако в этом заключается одна из наиболее привлекательных сторон книги. Но в то же время от ее авторов и составителей нельзя было ждать одинаково глубокой проработки каждого из крупных разделов книги. Этим же обстоятельством объясняется разнотильность отдельных глав и отсутствие единообразия в использовании терминологии.

Узнав о том, что книга будет издана в СССР, некоторые авторы в конце 1978 г. прислали свои исправления текста 1975 г., дополнения к главам и списки новых работ, появившихся после выхода в свет английского издания книги. Примечательно, что ни в одну из глав авторам не пришлось вносить какие-либо серьезные изменения, что лишний раз доказывает правильность и основательность выводов, сделанных почти четыре года назад. Мы крайне признательны всем, приславшим свои дополнения и исправления специально для русского издания.

В заключение следует сказать, что в целом книга написана доходчиво и просто и может быть рекомендована весьма широкому кругу читателей — от студентов и аспирантов биологических, сельскохозяйственных и медицинских специальностей до научных сотрудников, работающих в этих областях, и практиков.

В. Н. СОЙФЕР

ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Инициаторы и организаторы Международной биологической программы (МБП) полагали, что если ее девизом будут слова «Для благосостояния человека», то уже одним этим будет ясно сказано о широкой практической направленности будущих исследований. Однако, как только стали поступать конкретные предложения о программах исследований, стало ясно, что большинство участников отдаст предпочтение теоретическим исследованиям. Так, сначала не нашла поддержки идея создания секции «Практическое применение и организация исследований», в результате чего она была учреждена позднее, чем другие секции, и в некоторых странах так и не были созданы соответствующие национальные комитеты. В тех же странах, где они были созданы, больше внимания уделялось таким темам, как «Резерв генов растений» и «Биологический контроль», чем другим пяти темам, включенным в данную секцию. Поэтому настоящий том, в котором суммированы результаты исследований по третьей проблеме МБП, названной «Развитие биологических ресурсов», в большей мере отражает интерес к тем направлениям исследований, которые следовало бы развивать в рамках Международной биологической программы, но которым, к сожалению, не было уделено должного внимания.

Первоначально сущность и характер деятельности Международной биологической программы часто понимали превратно. Одни полагали, что это тайный сговор, цель которого диктовать политику в области биологических исследований, другие решили, что МБП — это источник денежных средств. И та и другая точки зрения были ошибочными. Действительно, МБП как определенная организационная структура, призванная координи-

ровать научную деятельность, нередко оказывалась полезной для получения средств, необходимых для проведения исследований. Однако на какие рычаги следует нажать, чтобы их получить, зависело от самих исполнителей. По-видимому, неодинаковый уровень исследований, проведенных в рамках Международной биологической программы, в значительной мере можно объяснить тем, что их организаторы одновременно приступили к добыванию с ее помощью фондов. В ряде случаев существовавшая национальная или международная исследовательская структура помогала Международной биологической программе созданием организации, которая должна была входить в МБП или работать в тесном контакте с ней. Иногда же существовавшие организационные рамки тормозили работу Международной биологической программы, так как казалось, что нет нужды ни в каких новшествах. Это четко выражено в национальных программах, из которых ясно, что некоторые, в основном новые работы, не могли начаться без ведома МБП, в то время как в других национальных программах указывались многие проекты, по которым велись активные исследования, финансировавшиеся в течение ряда лет.

В национальных программах исследований, объединенных в секцию «Практическое применение и организация исследований», повсеместно был проявлен большой интерес к изучению источников белка. Такое ограничение в понимании задачи, возлагавшейся на проект по теме «Биологические ресурсы», импонировало координаторам этой проблемы. Представлялось правильным, что следует уделить большее внимание поиску способов удовлетворения возрастающих потребностей населения земного шара в белке с учетом его неминуемого дефицита в будущем, чем обеспечению человечества другими, не менее важными компонентами питания, такими, как источники энергии и витамины. Способы решения последней проблемы известны, хотя они и не применяются на практике в должной мере.

Международная биологическая программа организовала в Варшаве в 1966 г. совещание рабочей группы на тему «Новые источники белка», симпозиум в Варне в 1968 г., который включал секцию «Дополнительные источники пищевого белка», и симпозиум в Стокгольме в 1968 г. «Оценка новых белковых продуктов». Труды первых двух симпозиумов были опубликованы в «News»

МБП, выпуски 7 и 12. Полный текст третьего симпозиума также был опубликован [1]. Совещание технической группы в Коимбаторе в 1970 г. ограничилось рассмотрением вопроса о белке, получаемом из листьев. Результаты этого совещания опубликованы в 20-м томе «Руководства» МБП [2].

В опубликованных программах содержится много проектов, посвященных изучению источников белка. Приходится сожалеть, что некоторые из них не получили должного развития. В книгу включены те разделы, исследования по которым были фактически начаты, хотя, конечно, степень изученности отдельных вопросов неодинакова. Совещание МБП, созванное одновременно с Международным конгрессом по питанию в Мехико в 1972 г., приняло решение, что не следует ограничивать ни тематику проводимых исследований, ни степень участия в них. Нужно, однако, признать, что в рамках МБП работа активно велась лишь по исследованию белка морских водорослей, кокосовых и земляных орехов, листьев и семян бобовых растений, а также белка оленей и других диких травоядных животных.

Книга состоит из четырех разделов. Подразделение на первые три из них определяется различиями в способах приготовления пищи в ее конечном виде из исходных продуктов фотосинтеза, от которых зависят в настоящее время все источники съедобной пищи. Последний раздел посвящен нормативам на новые пищевые продукты и методам, которые могут быть использованы для популяризации этих продуктов.

В главах, объединенных в первой части книги, рассматриваются те источники белка, которые нуждаются в минимальной обработке для получения из них пищевых продуктов. Многие растения или их части можно использовать в пищу после простейшей обработки, ничуть не более сложной, чем обычное приготовление пищи в домашних условиях. Вполне понятно, что некоторые из этих богатых белком продуктов, например семена зерновых культур, обычно подвергают такой предварительной обработке в промышленных условиях. Но то же самое можно было бы делать на кухне и ограничиваться только этим. Для того чтобы приготовить вкусную пищу, в нее обычно добавляют некоторое количество жира и сахара, поэтому, если в окончательном продукте содержится 8—12% белка от сухого вещества, в исходном его

должно быть значительно больше. Условились, что нижний предел содержания белка в растительных материалах, используемых в качестве источников белка, должен быть не ниже 15%. Если принять эту величину, то из числа источников белка растительного происхождения придется исключить все подземные части растений, а также зерновые культуры, которые в настоящее время дают более половины пищевого белка. Однако данному критерию удовлетворяют некоторые новые зерновые культуры, поэтому им посвящена отдельная глава. Кроме того, в книге приводятся сведения о некоторых съедобных семенах, играющих второстепенную роль в питании. Они представляют несомненный интерес, и было бы неправильным не обратить на них внимание, как это нередко делается, хотя они и содержат менее 15% белка. Сине-зеленые водоросли в настоящее время употребляют в пищу в некоторых районах Африки. Одно время их использовали в Мексике, собирая вручную в местах их естественного произрастания в озерах. Поэтому глава о них по праву включена в ту часть книги, в которой описываются растения, нуждающиеся в минимальной обработке перед употреблением в пищу, хотя в настоящее время планируют наладить их промышленное производство. В то же время в одной из глав в противовес этим данным подчеркивается, что, несмотря на тот большой интерес, который был проявлен в ряде исследовательских институтов к изучению этих микроорганизмов, их не следует всерьез рассматривать как источник пищи для человека. Поэтому можно сказать, что глава о водорослях включена в эту часть книги в большей мере по причинам исторического порядка, учитывая их роль в качестве приправ и фармацевтических препаратов, а также и потому, что смесь водорослей и бактерий, выросших в сточных водах, используют на корм скоту.

В следующей части книги описываются механические способы получения пищевых концентратов из различных продуктов растительного происхождения.

Большинство источников белка, сведения о которых сгруппированы в этой части книги, регулярно потребляются в небольших количествах в ряде местностей без предварительной обработки. Однако было бы неразумно постоянно использовать их в пищу в больших количествах, так как в них имеется клетчатка и токсичные компоненты, которые можно удалить в процессе обработки.

В этом разделе книги мы скорее стремились проиллюстрировать, как обстоит дело с такими источниками белка, чем дать исчерпывающую информацию о них. Так, в данный раздел включено описание способов обработки кокосовых и земляных орехов и получения белка из листьев. Эти вопросы были предметом исследований, выполнявшихся по проектам Международной биологической программы. Белки, выделяемые из листьев, исследовались в международном масштабе гораздо шире, чем любые другие источники белка, изучавшиеся в рамках Проблемы 3. Полезный вклад в изучение этих вопросов внесли ученые Новой Зеландии, Нигерии, Швеции и Великобритании. Исследование других потенциально важных источников белка носило более произвольный характер. Так, в книгу включена глава, в которой описано получение белка из сои, так как на примере именно этой культуры интересно сопоставить сложные методы получения белка, используемые в индустриальных странах, и традиционные методы, при которых экстрагированные белки осаждают с помощью гипса, а нежелательные, вредные компоненты разрушают в процессе брожения. Цель этой главы — подчеркнуть, что каждый подход имеет свои достоинства и что в исследовательских институтах следовало бы уделять больше внимания совершенствованию традиционных методов обработки. Глава, посвященная рапсу, включена потому, что его значение постоянно возрастает. По этой же причине в одной из статей описывается способ обработки семян хлопчатника, дополнительное преимущество которых заключается в том, что они сами по себе уже являются побочным продуктом. Однако можно было бы оспаривать включение этой главы в книгу только на основании последней из упомянутых причин. Дело в том, что содержащийся в необработанных семенах хлопчатника госсипол делает их несъедобными для человека, хотя его достаточно легко можно удалить из шрота, поскольку он сконцентрирован в железах. По-видимому, по этой причине в книге не описаны методы фракционирования семян, основанные на любых других принципах.

В процессе механического фракционирования не должно происходить никаких потерь. Белок, который может быть несъедобным в своем первоначальном виде, разделяется на съедобный концентрат и остаток, который может быть использован для кормления животных или

для других целей. Биологическое превращение неизбежно сопровождается потерями, происходящими в ходе обмена веществ и энергии. Конечно, самым важным источником белка, получаемого путем биологического превращения, являются домашние жвачные животные. В книгу не включена глава о них, так как эта проблема охватывает настолько широкий круг вопросов, что для того, чтобы рассмотреть их, нужна самостоятельная книга, — и таких книг очень много. Однако четыре главы посвящены млекопитающим, которые сейчас довольно широко используются в качестве источников пищи, и одна глава продуктам, получаемым от млекопитающих, которые могут употребляться в пищу, но в настоящее время для этой цели не используются. Дикие животные представляли для Международной биологической программы особый интерес. На их охрану было обращено самое большое внимание. Число видов животных, которые могли быть здесь рассмотрены, огромно. Многие читатели с сожалением обнаружат, что в книге не упомянуты капибара (водосвинка), кенгуру и ламантин. Отсутствие данных о последнем виде животных особенно печально, потому что ламантин не только дает хорошее мясо, но и регулирует распространение нежелательной водной растительности. Вместо этого глава о диких животных охватывает лишь несколько видов, которые уже используются в промышленных масштабах, — такое сокращение материала было необходимо, чтобы ограничить объем книги.

Решение ограничить Проблему 3 МБП и эту книгу источниками белка было обусловлено не только тем, что белки играют уникальную роль в питании человека и животных. Это сделано еще и потому, что, рассматривая потребности человека и животных в белках, приходится сталкиваться с рядом проблем, которые не возникают при рассмотрении потребностей в любых других компонентах питания. С 1891 г. известно, что жвачные животные благодаря синтетическим возможностям флоры рубца их желудка могут усваивать азот, поступающий не в виде аминокислот, а в других формах. Странно, но тогда это наблюдение не послужило поводом для изучения возможности уменьшения содержания белка в корме жвачных животных, но, как показано в одной из глав, теперь оно привлекло к себе самое пристальное внимание. Млекопитающие, не имеющие рубца в желуд-

ке, в меньшей степени способны усваивать небелковый азот, по-видимому, из-за отличий в популяции микроорганизмов, обитающих в желудке, и меньшего их количества. Тем не менее в одной из глав рассматривается способность нежвачных животных усваивать простые соединения азота. Пищевые потребности нежвачных животных так похожи на наши собственные, что многое из того, что они обычно едят, может быть пригодно в пищу человеку. До тех пор, пока домашние нежвачные животные могут содержаться на остатках пищи и фураже, все обстоит прекрасно. Однако, если страна испытывает недостаток пищевых ресурсов, нужно тщательно взвешивать все «за» и «против», поскольку эти животные конкурируют за пищу с человеком. Этот вопрос не будет стоять так остро, если потребности жвачных хотя бы частично удастся удовлетворить за счет простых соединений азота. Нежвачные животные более плодовиты, чем жвачные, и быстрее реагируют на изменения в рационе. Против разведения животных обоого типа свидетельствует тот факт, что, если их содержат на растительном корме, они возвращают только 10—30% белка в форме, которая обычно считается приемлемой для людей. Это может быть следствием того, что мы слишком привередливы к пище. В одной из глав рассматривается вопрос о том, что такие продукты животного происхождения, как волосы и перья, после соответствующей обработки могут быть использованы в пищу, тогда эффективность переработки корма животными резко возрастет.

Рыба и моллюски изучались в других секциях Международной биологической программы; результаты этих исследований обобщены в других книгах данной серии. За последнее десятилетие получило широкое распространение мнение, что будущее в использовании рыбы связано с переработкой ее в безвкусный, лишенный запаха порошок, который будет незаметен при добавлении к обычным продуктам питания. Из многих источников белка, обсуждаемых в этой книге, белок можно получать в таком виде, и то, что авторы обходят молчанием этот факт, могло бы означать, что они согласны с общепринятой точкой зрения. Поэтому в книгу включена глава, в которой подчеркивается все еще неудовлетворенный спрос на свежую рыбу. Эффективность использования рыбы была бы значительно выше, если бы большая часть улова служила пищей человеку, а не кормом скоту.

Ферменты, которые образуются в пищеварительных системах различных позвоночных, во многих отношениях сходны. Следовательно, ни одно из позвоночных животных не может без посторонней помощи использовать большую группу встречающихся в природе углеродсодержащих веществ. В связи с этим важно напомнить, что факторами, лимитирующими производство белка за счет развития промышленных методов фиксации азота, часто являются как недостаток предшественников, содержащих углерод в восстановленной форме, так и нехватка исходных азотсодержащих веществ. Зеленые растения могут использовать в процессе фотосинтеза полностью окисленный углерод (CO_2). Другие организмы, живущие в атмосфере, созданной в результате фотосинтеза, вынуждены использовать углерод в частично восстановленной форме. Такие вещества интенсивнее используются микроорганизмами, чем животными, потому что они снабжены более разнообразным набором гидролитических ферментов. Микроорганизмы, даже в том случае, когда они культивируются на субстратах, которые могут усваивать позвоночные животные, выполняют полезную роль благодаря способности использовать для синтеза белка азот простых азотсодержащих веществ.

Большинство исследований или проводится в развитых странах или обуславливается их потребностями и научными интересами. Это ясно видно на примере доминирующего направления исследований по производству пищевых и кормовых дрожжей. Наиболее пригодным веществом для выращивания дрожжей является нефть, хотя запасы ее истощимы, и при ее использовании в качестве субстрата нужна более сложная техника, чем при применении мелассы или других побочных продуктов сельскохозяйственного производства. Те, кто считают, что источники белка приобретают тем большее значение, чем больше вероятность того, что они могут быть произведены из местных источников сырья и использованы для удовлетворения местных потребностей, будут критически изучать три главы, посвященные микробному белку.

Многое из изложенного здесь характеризуется универсальной применимостью, однако ряд методов требует привлечения к работе высококвалифицированных специалистов.

Пессимисты, поверхностно рассматривающие двадцатипятилетнюю историю многочисленных попыток ученых ввести новые типы пищевых продуктов, склонны делать заключение, что виды на будущее мрачны и что людям, даже тем, которые недоедают, свойствен консерватизм в их привычках к еде. Оптимисты же отмечают, что за тот же период времени типы выпускаемых промышленностью пищевых продуктов значительно изменились и усилилась тенденция к замене традиционных видов пищи новыми продуктами. Особенно важное значение в потреблении белковых продуктов имеет катастрофически быстрая замена грудного молока в кормлении новорожденных бутылочным. Ученые согласны со старым афоризмом: «Пища не имеет питательной ценности, если ее нельзя съесть». Некоторые из них считают, что отрицательное отношение потребителя к созданным ими новым пищевым продуктам обусловлено скорее плохой рекламой этих продуктов, чем их недостатками. Анализу этих вопросов посвящены две главы. В одной из них рассматриваются безопасность пищевых продуктов и стандарты качества, которые могли бы удовлетворять местным и международным правилам; в другой рассматривается более трудный вопрос: как заинтересовать потребителя новым продуктом и как поддерживать однажды возникший интерес.

В письмах к авторам указывалось, что книга должна будет охватывать все основные типы источников белка и что она «предназначена главным образом стать источником информации или о массе пищевого белка, которая может быть получена с гектара за один год, или о количестве белка, которое можно получить путем экстракции или превращения некоторых несъедобных материалов. Поэтому в ней должны быть приведены показатели питательной ценности конечного продукта». Вопросы, поднимаемые в книге, рассматриваются с разных, иногда довольно оригинальных точек зрения, однако авторы отдельных статей не всегда придерживались пожеланий составителей. Тем не менее представленных в книге данных вполне достаточно, чтобы правильно оценить возможность применения каждого метода в любой стране. Мы не пытались добиться того, чтобы данные, представленные в различных главах, относились к одному и тому же периоду времени. Первоначальным сроком сдачи машинописного текста был намечен апрель 1973 г.;

к этому времени или несколько позже поступило лишь несколько рукописей. Как установили другие редакторы коллективных работ, эти планы были сильно нарушены по вине ряда авторов, не справившихся с работой в намеченный срок.

Апрель 1974 г.

Н. В. ПИРИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bender A. E., Kihlberg R., Löfqvist B., Munck L. 1970. Evaluation of novel protein products. Pergamon Press, Oxford.
2. Pirie N. W. (ed) 1971. Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook 20. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Часть I

ИСТОЧНИКИ БЕЛКА, ПРИГОДНЫЕ В ПИЩУ ПОСЛЕ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

1. БОГАТЫЕ БЕЛКОМ СЕМЕНА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А. К. Кауль

В настоящее время более половины потребляемого человечеством белка дают зерновые культуры, и в следующем десятилетии они, вероятно, останутся основным источником пищи для двух третей населения земного шара, которое голодает или недоедает. В странах с развитым животноводством зерновые культуры играют столь же важную роль в кормлении скота. В результате многовековой эволюции зерновые культуры не только приспособились к различным условиям возделывания и стали основным источником пищи для человека и разводимого им крупного рогатого скота (молочного и тяглого), но и приобрели ряд ценных свойств, таких, как характерный нежный вкус, приемлемые размеры, простота кулинарной обработки, отсутствие каких-либо факторов, снижающих питательную ценность продукта, стойкость при хранении, необходимый набор минеральных солей и витаминов и, главное, удовлетворительную чистую белковую калорийность диеты (NDpCal) — более 5%. Генетическое улучшение качественных и количественных признаков белков зерновых культур имеет, следовательно, прямое отношение как к краткосрочным, так и к долгосрочным программам, направленным на решение проблемы недостатка белка.

В последние семь лет произошло резкое увеличение производства зерна, которое обычно называют «зеленой революцией». Это было достигнуто благодаря способ-

ности новых сортов резко повышать урожайность в ответ на улучшение условий возделывания. Почти одновременно селекционеры начали поиски генов, которые могли бы повысить содержание и улучшить качество белков зерновых культур и за счет этого увеличить биологическую ценность новых высокоурожайных линий. Можно с удовлетворением отметить, что из мировых коллекций зародышевой плазмы кукурузы, ячменя, риса, пшеницы, а недавно и сорго уже выделено большое число генотипов, характеризующихся высокой питательной ценностью. Такой систематический поиск распространен сейчас также на бобовые культуры и просо. Кроме того, усилия исследователей были сосредоточены на искусственном получении улучшенных форм путем применения различных химических и физических мутагенов. В этом направлении хорошие результаты были получены с ячменем, рисом, пшеницей и горохом. Одним из следствий такой деятельности было развитие многочисленной аналитической техники, дающей возможность просматривать очень большие количества растительного материала по признаку качества белка и его биологической ценности.

Окончательная цель селекционной программы — повышение питательной ценности сельскохозяйственных культур. Это может быть достигнуто путем накопления в высокоурожайных сортах желательных генов и связанного с этим увеличения количества доступных аминокислот, а следовательно, биологической ценности белков. Ниже обсуждаются различные подходы к решению данной проблемы.

Производство общего белка на единицу площади можно значительно увеличить как путем различных агротехнических мероприятий (например, опрыскивание листьев азотными удобрениями непосредственно перед опылением [17]), так и путем сбора нескольких урожаев или чередования относительно рано созревающих генотипов (см. [1] и табл. 1.1).

Сокращение вегетационного периода дает возможность собирать по два урожая некоторых культур с той площади, с которой раньше собирали только один. Во многих районах, особенно в умеренных широтах, можно таким образом успешно чередовать озимые культуры с несколькими яровыми. Нет необходимости останавливаться на других преимуществах, связанных с возмож-

Таблица 1.1. Увеличение производства белка за счет интенсивной смены культур (по данным Индийского института сельскохозяйственных исследований, Нью Дели [9])
1958 г. Чередование двух культур

Показатель	Кукуруза	Пшеница	Всего
Урожайность, ц/га	20	25	45
Сбор белка, кг/га	160	250	410
Белок, % от урожая	8	10	

1968 г. Чередование четырех культур

Показатель	Золотистая фасоль (маш)	Кукуруза	Картофель	Пшеница	Всего
Урожайность, ц/га	10	42	206	47	305
Сбор белка, кг/га	200	504	412	752	1868
Белок, % от урожая	20	12	2	16	

ностью включения бобовых в такой интенсивный севооборот. В Индии многократную смену сельскохозяйственных культур уже сейчас можно осуществлять по крайней мере на 8×10^5 га, а в будущем на 38×10^5 га.

Что касается культур, отличающихся высоким содержанием ряда аминокислот, таких, как рис (*Oryza sativa*) и овес (*Avena sativa*), то здесь усилия исследователей были сконцентрированы на поиске высокоурожайных сортов (табл. 1.2). В результате этой работы урожайность риса достигла 110 ц/га (что равноценно сбору 1100 кг общего белка или 36 кг лизина с 1 га). Следует отметить, что внесение под рис большого количества азотных удобрений приводит к почти линейному увеличению уровня белка в зерне* [17].

* Мнение относительно возможности пропорционального увеличения содержания белка в зерне при внесении в почву высоких доз азотных удобрений, активно обсуждавшиеся в научной литературе в конце 60-х годов, оказалось ошибочным. В настоящее время установлено, что такая пропорциональность существует лишь в относительно узком диапазоне доз вносимых удобрений, при дальнейшем увеличении доз азотных удобрений накопление белка в зерновках приостанавливается. К тому же чрезмерное внесение азотных удобрений может привести к сильному загрязнению окружающей среды (как это отмечалось в ряде стран Западной Европы и в Северной Америке), что лимитирует количество вносимых удобрений. — Прим. ред.

Таблица 1.2. Содержание некоторых незаменимых аминокислот (НАК), истинная переваримость (ИП), биологическая ценность (БЦ), использование чистого белка (ИЧБ) и азота (ИА) для некоторых новых и старых культивируемых сортов важнейших культур [6]

Культура	Ячмень		Кукуруза		Рис		Сорго		Рожь		Овес	
	обычный	Хай-пролл	обычный	Опейк-2	обычный	бogatый белком	обычный	обычный	обычный	обычный	обычный	обычный
НАК (г/16 г N)												
Лизин	3,69	4,08	2,74	4,48	3,49	2,90	1,83	3,67	4,03			
Метионин	1,82	1,99	1,88	1,78	2,07	1,93	1,72	1,68	1,77			
Треонин	3,60	3,41	3,31	3,46	3,25	3,31	3,61	3,31	3,63			
Изолейцин	3,68	3,77	2,80	3,02	4,46	4,40	4,50	3,11	3,98			
N, % от сухого вещества	1,62	2,99	2,11	1,97	1,29	2,74	2,06	1,46	1,72			
Ценность белка, %	82	85	96	94	101	100	85	77	84			
ИП	72	76	60	74	65	86	52	78	70			
БЦ	59	65	57	70	66	86	44	59	59			
ИЧБ	0,95	1,94	1,21	1,38	—	—	0,99	0,86	1,02			
ИА												

Таблица 1.3. Зерновые культуры, для которых получены генотипы с улучшенной питательной ценностью

Культура	Наивысшее содержание белка, %	Наивысшее содержание лигнина, % (г/16 г N)	Примечания
Кукуруза (<i>Zea mays</i>) Инбредные линии	В норме 10 До 24	В норме 2,3 —	Линии, выведенные в штате Иллинойс, представляют только теоретический интерес
Опейк-2 (Оп-2) Флаурн-2 (Фл-2)	11 11	4,0 3,5	Превышает норму н Фл-2 Оба мутанта уже используются как промышленные сорта
Опейк-7 (О ₇)	Подобно вышеприведенным цифрам		
Пшеница (<i>Triticum aestivum</i>)	В норме 10	В норме 2,5	
Атлас-66	19,9	3,0	В настоящее время эти три генотипа включены в список промышленных сортов в Линкольне, штат Небраска, США
Напал	20,5	3,2	
Атлас X Напал	До 24	До 3,2	
Югославские мутанты	До 20	—	Искусственно полученные мутанты
Индийский мутант	До 16	3,0	Получен искусственно из высокоурожайного мексиканского сорта и используется как промышленный сорт под названием Шарбатна Сонора. Высокие БЦ и ИЧБ
Ячмень (<i>Hordeum vulgare</i>)	В норме 10	В норме 3,4	
Хайпролл	19,59	4,1	В настоящее время оба мутанта преобразованы в промышленные сорта с помощью возвратного скрещивания
Хайлн	16,84	4,2	
Мутант Нотч (Индия)	20,0	4,0	
Датские мутанты	13—15	3,5	Все три мутанта малоурожайны по сравнению с обычными сортами Вероятно появятся в качестве промышленных сортов

Культура	Наивысшее содержание белка, %	Наивысшее содержание ли- зина, % (г/16 г N)	Примечания
Рис (<i>Oryza sativa</i>)	В норме 7	В норме 3,5	
Японский мутант	До 16	—	
Индийский мутант	12	—	Искусственно полученные мутанты. Представляют лишь теоретический интерес
Линии Международного института риса	До 15	—	
Индийская линия (Ассам)	14	4,5	Ассам, будучи одним из центров происхождения риса,ставляет селекционерам ценную зародышевую плазму
Овес (<i>Avena sativa</i>)	В норме 12	В норме 4,1	
Гарланд (США)	17,2	4,1	Идеальны для производства белковых концентратов
Канадская линия	28,5	3,7	
Израильский (A. sterilis)	15—30	—	
Сорго (<i>Sorghum vulgare</i>)	В норме 10	В норме 1,8	
Линии из Пардью	До 26	До 3,8	Недавно появилось сообщение о получении двух мутантов, подобных Опейк
Индийские линии	До 20	До 3,0	
Африканское просо (<i>Pennisetum typhoides</i>)	В норме 9	В норме 2,0	
Индийские линии	До 18	До 3,8	

Есть мнение, что белки, содержание которых удается увеличить благодаря таким агротехническим мероприятиям, обладают низкой биологической ценностью. Однако этот аргумент не столь существен для взрослого человека, так как первостепенное значение для него имеет азотный баланс [12].

Возможность увеличения содержания общего белка путем обычных методов селекции и использования в селекционной работе мутантов была продемонстрирована на многих зерновых культурах (табл. 1.3). В некоторых

случаях это сопровождается снижением урожайности и ухудшением качества белка. Однако эти два ограничения не следует рассматривать как общее правило, поскольку было показано, что отрицательная корреляция между урожайностью и содержанием незаменимых аминокислот, таких как лизин, устраняется при достижении более высоких уровней белка ($>20\%$) и что урожайность и белковая продуктивность не всегда находятся в обратно пропорциональной зависимости [8]. Рис и овес не подвержены этим отрицательным последствиям, так как содержат мало проламинов. (Проламины — спирторастворимая фракция белков семян, обладающая низкой биологической ценностью. Особенно богато ими зерно кукурузы и сорго. При использовании генетических и агротехнических приемов, приводящих к увеличению уровня белка в зерне, в первую очередь повышается содержание проламинов.) Предполагают, что эти две культуры (рис. и овес) уже имеют гены, подавляющие синтез проламина. Существенные положительные изменения были обнаружены также у следующих сельскохозяйственных культур: *Eleusine coracana*, *Panicum miliare*, *Panicum miliaceum*, *Paspalum scrobiculatum*, *Setaria italica*, *Echinochloa colona* [18].

Увеличение относительного содержания одной или более аминокислот в запасных белках, сопровождающееся (или не сопровождающееся) одновременным увеличением общего количества белка, было показано в опытах с кукурузой (*Zea mays*) и ячменем (*Hordeum vulgare*). У кукурузы гены Опейк-2 и Флаури-2 вызывают удвоение содержания лизина и триптофана; это объясняют снижением количества зеина (проламина кукурузы) и изменением микроструктуры зерновок*. Повышенное содержание аминокислот у кукурузы Опейк-2

* По-видимому, решающее значение в повышении уровня содержания лизина и общего количества белка у мутантов Опейк-2 и Флаури-2 имеет первая из перечисленных здесь причин. Недавние исследования (Jones, Larkins and Tsia, 1976, Menta et al., 1975) позволили доказать, что у указанных мутантов во время образования эндосперма вместо трех типов РНК-полимераз, функционирующих у нормальных растений, активно работает лишь одна, что ведет к изменению синтеза полирибосом и в результате к уменьшению синтеза зеинового белка Z1 и увеличению образования незеиновых белков (не относящихся к проламинам), имеющих повышенное содержание лизина и, следовательно, характеризующихся большей питательной ценностью. — Прим. ред.

привело к значительному увеличению ее биологической ценности, что было показано в экспериментах, проведенных на крысах и свиньях, а также в опытах с детьми и взрослыми людьми [15]. В 1968 г. шведские ученые выявили сходный мутант в эфиопской коллекции ячменя [7]. Благодаря высокому содержанию в нем белка и лизина он был назван Хайпроли (Hiproly). Сравнительные данные по содержанию аминокислот в белках этих мутантов приведены в таблице 1.4. Идентичные мутанты

Таблица 1.4. Влияние генов Опейк-2 и Флаури-2 у кукурузы и гена, определяющего повышенное содержание лизина у ячменя (в расчете на целые зерновки), на содержание белка, NH_3 и аминокислот в зерне [14]

	Обычная кукуруза* (г/16 г N)	Опейк-2* Флаури-2* (обычная кукуруза = 100)		Обычный ячмень** (г/16 г N)	Высоколизинный ячмень** (обычный ячмень = 100)	Высоколизинный ячмень** (Флаури-2 = 100)
Лизин	3,0	167	160	3,4	123	86
Гистидин	2,6	135	112	2,1	103	75
NH_3	—	—	—	3,6	89	—
Аргинин	4,9	147	129	4,6	107	77
Аспарагиновая кислота	9,2	96	114	6,0	114	65
Треонин	4,1	93	100	3,5	106	88
Серин	5,6	84	93	4,3	102	85
Глутаминовая кислота	22,6	76	82	26,8	89	129
Пролин	9,6	87	92	12,6	90	128
Глицин	4,7	109	100	3,6	107	83
Аланин	9,2	72	87	3,8	115	54
Цистеин	1,7	118	94	1,1	81	—
Валин	5,7	91	100	4,8	110	92
Метионин	—	92***	112***	1,2	121	—
Изолейцин	4,2	81	95	3,7	105	98
Лейцин	14,6	64	82	6,7	106	59
Тирозин	5,2	81	88	2,8	101	61
Фенилаланин	5,8	76	90	5,9	100	113
Триптофан	0,7	185	—	—	—	—
Белок	9,0%	117	189	15,7%	108	101

* Нельсон [15].

** Среднее значение для 35 обычных и 27 высоколизинных растений из расщепляющейся популяции F_2 . Неокисленные образцы: абсолютные значения содержания цистеина и метионина не достоверны.

*** Приблизительная оценка: у обычной кукурузы содержание метионина равно 2,3 г/16 г N.

ячменя, богатые лизином, были искусственно получены Доллом [5] в Дании и Банзалом [2] в Индии. За исключением некоторых мутантов, полученных Доллом, все упомянутые выше генотипы характеризуются пониженной продуктивностью и плохой сохранностью. Оба эти недостатка устранимы, и скоро высокоурожайные, богатые лизином генотипы должны стать доступными для культивирования в различных агроклиматических районах земного шара. Предложены методы, гарантирующие выбраковку во время отбора растений с пониженным синтезом крахмала в искусственно полученных популяциях высокобелковых мутантов [10].

Общеизвестно, что у злаковых растений белки зародышей превосходят по своим качествам белки эндосперма. Исходя из этого, было высказано предположение, что биологическую ценность таких культур, как кукуруза и сорго, можно увеличить отбором по признаку большего размера зародыша. У многих существующих мексиканских рас кукурузы высокая питательная ценность может быть прямо отнесена за счет лучшего соотношения зародыш/эндосперм. Этот же подход используется и в селекционной работе с сорго (личное сообщение Р. С. Пикета), и в недалеком будущем могут быть получены сорта с большими по размеру зародышами.

Сейчас доказано, что у сельскохозяйственных растений существует большое, генетически обусловленное разнообразие в числе алейроновых слоев в зерновках и в толщине богатой белком алейроновой зоны. Известно также, что у большинства зерновых культур белки располагаются в радиальном направлении, при этом количество их уменьшается к центру зерновок. Эти факторы имеют большое значение для риса, так как при шлифовании зерна из внешних слоев удаляется значительная часть высококачественного белка. Кауль и др. [11] разработали метод микроскопического контроля за этим процессом, пригодный для использования в селекционной работе при выведении сортов риса с глубоким залеганием белков. Недавно подобное же радиальное расположение белков было обнаружено и в зерновках овса [12]. В стадии разработки находится специальный метод шлифования, который позволит получать концентрированные белки из семян низкобелковых зерновых культур [4]. Руни с сотрудниками (16) удалось получить из низкобелкового зубовидного сорта сорго муку, содержащую

до 25% белка. Результаты этих исследований не только подчеркивают тот факт, что рисовая мучка обладает значительно более высокой биологической ценностью, чем полированное зерно, но и открывают новые возможности для приготвления высокобелковой пищи из зерна обычных сельскохозяйственных культур, содержащих мало белка. Кроме того, в литературе подчеркивается необходимость создания селекционных программ, направленных на выведение культур, характеризующихся более глубоким расположением белка в семенах. Что касается овса, то эта культура должна снова занять важное место в питании человека.

Изучается также возможность использования в качестве источников белка большого числа менее окультуренных видов растений. Например, ведутся работы по повышению питательной ценности теффа (*Eragostis tef*) [3]. В некоторых внутренних долинах Гималайских гор основным источником белка и углеводов для человека является гречиха (*Fagopyrum sagittatum*). По-видимому, можно значительно улучшить качество белка этой культуры.

Очень перспективна тритикале — зерновая культура, полученная человеком в результате скрещивания пшеницы с рожью (*Secale cereale*). Содержание белка достигает в ней 21%. Книпфель [13] установил, что показатель использования белка (ПИБ) тритикале крысами был выше, чем ПИБ пшеницы или ржи. Он объяснял это высоким содержанием в зерне тритикале метионина и лизина. Отрицательные свойства этой культуры — плохой налив зерна и наличие некоторых ингибиторов роста. Дикие сородичи зерновых культур используются также для передачи отдельных генов или небольших участков хромосом культивируемым сортам с целью увеличения их питательной ценности.

Селекционерам часто удавалось улучшить растения намного раньше, чем полностью становились понятны генетические и биохимические основы этого явления. Несмотря на то что физиологические и биохимические механизмы контроля синтеза белков семян пока не ясны, а специалисты в области питания все еще не пришли к единому мнению относительно потребностей человека в аминокислотах, достигнут заметный прогресс в селекции генотипов сельскохозяйственных культур, характеризующихся высокой питательной ценностью. В

тех случаях, когда увеличение содержания белка в зерне новых сортов не сопровождается снижением урожайности, выведение этих сортов приобретает преимущества перед другими способами улучшения в обеспечении населения продуктами питания и повышения их качества, поскольку не требует периодических расходов на обработку, транспортировку и обучение кадров. Наконец, следует отметить, что в селекционной работе всегда учитываются такие факторы, как уменьшение до- и послеуборочных потерь белка, устойчивость к повреждениям, вызываемым насекомыми и плесневыми грибами, а также к механическим повреждениям в процессе переработки зерна. Передача гена Опейк-2 зубовидным разнovidностям кукурузы, селекция сортов риса, в которых белок располагается во внутренних рядах клеток эндосперма, — вот только несколько примеров, подтверждающих это положение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anonymous. 1973. *Indian Agricultural Research Institute Technical Bulletin*. (New series) 7. IARI, New Delhi.
2. Bansal H. C. 1970. *Current Science*, 39, 494.
3. Berhe T. 1973. Proceedings of the Research Coordination Meeting, Neuherberg, on Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement, 297—303. International Atomic Energy Agency, Vienna.
4. Burrows V. D., Greene A. H. M., Korol M. A., Melnychuk P., Pearson G. G., Sibbald I. R. 1972. Food proteins from grains and oilseeds. Report of a Study Group appointed by the Hon. Otto E. Lang, Minister Responsible for the Canadian Wheat Board. Canadian Government.
5. Doll H. 1972. Proceedings of the Study Group Meeting, Buenos Aires, on Induced Mutations and Plant Improvement, 331—342. International Atomic Energy Agency, Vienna.
6. Eggum B. O. 1973. Proceedings of the Research Coordination Meeting, Neuherberg, on Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement, 391—408. International Atomic Energy Agency, Vienna.
7. Hagberg A., Karlsson K. E. 1969. Proceedings of the Panel Meeting, Röstanga, on New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, 17—21. International Atomic Energy Agency, Vienna.
8. Johnson V. A., Mattern P. J., Schmidt J. W. 1970. *Proceedings of the Nutrition Society*, 29, 20—31.
9. Kaul A. K. 1968. *Journal of the Post Graduate School, Indian Agricultural Research Institute*, 6, 168—180.
10. Kaul A. K. 1973. Proceedings of the Research Coordination Meeting, Neuherberg, on Nuclear Techniques for Seed Protein Improvement, 1—107. International Atomic Energy Agency, Vienna.

11. Kaul A. K., Dhar R. D., Swaminathan M. S. 1969. *Current Science*, 38, 529—530.
12. Kies C., Fox H. M., Williams E. R. 1967. *Journal of Nutrition*, 93, 377—385.
13. Knipfel J. E. 1969. *Cereal Chemistry*, 46, 313—317.
14. Munck L. 1972. *Hereditas*, 72, 1—128.
15. Nelson O. E. 1969. *Advances in Agronomy*, 21, 171—194.
16. Rooney L. W., Fryer W. B., Cater C. M. 1972. *Cereal Chemistry*, 49, 399—406.
17. Swaminathan M. S., Austin A., Kaul A. K., Naik M. S. 1969. Proceedings of the Panel Meeting, Röstanga, on New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, 74—86. International Atomic Energy Agency, Vienna.
18. Swaminathan M. S., Naik M. S., Kaul A. K., Austin A. 1970. Proceedings of the Symposium, Vienna, on Improving Plant Protein by Nuclear Techniques, 165—183. International Atomic Energy Agency, Vienna.
19. Youngs V. L. 1972. *Cereal Chemistry* 49, 407—411.

2. УЛУЧШЕНИЕ СОРТОВ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ИНДИИ

Л. М. Джесвани

В Индии семена некоторых бобовых культур издавна употребляют в пищу наряду с продуктами, получаемыми из основных зерновых культур. Около 30% суточных потребностей человека в белке удовлетворяется за счет бобовых. По-видимому, ни в одной другой стране нет такого разнообразия бобовых, как в Индии, где их выращивают круглый год. Наиболее распространены 10 бобовых культур. Основная из них — нут (*Cicer arietinum*). За ним следует каян индийский (*Cajanus cajan*), который также известен под названием голубиный горох. Из других бобовых культивируют золотистую фасоль, или маш, (*Phaseolus aureus*), фасоль урд (*Phaseolus mungo*), фасоль аконитолистную (*Phaseolus acontifolius*), долихос двухцветковый (*Dolichos biflorus*), коровий горох (*Vigna sinensis*), горох (*Pisum* spp.), чечевицу (*Lens esculentus*), чину посевную (*Lathyrus sativus*) и ряд других мелкосеменных бобовых. Ведется работа по созданию генетическими методами скороспелых высокоурожайных и устойчивых к болезням сортов, которые бы не только содержали большое количество общего белка, но и были богаты метионином и серосодержащими веществами.

Культивируют два типа нута (*Cicer arietinum*): коричневый или желто-коричневый тип (Deshi) и белосемянный тип (Kabuli). Данные об их питательной ценности представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Химический состав зерна двух типов нута

Источник	Сырой белок	Эфирные экстракты	Сырая клетчатка	Зола	Углеводы, %	Фосфор, мг/100 г	Кальций, мг/100 г	Железо, мг/100 г
Тип Kabuli	21,64	5,78	5,49	2,67	64,42	305,8	167,4	8,36
Тип Deshi	20,91	4,56	10,06	2,69	61,78	308,8	231,1	6,90

Исследовательская работа по улучшению сортов нута была начата в 1930 г. На первом этапе работы основное значение придавалось индивидуальному отбору растений из коллекций, собранных по всей стране. В результате было выявлено несколько очень перспективных типов, таких как N.P.25, N.P.58, Chaffa, Dohad-Yellow EB-28 и т. д. На втором этапе (1942—1966 гг.) основные усилия были сосредоточены на создании большого разнообразия материала путем дальнейших полевых сборов по стране, введения зародышевой плазмы, полученной из других стран, и последующей ограниченной программы по гибридизации. Хотя устойчивые к болезням типы нута и не были обнаружены, удалось получить ряд сортов, обладающих высокой урожайностью и засухоустойчивостью, например R.S.10, G-24, T-3 и T-87. В последующей селекционной программе главное внимание уделялось созданию высокоурожайных сортов, устойчивых к болезням, особенно к увяданию и вертициллезу, и обладающих улучшенным качеством зерна. Удалось идентифицировать генетические источники устойчивости к этим заболеваниям, и соответствующие гены были затем введены в некоторые высокоурожайные сорта, например C-235, G-130, H-208, BGS-1, BGS-2, G-62-404 и Chaffa.

При изучении химического состава зерна нута были обнаружены большие различия в содержании белка и не-

Таблица 2.2. Содержание белка, метионина и серы в зерне различных сортов нута

Сорт	Белок, %	Метионин, мг/г	Сера, мг/г
S. 1	20,10	2,40	3,10
S. 6	19,25	3,30	2,50
S. 8	20,80	3,10	2,90
S. 12	20,56	3,00	3,55
S. 13	18,60	3,10	2,90
BGS-1	21,35	3,30	2,45
BGS-2	19,52	3,00	2,00
P. 1981	21,62	2,10	3,80
Промышленные сорта			
C-235	20,40	2,60	1,75
T-3	19,30	2,00	1,98
N. P. 58	20,50	1,96	1,98
N. 59	18,60	1,90	1,92

заменяемых аминокислот (см. табл. 2.2). Полученные материалы будут также использованы в будущих селекционных программах.

КАЯН ИНДИЙСКИЙ

Каян индийский, или голубиный горох,— вторая по значению зернобобовая культура в Индии. На основе морфологических признаков были описаны две формы этого вида: *Sajanus sajan* var. *flavus*, *Sajanus sajan* var. *bicolor*. К первому типу относят обычно культивируемые сорта, которые характеризуются относительно карликовостью, желтоватой окраской цветков и гладкими бобами; ко второму типу относят в основном многолетние высокорослые формы, как правило, позднеспелые и кустистые.

Исследовательская работа с каяном индийским была начата еще в 1917 г. Методом индивидуального отбора растений из местных популяций или путем ограниченной гибридизации были выведены такие сорта, как RG-37, RG-72 (A. P.), S. A.1 (T. N.), Vijapur-49, T-15-15 (Gujarat), Thogari-2 (Mysore), Тип-7, Тип-17 (U. P.), B-7 (Западная Бенгалия), N-84 и N-148 (Maharashtra) и Gwalior-3 (M. P.).

Фузариоз, вызываемый грибом *Fusarium udum*,— серьезное заболевание каяна индийского. В результате селекции на устойчивость к этому заболеванию было выведено несколько резистентных сортов, например NP (WR) 15, C-11, C-36, F-18 и F-52. При выращивании в различных агроклиматических районах страны эти сорта показали 80—100%-ную устойчивость к увяданию. Промышленные сорта характеризуются длительным вегетационным периодом (180—300 дней) и чувствительностью к заморозкам, которые обычны в северо-запад-

Таблица 2.3. Характеристика скороспелых сортов каяна индийского

Сорт	Период вегетации, дни	Содержание белка, %	Урожайность, кг/га	Урожайность, кг/день	Белок, кг/га	Белок, кг/день
S-3	165	21,12	1538	9,3	324,82	1,96
S-5 (Ageti)	150	20,75	1625	10,8	335,17	2,23
S-8 (Sharda)	140	20,68	1682	12,0	347,83	2,48
R-60 (Mukta)	170	21,30	1435	8,4	305,65	1,70
T-21	150	20,30	1260	8,4	255,78	1,50

Таблица 2.4. Содержание метионина и серы в зерне некоторых сортов каяна индийского

Сорт	Метионин, мг/г	Сера, мг/г
P. 2780	3,00	1,30
P. 3758	2,40	2,50
P. 4768	2,20	2,90
P. 4415	2,60	1,90
P. 4657	2,30	1,72
R. 24	2,05	1,92
S. 32	2,05	1,32
S. 34	2,03	1,72
Промышленные сорта		
T-21	1,33	1,52
C. 11	1,80	1,70
N. 84	1,55	1,50
T-15-15	1,60	1,50

ных областях страны. Поэтому была начата селекционная работа по выведению скороспелых сортов, которые могли бы избежать заморозков. В результате были выведены такие раннеспелые сорта, как T-21, S-3, S-5, S-8 и R-60, которые вызревали за 120—170 дней. Из них S-8 и R-60, проявившие устойчивость к стеблевой гнили и увяданию соответственно, были использованы как доноры в последующих селекционных программах. Важнейшие характеристики некоторых скороспелых сортов каяна индийского представлены в таблице 2.3.

Селекционный материал, которым располагают исследователи, характеризуется большим разнообразием в содержании метионина и серосодержащих веществ, что будет использовано в будущих селекционных программах (см. табл. 2.4).

ГРУППА PHASEOLUS

Маш, или золотистая фасоль (*Phaseolus aureus*)

Исследовательская работа по улучшению маша была начата в Индии в 1925 г. с большой коллекцией образцов семян, собранных в различных районах страны, а также привезенных из Бирмы. В результате отбора чистых линий из местного материала было получено несколько перспективных сортов, таких, как GG-127, GG-188, Krishna-11, Khargone-1, Co.1, Korergaon, NP-23 и Jalgaon 781. Поскольку промышленные сорта маша характеризуются кустистостью, а также неодновременным и поздним созреванием, селекционная работа была направлена на выведение скороспелых типов, подобных T-1, Krishna-11, Khargone-1 (зеленосеменной) и B-1 (золотистосеменной) с периодом вегетации 60—80 дней. В результате выполнения селекционной программы, включавшей гибридизацию и повторный отбор, были выведены такие перспективные сорта маша, как T-2, T-44, T-51, Jawahar-45, R. S.4 и Gujarat-1. Селекционные программы, направленные на поиск растения идеального типа — прямостоячего с одновременным созреванием плодов, — привели к созданию сорта «Pusa Baisakhi». Дальнейшая селекционная работа закончилась выведением высокоурожайных, фотопериодически нейтральных и скороспелых сортов — S-8, S-9 и H-17-60. Они оказались подходящими для выращивания как де-

том, так и в период дождей и были рекомендованы для использования в различных программах по всей стране, предусматривающих многократную смену культур в течение одного вегетационного периода.

Маш чувствителен к комплексу вирусных и грибных заболеваний. Были выделены ценные генетические источники устойчивости к комплексу вирусных болезней, например L249, L355 и L661, а также сорта MG-32, MG-51, устойчивые к церкоспорозу листьев, которые использовались в качестве доноров.

Урд, или фасоль мунго (*Phaseolus mungo*)

Первые попытки улучшить урд были предприняты в 1925 г., когда из местных источников были выделены 125 линий. Систематическое улучшение урда было начато в 1943 г. В результате было выведено несколько перспективных сортов, пригодных для выращивания как в засушливых районах (к ним относятся, например, сорта BG-379, B.R.61, Mash-48, Mash 35-5, Khargone-3, T-27, T-65 Sindh Kheda 1-1), так и во влажных районах (например ADT-1).

В последующей селекционной программе главное внимание было уделено выведению скороспелых сортов, устойчивых к вирусу желтой мозаики. Некоторые линии зародышевой плазмы, а именно L-20, L-151 и L-190, оказались лучшими источниками генов устойчивости к комплексу болезней. Были выведены сорта Pusa Selection-1 (Kamali) путем скрещивания линий T-9 × L-151 и U.P.U.1, полученный методом повторного отбора из T-9; они отличались ранним созреванием и высокой устойчивостью к болезням. В таблице 2.5 представлены данные об урожайности и содержании белка в зерне некоторых высокопродуктивных сортов урда.

Как можно видеть из данных таблицы 2.6, новый селекционный материал характеризуется также большой вариабельностью в содержании метионина и серы. Он будет использован в будущих селекционных программах.

Фасоль аконитолистная (*Phaseolus acontifolius*)

Селекционная программа по этой культуре была начата в 1943 г., по всей стране было собрано 150 коллекций. Путем индивидуального отбора растений были выделе-

Таблица 2.5. Урожайность и содержание белка в зерне высокопродуктивных сортов урда

Сорт	Период вегетации, дни	Содержание белка, %	Урожайность, кг/га	Урожайность, кг/день	Белок, кг/га	Белок, кг/день
Pusa Sel. 1	80	27,0	1250	15,6	337,5	4,2
T-9	75	27,6	900	12,0	248,4	3,7
T-27	100	27,0	632	6,3	170,64	1,7

Таблица 2.6. Содержание метионина и серы в зерне некоторых сортов урда

Сорт	Метионин, мг/г	Сера, мг/г
Новые сорта		
S. 1	4,50	1,20
S. 18	4,30	2,30
S. 137	4,60	1,30
S. 307-1-2	4,90	2,00
S. 302-2-4	4,90	2,50
S. 309-3-5	4,60	2,30
S. 253-1-2	4,60	3,00
S. 282-3-6	4,50	2,20
Промышленные сорта		
Mash-35-5	2,50	1,73
Mash-48	3,00	1,73
T-9	2,65	2,65
B. R. 61	3,50	2,20

ны два зерновых типа (В-15 и В-18) и один (Т-3) с ценными кормовыми свойствами. Затем был идентифицирован еще более ценный зерновой тип (сорт № 88), созревающий за 120 дней. Урожайность этих линий выше, чем у остальных, на 10—15%, но сортов, устойчивых к болезням, выведено не было. В последующих селекционных программах на первое место выдвигаются вопросы устойчивости к болезням и улучшения качества.

БОБЫ РОДА *DOLICHOS*

В Индии обычно культивируют два главных вида *Dolichos*. Один — *Dolichos lablab*, известный под названием лобия, или гиацинтовые бобы, а другой — *Dolichos biflorus*, называемый долихосом двуцветковым.

Лобия (*Dolichos lablab*)

Исследовательская работа по улучшению бобов лобия была направлена на выведение засухоустойчивых высокоурожайных типов с хорошим качеством бобов. Некоторые сорта, например СО. 1, СО. 5 и СО. 6, показали широкую приспособляемость и были рекомендованы для чередования с позднеспелым рисом в районах с мягкими зимами.

Долихос двуцветковый (*Dolichos biflorus*)

Для улучшения долихоса двуцветкового сделано очень мало. Однако в результате индивидуального отбора растений из местных источников выведены сорта, урожайность которых на 15—20% выше, чем у исходных сортов. Некоторые из них, такие, как BGM 1-1, № 35, D. B. 7, были признаны перспективными. Сорт BGM-1 проявил высокую устойчивость к вирусным заболеваниям.

КОРОВИЙ ГОРОХ

Селекционная программа, направленная на улучшение этой культуры (*Vigna sinensis*), начата в 1940 г. За это время был получен ряд зерновых, кормовых и овощных сортов, главным образом из коллекций, собранных внутри страны или за рубежом. Из сортов зернового ти-

Таблица 2.7. Характеристика некоторых сортов коровьего гороха

Сорт	Источник происхождения	Период вегетации, дни	Урожайность, кг/га	Содержание белка, %	Содержание метионина, мг/га
C-10	T-2 × Black eye	74	1550	25,1	1,6
C-13	T-2 × Black eye	65	1240	28,3	1,5
C-19	T-2 × Black eye	70	1650	26,5	1,4
C-20	T-2 × P-709	80	1750	27,5	1,6
C-152	T-2 × P-709	75	1810	26,8	1,3
FS-68	Naryana	80	1180	26,5	1,6
Промышленные сорта					
K-11	M. P	80	850	24,0	1,2
T-2	U. P.	120	948	25,2	1,0

па упомянем N. P. 2, N. P. 7, C-32, T-1, K-11, K-14, из кормовых — Русский гигант, T-2, K-782, K-397, C-55, C-322, из сортов овощного типа — Pusa Phalguni, Pusa Barsati, Pusa Dofasli и FS-68.

Так как все сорта зернового типа оказались низкопродуктивными и позднеспелыми, селекционная программа была перестроена на выведение скороспелых, высокоурожайных и устойчивых к болезням сортов. Ряд сортов, такие, как C-10, C-13, C-19, C-20 и C-152, удачно сочетали скороспелость с другими хозяйственноценными признаками (см. табл. 2.7). Некоторые линии (C-13, C-20 и C-152) проявляют высокую устойчивость к вирусным и бактериальным болезням. Несколько линий (№ 585, № 700 и № 782) устойчивы к *Microphomina phaseolia*.

ГОРОХ

Различают два основных типа культурного гороха (*Pisum sativum*): огородный горох с крупными гладкими или морщинистыми семенами и полевые горохи с мелкими круглыми или покрытыми мелкими вдавлениями семенами. Первый тип используют в качестве столового сорта, а второй культивируют как кормовой и применяют в целом или измельченном виде.

Огородный горох

Селекционная программа по огородному гороху была начата в тридцатые годы Индийским сельскохозяйственным научно-исследовательским институтом. Путем индивидуального отбора растений был получен сорт NP-29 средней высоты с морщинистыми семенами, который до сих пор выращивают в стране благодаря его свойствам. В это же время в северных районах Индии рекомендовались для повсеместного культивирования сорт Нага Ваипа с зелеными семенами и сорт Лускпур Ропиуа с белыми круглыми семенами. В центральной Индии, где зимы относительно короткие, более популярен сорт Кхараг Kheda. Для возделывания в умеренно теплых районах около Гималаев был рекомендован сорт, известный под названием Kala Nagini, или Капавари с гладкими белыми семенами. В последние годы

дополнительно были введены для повсеместного культивирования несколько сортов — Early Badger, Boneville и Perfection, отличающиеся крупными бобами.

Полевые горохи

В различных агроклиматических районах страны выращивают несколько типов полевого гороха. Высокоурожайный сорт, Тип 163, с белыми сильноовдавленными семенами был выведен в 1950 г. В последующей селекционной программе путем гибридизации были получены сорта T.6113 и T.6115. Несколько типов BR-2 и BR-18 с более светлыми семенами оказались пригодными для равнин штата Бихар, а BR-178 — для холмистых районов.

Большие потери урожая вызывают листовая мольмина и мучнистая роса. Были найдены генетические источники устойчивости к ним, а селекционные программы перестроены на получение высокоурожайных, устойчивых к болезням сортов гороха.

ЧЕЧЕВИЦА

Сортовое улучшение этого вида *Lens esculentus* было начато в Индии в 1924 г. путем сбора смешанных образцов, закупленных на рынках по всей стране. Из смешанных популяций методом индивидуального отбора было выведено 66 типов. Некоторые из этих сортов, например N. P. 11, N. P. 47 (IARI), T-36, T-8 (U. P.), L-9-12 (Punjab) и B. R. 25 (Bihar), являются перспективными. Обычно в Индии в одной ротации чередуют рис и чечевицу. Была начата селекционная программа по выведению скороспелых высокоурожайных сортов, пригодных для позднего посева во влажную тяжелую

Таблица 2.8. Урожайность скороспелых сортов чечевицы

Сорт	Вегетационный период, дни	Рассчитанный урожай, кг/га	Урожайность, кг/день
Pusa-1	70	1840,00	26,3
Pusa-4	74	1717,80	23,2
Pusa-6	72	1892,00	26,3
Промышленные сорта			
L-9-12(Punjab)	110	1825,00	16,5
T-36(U.P.)	94	1743,00	18,5

почву. Ряд таких скороспелых сортов, необходимых для поздних посевов, были выведены; они перечислены в таблице 2.8.

Чечевица чувствительна к ржавчине и увяданию. Были выделены генетические источники устойчивости, которые использовались в селекционных программах для получения скороспелых высокоурожайных, устойчивых к болезням сортов.

ЧИНА ПОСЕВНАЯ

Потребление больших количеств этой бобовой культуры (*Lathyrus sativus*) вызывает заболевание — латиризм, которое обусловлено присутствием в ней β -N-оксалиламиноаланина (β -ОАА). Чина засухоустойчива, выдерживает избыточное увлажнение и пониженные температуры. Поэтому в районах, находящихся под влиянием муссонов, фермеры предпочитают ее выращивать.

Обычно возделывают две формы чины: мелкозерную и крупнозерную. В 1940—1960 гг. целью улучшения чины было увеличение урожайности путем индивидуального отбора растений из местных источников. Было выведено несколько сортов для повсеместного возделывания (T2-12, L. C. 76, Rewa-1, Rewa-2). Однако главная проблема — болезнь латиризм — не была решена. Попытки правительства убедить фермеров отказаться от возделывания этой культуры не имели успеха.

Т а б л и ц а 2.9. Урожайность, содержание белка и нейротоксина в некоторых сортах чины посевной

Сорт	Урожайность, кг/га	Содержание белка, %	Содержание нейротоксина, %
Новые линии			
Pusa 10-1	683,2	22,56	0,18
Pusa 24	664,5	21,65	0,19
Pusa 396	748,3	21,12	0,14
Pusa 648	569,5	26,19	0,22
Pusa 719	475,8	23,25	0,20
Промышленные сорта			
T-12	403,6	22,32	1,28
L.C. 76	658,4	23,00	1,65
Rewa-1	728,8	23,00	0,98

В 1966—1967 гг. Индийский сельскохозяйственный научно-исследовательский институт начал осуществлять селекционную программу по идентификации источников с низким содержанием β -ОАА и выведению высокоурожайных сортов, свободных от β -ОАА. Так было получено несколько линий, характеризующихся низким уровнем содержания нейротоксина (β -ОАА). В таблице 2.9 представлены уровни нейротоксина и урожайность некоторых линий чины, которые, по-видимому, весьма перспективны и безопасны для населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. New vistas in pulse production. Indian Agricultural Research Institute Bulletin. No. 4, New Delhi, 1971.
2. Nutritional improvement of food legumes by breeding. Protein Advisory Group of the UN, New York, 1973.

3. ПИЩЕВЫЕ СЕМЕНА ВТОРОСТЕПЕННЫХ КУЛЬТУР

Д. А. В. Денди, Б. Эмметт, О. Л. Оке

В этой главе рассматривается только восемнадцать из многих сотен видов семян, используемых в пищу. Большая часть этих семян представляет только местный интерес, но все они, и в особенности квиноа*, могли бы стать важными источниками белка во всем мире. Хотя многие традиционно возделываемые культуры уже вытеснены или вытесняются завоевавшими широкую популярность зерновыми или бобовыми культурами, останутся районы, где они по-прежнему будут играть важную роль в питании человека. Если бы эти культуры изучались столь же интенсивно, как зерновые и бобовые, их урожай, вероятно, возросли бы. Это утверждение особенно справедливо для тех видов, которые уже приспособились к экстремальным климатическим условиям, таким, как большая высота над уровнем моря, избыточное или недостаточное количество осадков и т. д., а также для таких растений, как квиноа, семена которых по питательной ценности превосходят семена широко известных зерновых культур.

* Один из видов мари (*Chenopodium*).—Прим. ред.

БАМБАРСКИЙ ЗЕМЛЯНОЙ ОРЕХ, ИЛИ ВОАНДЗЕЯ ПОДЗЕМНАЯ

Бамбарский земляной орех (*Voandzeia subterranea*) произрастает в Западной Африке [12], предпочитает легкие почвы, теплый или жаркий климат с осадками в период роста, но без них во время уборки. Vegetационный период 100—180 дней. Семена высевают с интервалом 30—45 см, ширина междурядий 15—54 см, норма посева 35—60 кг/га. Собирают по 300—800 кг с 1 га [7]. Бамбарский земляной орех характеризуется следующими химическими свойствами: влажность—10%, содержание белка—21,1%, углеводов—53,5%, жиров—6,5%. Содержит много лизина (6,4 г/16 г N) (О. Л. Оке, личное сообщение) и довольно много других аминокислот.

ГРЕЧИХА

Гречиха (*Fagopyrum* spp.) — представитель семейства Polygonaceae, выращивается в США, СССР, Канаде и Африке, но лучше всего растет в районах с довольно прохладным и влажным климатом. С экономической точки зрения основными видами являются *F. esculentum*, *F. tataricum* и *F. emarginatum*. Существует много сортов *F. esculentum*. Они растут на неплодородной почве, но предпочитают песчаную, хорошо дренированную почву и обладают большой устойчивостью к кислотности. Гречиха очень чувствительна к холоду и погибает при слабых заморозках. В холодных районах она созревает за 70—84 дня. Семена либо разбрасывают, либо высаживают рядками на расстоянии 2,5—5 см друг от друга с междурядьями 17,5—38 см, норма посева составляет 25—40 кг/га. Средняя урожайность 10 ц/га, но при очень благоприятных условиях может достигать 38—40 ц/га [7]. Влажность семян гречихи 13,0%, а содержание белка 12,0%, что близко к аналогичным показателям семян некоторых пшениц. В 100 граммах пригодного в пищу продукта содержатся следы витамина А, 0,3 мг витамина В₁ и 0,3 мг витамина В₂, 30 мг кальция и 3,0 мг железа. В семенах содержится около 71,0% углеводов и 2,0% жира [14]. На долю аминокислот приходится 79% общего азота. В зерне гречихи есть все незаменимые аминокислоты [17].

РОЖКОВОЕ ДЕРЕВО

Это растение (*Ceratonia siliqua*) произрастает в субтропиках, на юге США, на Кипре, в Австралии и Южной Африке. Через 3—4 года после посадки привитых деревьев урожай составляет 480 кг с дерева, или 80 ц/га. На Кипре из эндосперма плодов рожкового дерева получают камедь. Она содержит 60% белка и используется в пищевой промышленности. Бобы содержат 21% белка и довольно мало жира—1,5% [4, 5]; на долю белкового азота приходится 92% общего азота [17].

Маревые (*Chenopodiaceae*), в частности *C. quinoa* и *C. pallidicaule*

Хотя маревые широко распространены во всем мире и их используют во всех странах Южной и Северной Америки, они являются основным продуктом питания только в районе Альтиплано в Андах, где их начали культивировать еще до возникновения империи инков. Наиболее важны два вида: квиноа (*Chenopodium quinoa*) и канигуа (*C. pallidicaule*). Эти травянистые однолетние растения, достигающие высоты 1,2—1,8 м, культивируют главным образом в Перу, Боливии и Аргентине. Лучше всего они растут на высоте 1500—3600 м над уровнем моря. *C. pallidicaule* может расти на большей высоте, чем *C. quinoa*, так как ее вегетационный период (135—145 дней) короче, чем у квиноа (165—172 дня). Оба вида выдерживают незначительные заморозки и дают хорошие урожаи при выпадении всего лишь 300 мм осадков, но молодые растения чувствительны к сильной засухе и заморозкам. Они адаптировались в широком диапазоне почв, но предпочитают почвы, богатые известью, калием и магнием. Эти виды устойчивы к засолению, поэтому распространены там, где другие зерновые культуры растут плохо [7].

Подсчитано, что 5000 га, или 1/6 всей посевной площади, в Альтиплано занято квиноа. Урожайность варьирует от 3,5 до 8 ц/га, но в экспериментальных посевах достигает 40 ц/га [6, 18]. Подсчитано, что только в Перу ежегодное производство квиноа составляет 4000 т и канигуа—10 000 т [18]. Семена собранных растений обмолачивают, а так как они очень малы (1—2 мм в диаметре) и имеют неправильную форму, механизации это-

го процесса не уделялось много внимания. Культура выращивается главным образом крестьянами и является их основной пищей, но ее значение в питании городского населения уменьшилось по сравнению с 1840 г., когда президент Боливии предоставил фермерам, выращивающим квиноа, субсидии, чтобы превратить ее в товарную культуру. По-видимому, горожане до сих пор употребляют жидкую кашу из квиноа в качестве лечебного средства (Д. Ф. Риджвей, *личное сообщение*).

Семена маревых содержат ядовитое растворимое в воде вещество — сапонин, которое, однако, можно из них удалить, если перед употреблением в пищу промыть семена в воде или поджарить. Семена квиноа содержат около 12% белка ($N \times 6,25$), 5% жира и 60% крахмала, а канигуа — 14, 4 и 52% соответственно [19, 18, 16, 3]. Белок этих семян отличается высоким качеством и содержит у квиноа 7 г лизина/16 г N (а у канигуа 6 г/16 г N) [18]. В отличие от зерновых культур у маревых крахмал накапливается в перисперме и по физическим свойствам напоминает крахмал кукурузы. Семена маревых почти так же богаты витаминами, как семена лучших зерновых культур, например в 100 г семян содержится 9,6 мг никотиновой кислоты (витамин PP) [6, 13].

Анализ питательных свойств показывает, что при правильном вымывании сапонинов водой семена маревых становятся ценным источником белка. В опытах, проведенных на крысах, было показано, что семена квиноа и канигуа превосходят по своей питательной ценности семена пшеницы и равноценны (если не превосходят) сухому цельному молоку [18].

Трудности, связанные с удалением сапонины, ограничивают возможность применения семян квиноа в качестве добавки в пшеничную муку. По-видимому, достаточно хороший хлеб можно испечь из муки, приготовленной из смеси зерна сильной пшеницы и семян квиноа (до 20%). Работа в этом направлении должна быть продолжена. Семена маревых используют также в качестве корма для домашней птицы.

В последнее время вызывают интерес и другие представители семейства маревых, такие, как курай, или солянка русская (*Salsola kali**), кохия веничная (*Kochia*

* В отечественной ботанической литературе принято другое видовое название *S. ruthenica* Пупин.— *Прим. пер.*

scoparia) и садовая лебеда (*Atriplex hortensis*). Рассматривается возможность использования семян этих культур для кормления домашней птицы, изучается их питательная ценность, но ни одна из них не возделывается как источник пищи для человека [2, 11].

Учитывая то, что маревые не только обладают высокой питательной ценностью, но и могут расти в ползучих районах высокогорий, следует поощрять выращивание этих культур и проведение селекционной работы по выведению высокоурожайных сортов.

ВИГНА

Вигна (*Vigna* spp.) выращивается на юге США и в Китае [12]. Культура чувствительна к морозам и может расти на различных, не имеющих щелочной реакции почвах. Семена высаживают на расстоянии 45×45 см друг от друга, норма посева 30—60 кг/га. Культура созревает за 3 месяца. Урожайность 5—8 ц/га, хотя у некоторых улучшенных сортов она достигает 10—15 ц/га [7].

Семена содержат много белка и углеводов — 22 и 66% соответственно, 1,5% жира, 100 мг кальция и 22 мг железа в 100 г семян [14]. На долю аминокислот приходится 80% общего азота. Для семян характерно высокое содержание лизина и фенилаланина — 6,4 и 6,0 г/16 г N соответственно [17].

ТЫКВЕННЫЕ

Тыквенные широко распространены в зонах жаркого умеренного и сухого тропического климата. Они предпочитают хорошо дренируемые плодородные почвы в районах с равномерно выпадающими осадками. Созревают за 90—120 дней. Они чувствительны к заморозкам, но выдерживают холодную влажную погоду; большинство видов чувствительно к чрезмерной жаре. Для предотвращения заболеваний, передаваемых через почву, тыквенные необходимо ежегодно чередовать в севообороте с другими культурами. Норма посева обычно составляет 3—5 кг/га [7]. Три вида тыквенных возделывают отчасти благодаря их съедобным семенам, однако у многих других видов используют в пищу не только семена, но и мякоть плодов. Урожай семян колеблется от 3 до 30 ц/га.

Семена содержат около 35% белка (в пересчете на массу сухого вещества) и до 50% жира, богатого ненасыщенными жирными кислотами [10].

Тыква (*Cucurbita pepo*)

В Западной Африке, чтобы выделить семена из плодов, их разбивают и оставляют в воде [7]. Семена содержат около 27,9% белка, их варят и используют в пищу. Собирают по 600—800 кг семян с 1 га.

Арбуз (*Citrullus vulgaris*)

Выращивается в Индии, Африке и в некоторых засушливых районах Азии. Семена содержат около 32% белка. Урожай семян составляет 110—220 кг/га. Их размалывают и используют как приправу к супам или варят вместе с овощами.

Семена тельфайрии западной (*Telfairia occidentalis*)

Произрастает в Западной Африке, семена содержат около 28% белка. Их используют в пищу, подвергнув такой же кулинарной обработке, как семена хлебного дерева или грецкого ореха, а также размалывают и добавляют в супы.

КЕРСТИНГЭЛА ЗЕМЛЕПЛОДНАЯ

Kerstingiella geocarpa — представитель семейства бобовых, произрастает в сухих районах Западной Африки на легких суглинках или на песчаных почвах [12]. Данных об урожайности этой культуры нет, но предполагают, что она низкоурожайна [9]. Созревает за 4—5 месяцев. Зерна содержат 20,5% белка, их отваривают, солят и употребляют в пищу с жиром масляного дерева. Семена содержат много жира (58,0%) и довольно много лизина (6,6/16 г N), но мало триптофана (0,8 г/16 г N) (О. Л. Оке, личное сообщение).

ЛЮПИН

Этот представитель бобовых (*Lupinus spp.*) растет в Европе, Северной Африке, Западной Австралии, Перу, Боливии и США. Он предпочитает прохладную погоду с

годовым количеством осадков около 900 мм и умеренно плодородную легкую почву. Люпин может расти высоко над уровнем моря, например *L. luteus*, на высоте 3300 м. Период вегетации 100—160 дней. Семена высевают на расстоянии 60—90 см, норма посева 60—160 кг/га, в зависимости от сорта [7]. В семенах различных сортов люпина содержится 35—40% белка и 6—12% жира.

По данным ван Итена и др. [17], семена *L. luteus* содержат много тирозина и аргинина (7,0 и 13,9 г/16 г N соответственно), но мало фенилаланина (3,6 г/16 г N), метионина (0,5 г/16 г N) и треонина (2,9 г/16 г N). По данным ФАО, в 1961 г. был зарегистрирован урожай 8—10 ц/га, но недавно в Испании был собран гораздо более высокий урожай. Семена люпина размалывают в муку, которая в настоящее время используется только на корм скоту.

ГВИЗОЦИЯ АБИССИНСКАЯ, ИЛИ МАСЛИЧНЫЙ НУГ

Масличный нуг (*Guizotia abyssinica*), обычно называемый абиссинским подсолнечником [1], широко распространен в Индии и Эфиопии, растет также в Восточной Африке и Западной Индии. Он требует умеренного количества осадков, не превышающего 1000 мм в год, растет на высоте до 2000 м над уровнем моря и на разных почвах. В течение первых двух месяцев после посева чувствителен к влажности и плодоносит через 3¼—5 месяцев. Нуг высевают вразброс из расчета 10 кг/га или рядовым способом (норма посева 5 кг/га, ширина междурядий 46 см). Урожай семян варьируют в разных странах: 300—400 кг/га в Индии и Эфиопии и 600 кг/га в Кении [7]. Влажность семян 6,2%, они содержат 17% белка, 17% жира, 37% углеводов [14] и небольшое количество лизина и метионина (4,4 и 1,5 г/16 г N соответственно); показатель использования белка (ПИБ) равен 1,5 (О. Л. Оке, личное сообщение). Содержание в семенах минеральных веществ зависит от района произрастания культуры.

ТЕОСИНТЕ

Теосинте мексиканское (*Euchlaena mexicana*) может расти в районах, где выпадает от 600 до 1800 мм осадков. Семена высевают рядками, ширина междурядий 60 см, норма посева 25—30 кг/га, а урожай достигают 12 ц/га [7]. Семена содержат 11,0% воды, 14,0% белка,

3% жира, 62% углеводов и следы витаминов [14]. На долю аминокислот приходится 72% общего азота. В семенах мало лизина и аргинина (1,7 и 3,3 г/16 г N соответственно), но много лейцина (13,7 г/16 г N) [17].

БОБЫ ЗАПАДНО-АФРИКАНСКОЙ ПАРКИИ

Паркию (*Parkia filicoidea*) выращивают в Северной Нигерии и Юго-Восточной Азии. Влажность семян 10%, они содержат 30% белка и 20% жира, богаты лизином (7,4 г/16 г N) и лейцином (8 г/16 г N), но бедны метионином (1 г/16 г N). После брожения, высушивания и смешивания с древесной золой конечный продукт используется в пищу как приправа к различным блюдам (О. Л. Оке, личное сообщение).

ПСОФОКАРПУС

Псофокарпус четырехугольный (*Psophocarpus tetragonolobus*) — бобовое растение, произрастающее в Западной Африке и тропических районах Азии. Семена высевают на расстоянии 2×260 см, бобы созревают через 45 дней после оплодотворения. Урожайность около 2,9 ц/га. Семена псофокарпуса являются хорошим источником белка (37,3%) и содержат 18,0% жира. Незрелые плоды используют в суп, зрелые поджаривают [15].

СФЕНОСТИЛИС

Родиной сфеностилиса узкоплодного (*Sphenostylis stenocarpa*) является Эфиопия, но он распространен во многих районах тропической и экваториальной Африки [9]. Семена содержат около 19,2% белка, 11% жира, около 67,4% углеводов и 55 мг кальция в 100 г вещества. В них имеется достаточное количество всех незаменимых аминокислот и очень высок уровень содержания лизина — 6,8 г/16 г N (О. Л. Оке, личное сообщение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chavan V. M. 1961. *Niger and safflower*. Examiner Press, Bombay.
2. Coxworth E. C. M., Ball J. M., Ashford R. 1969. Preliminary evaluation of Russian thistle, kochia and garden atriplex. *Canadian Journal of Plant Science*, 49, 427—434.

3. de Bruin A. 1964. Investigation of the food value of quinoa and canihua. *Journal of Food Science*, 29, 872—876.
4. Douglas S. J. 1972a. Tree crops for food, forage and cash. Part I. *World Crops*, 24, 15—19.
5. Douglas S. J. 1972b. Tree crops for food, forage and cash. Part 2. *World Crops*, 24, 86—89, 97.
6. FAO. 1950. *Agriculture in the Altiplano of Bolivia*. FAO Development Paper No. 4. FAO, Washington.
7. FAO. 1961. *Agricultural and horticultural seeds*. FAO Agricultural Studies No. 55. FAO, Rome.
8. FAO/USDHW. 1968. Food composition tables for use in Africa. FAO, Washington.
9. Irvine F. R. 1969. *West African crops*, vol. 2. Oxford University Press, London.
10. Jacks T. J., Hensarling T. P., Yatsu L. Y. 1972. *Economic botany*, 26, 135—141.
11. Larmour R. K., MacEwan J. W. G. 1938. The chemical composition of Russian thistle. *Journal of Scientific Agriculture*, 18, 695—699.
12. Masfield G. B., Harrison S. G., Wallis M. 1969. Oxford book of food plants. Oxford University Press, London.
13. Mazzocco P. 1934. Vitaminas de la quinoa. *Sociedad Argentina de Biología*, 10, 367.
14. Platt B. S. 1962. *Tables of representative values of foods used in tropical countries*. HMSO, London.
15. Pospisil F., Karikari S. K., Boamah-Mensah E. 1971. Investigations of winged beans in Ghana. *World Crops*, 23, 5.
16. Quiros-Perez F., Elvehjem C. A. 1957. Nutritive value of quinoa proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5, 538.
17. Van Ethen C. H., Miller R. W., Wolff I. A. 1963. Amino acid composition of seeds from 200 angiospermous plant species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11, 399—410.
18. White P. L., Alvistur E., Dias C., Viñas E., White H. S., Collazos C. 1955. Nutrient content and protein quality of quinoa and canihua. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3, 531.
19. Wolfe M. J., MacMasters M. M., Rist C. E. 1960. Some characteristics of the starches of three South American seeds. *Cereal Chemistry*, 27, 219.

4. ОВОЩИ

Ф. В. Шеферд

В настоящей главе мы будем называть овощами растения или части растений, которые не являются зрелыми плодами и семенами и употребляются человеком в пищу после кулинарной обработки, а салатами — эти же растения или их части, но используемые в пищу в сыром ви-

де. Даже при таком ограничении число видов, о которых здесь могла бы идти речь, огромно. Однако вследствие недостатка количественных данных нам придется ограничиться лишь небольшим числом видов. Чрезвычайно редки публикации, на основе которых можно было бы подсчитать количество пищевого белка, производимого на 1 га за день или за год. Этот факт вызывает законное недоумение, так как подобные подсчеты сделаны для большинства других культур, а в овощах, как известно, содержится почти такое же количество белка, как в рыбе, и, кроме того, их продуктивность исключительно высока.

В некоторых экспериментах ежегодный сбор белка достигал 7 т/га. Это значительно превышает количество белка, получаемое в любой другой отрасли сельского хозяйства, поэтому производство овощей заслуживает большей рекламы и детального исследования.

В этой главе обсуждается возможность использования овощей в качестве источников белка. Чаще всего их рассматривают как источник витаминов и минеральных солей, и как поставщики этих соединений они, вероятно, играют наиболее важную роль в питании детей. Объем желудка у ребенка невелик, поэтому он может съесть только такое количество зелени, которое содержит 1—2 г белка, однако при этом он полностью удовлетворяет свою потребность в каротине (провитамине А). К сожалению, переход на промышленное производство овощей влечет за собой длительные перевозки и предварительную обработку овощей путем нагревания, высушивания или замораживания, в результате чего витамины в большей или меньшей степени разрушаются.

В целом в настоящее время человек использует в пищу меньше видов овощных растений, чем это было в прошлом. В большинстве стран время, когда собираемые дикорастущие растения составляли существенную часть продуктов питания или использовались как приправа к невкусной и однообразной пище, давно прошло, хотя в некоторых сельских общинах их все еще употребляют в незначительных количествах в пищу. Следующая стадия в использовании овощей — огородничество, или выращивание их в малых масштабах для местного потребления, также быстро проходит. Частично это обусловлено тем, что в странах, где оба супруга работают, обычно налажено массовое производство продуктов об-

щественного питания и увеличивается спрос на переработанные овощи или овощные полуфабрикаты, а также на другие продукты питания. Проблемы транспортировки и торговли такими частично переработанными овощами были решены лишь для относительно небольшого числа овощных культур. Производство этих овощей увеличивается, тогда как многих других падает. По такому промышленному пути развивается производство гороха и фасоли, которые поставляются потребителю в высушенном, замороженном или консервированном виде. Производство и переработка других овощей, таких, как некоторые виды капусты и шпината, требуют больших затрат, поэтому они стоят дороже и становятся все менее доступными. В то же время сокращение ресурсов рабочей силы в развитых странах привело к необходимости механизации процессов выращивания и уборки сельскохозяйственных культур. Только те культуры, производство которых можно осуществлять промышленными методами, вероятно, окажутся экономически жизнеспособными, тогда как культуры, производство которых с трудом поддается механизации, требуют все больших затрат, цены на них растут, а спрос падает.

В развитых странах утрата этих культур в настоящее время может не оказать существенного влияния на обеспечение населения продуктами питания, но в развивающихся странах это может иметь серьезные последствия. Хотя в целом овощи являются далеко не основным источником белка (они дают только около 4% потребляемого в мире белка) и их главную ценность составляют содержащиеся в них минеральные соли и витамины, в некоторых районах их роль в обеспечении населения белком очень велика. Об этом свидетельствуют следующие данные о количестве белка овощей промышленного выращивания, приходящемся на душу населения в сутки.

Португалия	7,8	Цейлон*	2,0
Италия	5,1	Дания	1,7
Япония	5,1	Нигерия	1,1
Франция	5,0	Гватемала	1,0
США	3,8	Бразилия	0,5
Израиль	3,7	Мексика	0,4
Чили	3,3	Венесуэла	0,2
Великобритания	2,6	Индия	0,1

* В настоящее время Республика Шри-Ланка. — Прим. ред.

Следует отметить, что приведенные цифры несколько занижены, так как при расчетах не учитывалось производство овощей в личных хозяйствах, однако они дают некоторое представление о потреблении овощей в указанных странах. Из того факта, что овощи играют незначительную роль в обеспечении потребностей населения той или иной страны в белках, вовсе не следует, что оно восполняет белковый дефицит за счет животного белка. В некоторых странах, таких, как Индия, население испытывает недостаток как в овощах, так и в животном белке.

С другой стороны, в Великобритании и США используют в пищу много овощей, но столь же велико потребление белка животного происхождения. К сожалению, во многих странах сокращается не только производство и потребление овощей, но и их ассортимент. Кроме того, недостаточное внимание уделяется научным исследованиям, посвященным производству овощей. Маловероятно, что экономические и социальные условия, которые вызвали в развитых странах увеличение производства одних овощей и уменьшение потребления других, внезапно изменятся и что это в короткие сроки окажет серьезное воздействие на питание и здоровье населения этих стран. Однако оно уже проявляет недовольство бедностью ассортимента имеющихся в продаже овощей и полуфабрикатов, что ведет к росту спроса на редкие овощи. В результате в Европе наблюдается возрастание импорта овощей из стран с теплым климатом, а в Северной Америке — возврат к выращиванию на огородах тех овощных культур, которые не возделываются в промышленных масштабах.

В относительно слаборазвитых странах, где недостаток овощей может привести к очень серьезным последствиям, обычно разворачивается работа по выявлению потенциальных возможностей новых культур, по повышению урожайности и питательной ценности традиционных для данной страны культур, по пропаганде новых сортов, хорошо проявивших себя при испытаниях в местных условиях. В таблице 4.1 приведены данные по урожайности и питательной ценности некоторых овощных культур. Однако следует подчеркнуть, что в этой области необходимы исследования, направленные на изучение всех аспектов производства и обработки местных культур.

Таблица 4.1

Латинское название	Общепринятое название	Период вегетации, недели	Съедобная часть	Сбор сырого вещества, т/га	Сухое вещество съедобной части, %	Белок, % от сухого вещества	Скорость белкового синтеза, кг/га·день
<i>Allium porrum</i>	Лук-порей	12	Основные листья	40	15	30	21
<i>Allium cepa</i>	Лук репчатый	25	Луковица	50	13	20	8,5
<i>Beta vulgaris</i>	Свекла обыкновенная	13	Корень	35	13	14	7
<i>Brassica oleracea</i>	Цветная капуста	30	Незрелые цветки	30	10	30	4,3
<i>Brassica oleracea</i>	Савойская капуста	30	Внутренние листья	25	7	20	1,7
<i>Brassica oleracea</i>	Капуста кочанная	30	Внутренние листья	50	7	20	3,4
<i>Brassica oleracea</i>	Брюссельская капуста	30	Пазушные почки	25	7	20	1,7
<i>Lactuca sativa</i>	Латук	12	Листья	16	6	23	2,6
<i>Solanum lycopersicum</i>	Томаты	25	Плоды	250	6	16	11

Примечание. Все эти данные в известной степени произвольно выбраны из обширной сводки, постоянно составляемой в Великобритании. В графе, обозначенной «Период вегетации», указывается время, в течение которого культура находится в поле; у некоторых культур, например брюссельской капусты, большая часть этого периода приходится на зимние месяцы, когда рост замедлен. Цифры, характеризующие урожай, даны по оценке квалифицированных овощеводов. Часть урожая, которая непосредственно используется для пищевых целей, составляет различную долю от общего урожая и зависит от вида культуры: она близка к 100% у свеклы и томатов и составляет около 50% у кочанной капусты. Оценка «белка» основывается на содержании азота: содержание чистого белка различно не только у разных видов, но и варьирует внутри вида в зависимости от степени зрелости культуры. Однако нельзя не учитывать также питательную ценность небелкового азота. Принимая во внимание эти факторы, следует признать, что в действительности скорость синтеза пищевого белка будет на 25—50% ниже, чем приведенная в последней графе таблицы.

В имеющихся литературных публикациях часто приводятся данные только о сборе валовой и товарной продукции. Этого недостаточно. Земледельцу нужны сведения о содержании белка, азота и других питательных веществ, продолжительности вегетационного периода, об оптимальных способах возделывания, о способах

борьбы с болезнями, вредителями и сорняками, о почвенно-климатических условиях, оптимальных для роста и развития культур. Потребитель, администратор и экономист, в свою очередь, хотя бы больше знать о питательной ценности съедобных частей сельскохозяйственных растений и о времени, необходимом для их выращивания. При наличии такой информации рационы и производство пищевых продуктов можно планировать так, чтобы удовлетворить все эти запросы наилучшим образом.

Часть таких сведений имеется, но они разбросаны и не систематизированы. Многие данные еще предстоит получить. Было бы полезно, если бы все эти факторы были изучены и нашли отражение в будущих работах.

В таблице 4.1 указаны некоторые овощные культуры, которые выращивают главным образом в зоне умеренного климата Центральной и Северной Европы, однако многие из них возделывают в Северной Америке и в Австралии. В этих странах рост данных культур в большей мере ограничивается климатом, чем почвенными условиями или вредителями. Недостаток света и низкие температуры в зимние месяцы препятствуют круглогодичному выращиванию большинства сельскохозяйственных культур, что приводит к уменьшению валового сбора по сравнению с тем, что может быть получено в странах с теплым климатом, где солнечный свет распределяется в течение года более равномерно. Если бы единственной целью возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры было получение максимального количества белка или других питательных веществ, то валовой сбор мог бы быть гораздо выше. Однако потребителя главным образом интересует не количество собранного продукта, а его качество — средняя величина, форма, внешний вид, вкус, поэтому снижение объема валовой и товарной продукции часто диктуется экономическими соображениями. Например, максимальный урожай моркови, которая содержит около 1 г белка на 100 г сырого вещества, можно получить, выращивая растения с потенциально крупными корнеплодами, при оптимальном размещении в течение 16 недель (от посева семян до уборки урожая). В этом случае с каждого гектара можно получить около 50 т товарного продукта. Однако значительно большим спросом пользуются мелкие корнеплоды, которые продают в свежем или консервирован-

ном виде. Их получают, отбирая растения с мелкими корнеплодами или высевая семена на более близком расстоянии друг от друга, чем это должно быть для получения максимального урожая с единицы площади, или убирая корнеплоды, не достигшие еще полной зрелости. Урожай при этом составляет 5 т/га. Хотя, собрав такой ранний урожай, можно затем вырастить вторую культуру, общее количество собранного продукта будет значительно ниже, чем в случае получения максимального возможного урожая. Также растет спрос на свежемороженную и консервированную брюссельскую капусту. Для удовлетворения этого спроса селекционеры вывели новые сорта с очень мелкими кочанчиками, которые созревают одновременно, что дает возможность на определенной стадии созревания убирать урожай механизированным способом. Растения этих новых сортов можно выращивать на более близком расстоянии друг от друга, но их суммарный урожай составляет не более 5 т/га по сравнению с 25 т у старых сортов при применении традиционных методов возделывания и уборки.

Данные о доле белкового азота в общем для овощных культур очень немногочисленны; судя по опубликованным результатам, она составляет 70—80%. В настоящее время ощущается острый недостаток информации о сборе белка овощных культур, выращиваемых в тропических районах. Создание международных институтов по изучению овощных культур на Тайване и в некоторых других местах должно способствовать быстрому прогрессу в этих исследованиях. В литературе можно найти ряд отрывочных сведений по этому вопросу. Так, есть данные, что растения видов *Basella alba* (в Шри-Ланка [3]), *Amaranthus cruentus* (в Нигерии [4]) и *Ipomoea aquatica* (в Гонконге [1]) синтезируют чистого белка 20 кг/га в день, а *Corchorus olitorus* и *Hibiscus esculentus* около 10.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Edie H. H., Ho B. W. C. 1969. *Ipomoea aquatica* as a vegetable crop in Hong Kong. *Economic Botany*, 23, 32.
2. FAO. 1971. *Production yearbook* 25. FAO, Rome.
3. Pirie N. W. 1971. Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook 20. Blackwell Scientific, Oxford.
4. Schmidt D. R. 1971. Comparative yields and composition of eight tropical leafy vegetables grown at two soil fertility levels. *Agronomy Journal*, 63, 546.

5. ВОДОРОСЛЬ *Spirulina*

Н. В. Пирн

Spirulina — одна из представителей Cyanophyta, спиралевидная сине-зеленая водоросль длиной 0,2 мм. Она растет в воде с высоким содержанием щелочей, что дает ей ряд важных преимуществ:

1) озера, вода в которых имеет щелочную реакцию, обычно расположены в засушливых районах, но они непригодны для орошения, поэтому выращивание в них богатых белком водорослей было бы полезно;

2) благодаря высокому рН в культуральной среде постоянно поддерживается избыток двуокиси углерода, необходимой для процесса фотосинтеза. Хлорелла, которая растет в кислой среде, напротив, должна непрерывно снабжаться углекислым газом;

3) щелочная среда препятствует вторжению и развитию других микроорганизмов, чувствительных к высокому рН. Поэтому в условиях, приближающихся к естественным, или в культуральных водоемах спиролина обитает в окружении небольшого количества потенциально вредных организмов.

Ценным свойством спиролины является большое содержание в ней высококачественного белка, достигающее 64—70% от массы сухого вещества. Это намного больше, чем в любом другом продукте природного происхождения, не подвергавшемся концентрированию.

Поэтому не удивительно, что люди, живущие вблизи щелочных соленых озер, в которых *Spirulina* растет спонтанно, издавна использовали ее в пищу. На озере Чад племя канембоу потребляет водоросль в виде сухих лепешек, называемых dihe. Они едят их 2—3 раза в неделю вместе с просом, приправляя пряным соусом. В Мексике ацтеки из Текскоко в начале цивилизации науатль были знакомы с этой водорослью, называвшейся tecuitlatl, и использовали ее как добавку к кукурузе.

Ежегодный сбор спиролины (масса сухого вещества), выращиваемой в синтетической среде в специально предназначенных водоемах, при благоприятных условиях может достигать 40 т/га. В полустественных условиях в солнечном испарителе (при рН 9,8) в районе Соса Текскоко собирают по 10 т/га.

КОНЦЕНТРАЦИЯ И ФИЛЬТРАЦИЯ СПИРУЛИНЫ

Благодаря своей спиральной форме отдельные клетки спиролины, выросшие в искусственных или естественных культуральных водоемах, образуют спутанные клубки, которые могут быть перед вакуумной фильтрацией сконцентрированы пропусканием суспензии по наклонной плоскости фильтрующей поверхности. Фильтровать можно или во вращающемся барабане или с помощью горизонтального фильтра, подобного используемому в бумажной промышленности. На этом же фильтре спиролину отмывают для удаления солей, остающихся в отфильтрованной массе; озерная вода Текскоко содержит в 1 л 30 г солей. Отфильтрованную массу можно высушить с помощью барабанной или распылительной сушилки.

Оба метода дают блестящие результаты, и высушенный продукт хорошо хранится.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ СПИРУЛИНЫ

Существуют небольшие морфологические различия между спиролиной, обитающей в республике Чад, и спиролиной, растущей в Мексике, но их питательные свойства одинаковы. Водоросли, выросшие в естественных условиях в Чаде, полученные полупромышленным способом в Мексике или в искусственной среде в лаборатории, характеризуются одинаковым составом. Высушенные водоросли содержат 65—70% белка, 6—7% жира и 4% нуклеиновых кислот. По своему аминокислотному составу белок водорослей подобен стандартному белку ФАО, но содержит несколько меньше цистина.

Опыты с крысами дали следующие результаты: биологическая ценность — 7,2; использование чистого белка — 61—63; показатель использования белка — 2,3 (по сравнению с 2,3 для казеина). Переваримость — 84% — очень высокий показатель по сравнению с другими водорослями, особенно с зелеными. В длительных опытах на крысах (90 дней) не было обнаружено никакого токсического действия.

Большинство исследований было проведено в Нидерландах в Центральном институте питания и пищевых исследований (Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek), в Зейсте и в Мексике в Национальном институте пита-

ния (Institut Nacional de la Nutrición). Активные исследования продолжают в Мексике и во Франции, где они являются частью программы Совета по научным исследованиям и технике (Delegation Générale à la Recherche Scientifique et Technique).

Спирулина может приобрести товарное значение в качестве корма для домашней птицы, потому что она богата каротиноидами, особенно ксантофиллом, который улучшает цвет яичного желтка. Производство спирулины в Мексике в 1974 г. достигло 1000 кг/день. Перспективы ее использования в качестве пищи для человека хорошие, так как она в течение длительного времени потреблялась в пищу, и может успешно конкурировать с другими продуктами, богатыми белком.

В республике Чад, начиная с 1947 г., ФАО успешно проводила изучение питательной ценности спирулины. Ряд исследований недавно был проведен в Мексике. Группа спортсменов из Мексиканского олимпийского комитета получала по 20—40 г спирулины ежедневно в течение двух следующих друг за другом периодов по 30 и 45 дней, что дало хорошие результаты. Теперь в Мексике проводят исследования на детях, с использованием спирулины, подвергнутой простому высушиванию без обесцвечивания. При необходимости ее можно экстрагировать растворителем. До тепловой обработки спирулина имеет привлекательный сине-зеленый цвет, но становится тускло-коричневой в процессе приготовления пищи. (Информация получена от фирмы Sosa Texcoco SA Mexico.).

6. ЗЕЛЕННЫЕ МИКРОВОДОРОСЛИ

Г. Тамийа

Работа по массовому культивированию зеленых микроводорослей — источника дешевого высококачественного белка — проводится в ФРГ, Чехословакии, Индии, на Тайване, в Японии, США и, возможно, в СССР. В ФРГ и Чехословакии в основном используют линии рода сценедесмус (*Scenedesmus*), на Тайване и в Японии — линии хлореллы (*Chlorella*). В большинстве стран выращивают монокультуру водорослей, а в США — смешан-

ные культуры водорослей, живущих в симбиозе с бактериями в водоемах для очистки сточных вод. Как в ФРГ, так и в Чехословакии водоросли выращивают в автотрофных условиях, снабжая культуральный раствор углекислым газом, источником энергии при этом служит солнечная радиация. В Японии такой метод выращивания применялся до 1963 г., после чего начали использовать миксотрофный и гетеротрофный методы. При первом методе культуральный раствор находится на свету и в него вносят какое-либо органическое вещество (обычно уксусную кислоту). При втором методе культура выдерживается в полной темноте (применяются «ферментеры» объемом до 5000 л), а в качестве источника энергии и углерода используют глюкозу, уксусную кислоту или этиловый спирт [18].

Массовое культивирование водорослей в ФРГ, Чехословакии и в других странах в основном находится пока на стадии теоретических разработок, в то время как в Японии и на Тайване оно уже приобрело промышленный характер. Так, если водоемы с автотрофной культурой занимают в ФРГ 170—200 м² освещаемой поверхности [13, 14], то водоемы с миксотрофной культурой на острове Окинава в Японии 2300 м², причем работа финансируется за счет средств, получаемых от реализации продукции.

Урожай водорослей на единицу поверхности, занимаемой автотрофной или миксотрофной культурой, зависит от климата. В Северной Европе в зимний период водоросли не культивируют. Сообщалось, что в Дортмунде, ФРГ, урожай сценедесмуса (*S. 276-3a* или *S. acutus* var. *alternans*, *Hortobagyi*) из расчета на сухое вещество составлял в летний период 25 г/м²·день [15]. По мнению чехословацких ученых [17], при культивировании сценедесмуса в бассейне Средиземного моря урожай будет составлять в среднем 30—32 г/м²·день. Урожаи, полученные компаниями, использующими миксотрофные культуры хлореллы на Дальнем Востоке, представлены в таблице 6.1.

В Японии при промышленном культивировании хлореллы (*C. regularis* S-50) в гетеротрофных условиях (в качестве источника углерода использовали глюкозу и вносили в культуральную среду мясной и дрожжевой экстракты и гидролизат казеина) урожай из расчета на сухое вещество составил 6,5 г/л·день [18].

Таблица 6.1. Сбор сухого вещества, г/м²·день

Страна, территория	Минимальный	Максимальный	Среднегодовой
Тойота, Япония (35° с. ш.)	1,5(январь)	17,2(июль)	10,3
Тайпей, Тайвань (25° с. ш.)	3,8(январь)	27,8(октябрь)	13,0

В общем сухой клеточный материал как сценедесмуса, так и хлореллы содержит 50—65% белка. Растущая в гетеротрофных условиях *Chlorella regularis* содержит 45—65% белка [1]. Каназава [2] определил аминокислотный состав общего белка, пептидов и растворимой фракции *Chlorella ellipsoidea*, растущей автотрофно и синхронно. На протяжении всего жизненного цикла водоросли содержание аминокислот в белке (на единицу массы сухого вещества клеток) оставалось довольно постоянным и в 20—40 раз превышало их содержание в пептидах и количество свободных аминокислот. В белковой фракции преобладали аланин, глутаминовая кислота, глицин и лейцин, в меньших количествах присутствовали гистидин, тирозин, цистеин и метионин. Такой аминокислотный состав (при сравнении молярных процентов) был почти идентичен составу структурного белка хлоропластов, изолированных из листьев различных видов высших растений, что было детально изучено Вебером [9, 20, 21]. То же самое можно сказать и об аминокислотном спектре сценедесмуса [15].

Для определения переваримости и питательной ценности хлореллы и сценедесмуса было проведено много опытов на крысах, мышах, свиньях, цыплятах и т. д. Опыты с хлореллой в основном проводились в Японии [18], а со сценедесмусом — в ФРГ и Чехословакии [8, 14]. Переваримость водорослей в очень большой степени зависит от методов обработки и особенно от способа сушки. Японские исследователи рекомендовали лиофильную сушку, тогда как немецкие исследователи получили хорошие результаты при сушке образцов водорослей на валках. После соответствующей обработки водорослей их переваримость в общем составила 75—85% [1, 5, 6], а биологическая ценность — 60—78% [5, 10, 19]. Ни в одном случае не было отмечено токсических эффектов.

Опыты с людьми были проведены в ФРГ, Японии, США и СССР. По данным японских исследователей, переваримость высушенных клеток хлореллы взрослыми людьми колеблется от 75 до 89% [18]. Пауэл и др. [12] установили, что ежедневное потребление 100 г сухой смеси из хлореллы и сценедесмуса не вызывало никаких отрицательных последствий. При использовании в пищу больших количеств этого продукта наблюдались различные нарушения функций желудочно-кишечного тракта, вызывающие тошноту, рвоту, вздутие живота, метеоризм, спастические боли внизу живота, запоры и т. д. [7]. Однако эти симптомы быстро исчезали после прекращения кормления водорослями. Результаты исследований, проведенных в СССР [4], также показали, что потребление человеком 150 г водорослей в день вызывало аллергические реакции и сопровождалось отрицательным азотным балансом.

Более обнадеживающие результаты были получены в опытах со сценедесмусом в ФРГ. Кофраньи и Йекат [3] вводили водоросли в пищевые рационы взрослого человека в постепенно увеличивающихся количествах до тех пор, пока все потребности в белке не удовлетворялись за их счет. Эксперименты, продолжавшиеся 3 недели, показали, что биологическая ценность водорослей (принимая эту величину для куриных яиц за 100) равна $81,5 \pm 1,5\%$. Это означает, что 124 г белка водорослей соответствовали 100 г яичного белка. Водоросль сценедесмус, выращенная немецкими исследователями, по-видимому, оказалась лучшим продуктом питания, чем хлорелла, выращенная в Японии, не только по своим вкусовым качествам и переваримости, но также и по питательной ценности. Зёдер и Пабст [16], однако, отметили, что при включении водорослей в рационы людей нужно помнить, что высокое содержание в них нуклеиновых кислот может вызвать нарушения функции почек, приводящие к подагре в результате образования мочевой кислоты. По мнению авторов, микроводоросли следует использовать в пищу как белковую добавку, а не как основной источник белка.

Ряд специалистов считает, что экстракт из хлореллы улучшает вкус таких продуктов, как соевый соус, натто (natto), соевый творог, рисовые лепешки, рыбная паста, лапша, хлеб, колбаса и виски [18]. Полагают также, что экстракты хлореллы обладают фармакологическими

свойствами, и многие неспециалисты рассматривают ее как панацею от всех заболеваний. Поэтому многие предприниматели выращивают хлореллу, используя дорогостоящие методы гетеротрофных и миксотрофных культур, и продают ее по цене 30 американских долларов за килограмм или дороже [18]. Таким образом, в Японии практически отказались от идеи использовать хлореллу в качестве дешевого источника белка.

По-видимому, и в других странах конечной целью массового выращивания зеленых микроводорослей является использование их в качестве источника белка, хотя следует отметить, что ни в одной из них оно пока не достигло этапа «промышленного» производства. Освальд и Голуэк [11] подсчитали, что если соорудить достаточно большой водоем для очистки сточных вод, то цена килограмма сухой смеси микроводорослей и бактерий будет составлять около 8 американских центов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Endo H., Shirota M. 1972. Studies on the heterotrophic growth of *Chlorella* in a mass culture. In: Fermentation technology today. Proceedings of the Fourth International Fermentation Symposium, pp. 533—541. Kyoto, Japan.
2. Kanazawa T. 1964. Changes of amino acid composition of *Chlorella* cells during their life cycle. *Plant and Cell Physiology*, 5, 333—354.
3. Kofranyi E., Jekat F. 1967. Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen. XII. Die Mischung von Ei mit Reis, Mais, Soja, Algen. *Zeitschrift für physiologische Chemie*, 348, 84—88.
4. Кондратьев Ю. И., Бычков В. П., Ушаков А. С., Бойко Н. Н., Ключкина Н. С. 1966. Использование 50- и 100-граммового сухого материала одноклеточных водорослей в питании человека. «Вопросы питания», 6, 9—14.
5. Kraut H., Jekat F., Pabst W. 1966. Ausnutzungsgrad und biologischer Wert des Proteins der einzelligen Grünalge *Scenedesmus obliquus*, ermittelt im Ratten-Bilanz-Versuch. *Nutritio et Dieta*, 8, 130—144.
6. Lubitz J. A. 1963. The protein quality, digestibility and composition of alga *Chlorella* 71105. *Journal of Food Science*, 28, 229.
7. McDowell M. E., Leveillé G. A. 1963. Feeding experiments with algae. *Federation Proceedings*, 22, 1431—1438.
8. Meffert M.-E., Pabst W. 1963. Über die Verwertbarkeit der Substanz von *Scenedesmus obliquus* als Eiweißquelle in Ratten-Bilanz-Versuchen. *Nutritio et Dieta*, 5, 235—254.
9. Menke W. 1962. Structure and chemistry of plastids. *Annual Review of Plant Physiology*, 13, 27—44.
10. Mitsuda H., Kawai F., Murakami K., Shikauchi T. 1959. Studies on the use of *Chlorella* as food. III. On the nutritive

- value of *Chlorella*-protein. *Eiyoo-to-Shokuryo (Nutrition and Foods)*, 12, 31—34. (In Japanese).
11. Oswald W. J., Golueke C. G. 1968. Harvesting and processing of waste-grown algae. In: *Algae, man and the environment* (ed. Jackson), pp. 371—389. Syracuse University Press, Syracuse, New York.
 12. Powell R. C., Nevels E. M., McDowell M. E. 1961. Algae feeding in human. *Journal of Nutrition*, 75, 7—12.
 13. Soeder C. J. 1969. Technische Produktion eiweiss-reicher Mikroalgen. *Umschau in Wissenschaft und Technik*, 24, 801—802.
 14. Soeder C. J., Hegewald E., Pabst W., Payer H. D., Rolle I., Stengel E. 1970a. Zwanzig Jahre angewandte Mikroalgenforschung in Nordrhein-Westfalen. *Jahrbuch des Landesamts für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen*, pp. 419—445.
 15. Soeder C. J., Meffert M.-E., Rolle I., Pabst W., Payer H. D., Stengel E. 1970b. *Das Dortmunder Verfahren zur Produktion essbarer Mikroalgen*. Kohlenstoffbiologische Forschungsstation e. V., Dortmund, Germany.
 16. Soeder C. J., Pabst W. 1970. Gesichtspunkte für die Verwendung von Mikroalgen in der Ernährung von Mensch und Tier. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft*, 83, 607—625.
 17. Stengel E. 1971. Anlagentypen und Verfahren der technischen Algenmassenproduktion. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft*, 83, 589—606.
 18. Takechi V. 1971. *Chlorella: Sono-Kiso-to-Ooyo (Chlorella: basic knowledge and application)*. Gakushu-Kenkyu-Sha, Tokyo. (In Japanese).
 19. Tamura E., Baba H., Tamura T., Obata Y. 1957. Nutritional studies on *Chlorella*. VIII. Report of the National Institute of Nutrition, 1957, 9—10. (In Japanese).
 20. Weber P. 1959. Artspezifische Unterschiede zwischen lamellaren Strukturproteiden aus Chloroplasten. *Zeitschrift für Naturforschung*, 14, B, 691—692.
 21. Weber P. 1961. Über lamellare Strukturproteide aus Chloroplasten verschiedener Pflanzen. Doctoral Thesis, University of Cologne.

КОНЦЕНТРАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИМ ПУТЕМ

7. БЕЛКОВЫЕ ПРОДУКТЫ ИЗ КОКОСОВЫХ ОРЕХОВ

Д. А. В. Денди

Кокосовый орех — это плод кокосовой пальмы *Cocos nucifera* L., которая растет в тропиках, обычно на побережье, предпочитает наносную почву, высокую температуру, обилие осадков и сочного света. Мировое производство в 1969 г. составило 3296,5 тыс. т копры и 29 765 млн. орехов [5]. В жизни туземцев пальма находит широкое применение: стволы и листья служат строительным материалом, а скорлупа и древесный уголь из нее — топливом, кроме того, из нее получают волокна, из которых изготавливают кокосовые циновки, канаты и упаковочный материал; орехи идут в пищу (белок, масло и напиток «кокосовая вода» из внутренней части ядра). Орехи созревают медленно, в течение всего года, и поступают на мировой рынок в виде копры, масла и целых орехов. Во многих странах эти продукты являются главными предметами экспорта и основным источником прибыли.

На плантациях деревья обычно выращивают на расстоянии 10 м друг от друга, одна пальма в среднем дает 60 плодов ежегодно, хотя в оптимальных условиях их число может возрастать до 120; мелкие предприниматели собирают с дерева только по 20—30 орехов в год. Под пальмами можно выращивать различные кормовые культуры и пастбища для крупного рогатого скота.

Кокосовый орех традиционно используется в пищу практически во всех странах, где он произрастает, и количество свежих орехов, потребляемых внутри страны,

варьирует от 90% общего их производства, например в Таиланде, до менее 2% на Филиппинах. Орехи употребляют в пищу на разных стадиях спелости. Из незрелых орехов получают сок, спелые плоды подвергают кулинарной обработке и используют для получения кондитерских изделий. Вероятно, наиболее известным продуктом является кокосовое молоко — содержащая масло и белки эмульсия, получаемая при отжимании измельченной на терке мякоти (эндосперма) свежего ореха через муслиновую ткань. Консистенция молока может быть различной и зависит от того, добавляется ли в процессе его приготовления вода. Кроме того, в некоторых местностях эту операцию обычно повторяют 2 или 3 раза, получая все менее концентрированную эмульсию, пригодную для различных кулинарных целей. Эффективность такой домашней экстракции кокосового молока невысока: до 50% масла и белка могут оказаться неизвлеченными.

Было предпринято ряд попыток наладить производство кокосового молока в бутылках или пакетах. Эта работа ведется до сих пор, например, в Таиланде, в республике Шри Ланка, на Филиппинах, островах Фиджи и Ямайке; однако, насколько известно, она не принесла желаемых результатов. Для промышленного приготовления кокосового молока необходимо разработать очень эффективную систему для измельчения копры. Фактически это первый этап процесса получения кокосового масла и пищевого белка из сырой массы. Эта проблема интенсивно разрабатывается в Лондонском институте тропических продуктов и в Университете А и М штата Техас, США [9].

Белок кокосовых орехов, как и семян большинства других масличных культур, содержит мало лизина, метионина и треонина, и доля азота незаменимых аминокислот в общем азоте у него ниже, чем у белков животного происхождения, однако его питательная ценность выше, чем у арахиса. В литературе есть данные, что введение в рацион истощенных детей белковых добавок, содержащих муку из кокосового жмыха, оказывало положительное влияние на их рост и общее состояние [7].

Химический состав ядер орехов значительно варьирует (см., например, [3]); типичные цифры приводятся Кришнамурти и др. [6]. На долю ядра в кокосовом орехе приходится 55% его массы, оно содержит 46,3% воды, 37,3 масла и 4,1% белка. Содержание лизина в бел-

ке составляет 3,0 г/16 г N. Однако, по данным Тимминса [11], оно варьирует от 3,7 до 4,2 г/16 г N. Другими исследователями были получены следующие цифры (в г/16 г N): для цельной мякоти 3,0 [6]; для жмыха 2,2 [10]; для кокосовой муки 3,3 [9], а также 2,3; 2,5; 2,2; 3,1; и 3,0 [1]; для выделенного белка 4,2 [11].

Биологическая ценность кокосового жмыха равна 58, показатель использования белка — 1,2 (см. также [10]), но полагают, что качество экстрагированных белков намного лучше, например, по данным Рама Рао и др. [8], показатель использования белка кокосового шрота равен 1,88, а кокосового белкового концентрата — 1,86.

До сих пор рыночная экономика кокосовых орехов базировалась на потребности в кокосовом масле. Было подсчитано, что на 1 кг извлеченного кокосового белка должно получиться 7 кг кокосового масла, поэтому все усилия были направлены на разработку методов, дающих возможность получать максимальное количество масла при минимальных затратах. Казалось бы, самым дешевым способом является сушка ядер орехов для получения копры, из которой затем путем шнекового пресования выделяют масло. Процесс обработки копры часто осуществляется в антисанитарных условиях, а получаемый при этом жмых можно использовать только для кормления животных. Если окажется возможным получить белок, пригодный для питания человека, то кокосовые орехи можно будет признать ценным источником белка. Однако все модификации процесса переработки копры оказались неудачными или экономически невыгодными отчасти потому, что получаемый продукт (кокосовый жмых) содержит наряду с белком целлюлозу и не пригоден для питания человека.

Исследователи продолжают разрабатывать способы получения масла и белковой муки из свежей невысушенной мякоти кокосовых орехов, так как в принципе с их помощью из кокосовых орехов можно получить как белковые продукты, так и масло высшего качества [4, 11, 12]. Однако надо иметь в виду, что если копру правильно высушить и переработать, из нее также можно получить высококачественное масло.

Процесс переработки сырых ядер ореха состоит из двух основных операций.

1. Отделение эмульсии, содержащей масло, белок, воду и т. д., от волокнистой части ядра. Что касается вы-

хода масла, то именно эта стадия является узким местом всех испытанных до сих пор методов: значительную часть эмульсии так и не удается отделить от клетчатки. Отличительной чертой этой стадии является измельчение или пресс-фильтрация.

2. Разделение эмульсии, или молока, на масло, белок и водную фазу. Оказалось, что очень трудно осуществлять этот процесс в непрерывном режиме без больших затрат и достаточно эффективно, чтобы добиться выхода чистого масла близкого к 100%. В большинстве случаев для разделения эмульсии, которую обычно предварительно нагревают и обрабатывают ферментами, кислотами и т. д., используют метод центрифугирования.

Для осуществления этого процесса в качестве исходного материала необходимы свежие ядра орехов, а их не всегда легко получить даже для экспериментальных предприятий.

В то время как копру можно готовить в деревнях и на мелких фабриках, а затем транспортировать (при этом качество копры не ухудшается при условии, что ее влажность не превышает 6%), свежую кокосовую мякоть необходимо использовать почти сразу же после отделения ее от скорлупы. Следовательно, фабрики, предназначенные для переработки сырых орехов, должны размещаться там, где имеется возможность бесперебойного снабжения их свежими кокосовыми орехами и где есть рабочая сила, необходимая для того, чтобы выделять мякоть из плодов. Более того, в большинстве методов, предназначенных для переработки сырых орехов, предусматривается обеспечение водой, электричеством и средствами, необходимыми для уничтожения как жидких, так и твердых отходов. Неправильное размещение экспериментальных предприятий может привести к дискредитации этих во многих отношениях перспективных методов.

Ни один из способов переработки сырых ядер не применяется в промышленных масштабах, вероятно, из-за несомненно низкого выхода масла: так, если из копры можно экстрагировать более 95% масла, то его выход из свежих кокосовых орехов редко превышает 80%. Однако, если учитывать потери масла и других питательных веществ в процессе сушки, хранения и транспортировки копры, то окажется, что выход чистого масла из расчета на дерево при обоих способах переработки приблизительно

8. СОЕВЫЕ БОБЫ: ПЕРЕРАБОТКА И ПРОДУКТЫ

С. Д. Серкл, А. К. Смит

но одинаков. Действительно, если не использовать современную прогрессивную технологию, то потери при сушке могут быть очень высокими вследствие разрушения копры плесенью. Другой довод в пользу применения способов переработки сырых кокосовых орехов состоит в том, что получаемый при этом побочный продукт (съемобный белок) является ценным источником пищи для населения стран, производящих кокосовые орехи, подавляющее большинство которого испытывает белковое голодание. Поэтому следует продолжать исследования по разработке дешевых и эффективных методов получения масла и высококачественного пищевого белка из кокосовых орехов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Altschul A. M. 1958. Processed plant protein foodstuffs. Academic Press, New York.
2. Block and Weiss 1956. Amino acid handbook. Thomas, Springfield, Illinois.
3. FAO 1958. Copra processing in rural industries. Agricultural Development Paper No. 63. FAO, Rome.
4. FAO. 1968. Coconut oil processing. Agricultural Development Paper No. 89. FAO, Rome.
5. FAO 1970. Production Yearbook 24. FAO, Rome.
6. Krishnamurthy et al. 1958. The chemical composition and nutritive value of coconut and its products. *Food Science*, 7, 365—369.
7. Prasanna H. A., Rama Rao G., Desai B. L., Chandrasekhara M. R. 1969. Use of a spray-dried infant food based on coconut in the treatment of protein malnutrition (kwashiorkor). *Journal of Food Science and Technology*, 6, 187—188.
8. Rama Rao G., Indira K., Bhima Rao U. S., Ramaswamy K. G. 1964. Protein efficiency ratio of coconut flour and some products from it produced by azeotropic process. *Journal of Food Science and Technology*, 1, 23—25.
9. Samson A. S., Cater C. M., Mattil K. F. 1971. Preparation and characterization of coconut protein isolates. *Cereal Chemistry*, 48, 182—190.
10. Sreenivasan A. 1967. The use of coconut preparations as a protein supplement in child feeding. *Journal of Food Science and Technology*, 4, 59—65.
11. Timmins W. H. 1970. A process for the extraction of oil and protein from fresh coconuts. M. Tech. Thesis. University of Loughborough, England.
12. TPI 1973. Tropical Products Institute Report on the wet processing of coconuts. G78, Technology; G79, Economics. Tropical Products Institute, London.

Хотя белки зерновых культур составляют почти половину мировых ресурсов пищевого белка, они в большей или меньшей степени недостаточны по некоторым незаменимым аминокислотам, таким, как лизин, метионин, треонин и триптофан. В странах, где ощущается нехватка соответствующих источников животного белка, этот дефицит в определенных аминокислотах можно с успехом восполнить путем введения в рацион соответствующим образом переработанных семян масличных и бобовых культур, а также орехов [42]. В настоящее время соя дает больше белка, чем любая другая сельскохозяйственная культура, за исключением пшеницы, кукурузы и риса. Однако большая часть урожая сои подвергается переработке, при которой из семян растворителями экстрагируется пищевое масло; соевый шрот используется главным образом для скормливания животным, и только небольшая его часть подвергается дальнейшей обработке, при которой получается продукт, пригодный в пищу человеку. Так, в США только около 1,5% обезжиренной соевой муки используют для питания людей [19], а в Китае, Японии и в других странах Дальнего Востока значительно больше.

В течение нескольких лет урожай соевых бобов в США составлял около трех четвертей мирового производства сои. В 1972 г. на долю США, Китая и Бразилии приходилось 93,5% мирового урожая соевых бобов. В таблице 8.1 представлены данные Министерства сельского хозяйства США [80] о мировом производстве соевых бобов в отдельных странах за 1967—1972 гг. В 1972 г. урожай сои в США составил 34,9 млн. т, в октябре 1973 г. с учетом средней урожайности и погодных условий он был оценен в 43,5 млн. т. Приблизительно половина полученного в США урожая была экспортирована в виде зерна, муки и масла. В июне 1973 г. по сравнению с октябрём 1972 г. цена на соевые бобы на внутреннем рынке США возросла почти в 4 раза, достигнув 478 долларов за тонну против 123. Это резкое повышение произошло в результате возрастания спроса на соевые бобы, что было обусловлено неблагоприятными по-

Таблица 8.1. Производство сои в 1967—1973 гг., тыс. т

Континенты, страны и территории	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.*	1973 г.*
Северная Америка:							
США**	26 575	30 127	30 839	30 675	32 006	34 916	42 634
Канада	220	246	209	283	280	375	397
Мексика	121	270	300	240	250	375	510
Южная Америка:							
Аргентина	20	22	32	27	59	78	272
Бразилия	716	654	1 057	1 609	2 100	3 340	5 000
Колумбия	80	87	100	95	100	115	97
Парагвай	18	14	45	52	75	115	122
Европа:							
Румыния	41	47	51	91	165	186	244
Югославия	9	3	5	5	4	6	5
СССР	543	528	434	603	535	358	423
Африка:							
Нигерия***	16	7	34	11	1	4	1
Танзания**	4	4	4	4	4	4	4
Южная Африка*5	4	5	7	4	2	3	5
Азия:							
Иран	2	2	4	6	7	9	20
Турция	6	8	11	12	13	13	13
Китай	6 950	6 480	6 300	6 900	6 700	6 300	6 700
Тайвань	75	73	67	65	61	60	60
Камбоджа*6	4	4	4	4	4	4	4
Индонезия	416	420	389	488	475	518	539
Япония	190	168	136	126	122	127	118
Южная Корея	201	245	229	232	222	225	246
Филиппины	1	1	1	1	1	1	2
Таиланд	53	45	61	70	74	83	95

Продолжение

Континенты, страны и территории	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.*	1973 г.*
Австралия	1	2	2	6	11	26	38
Другие страны	273	278	282	296	309	332	351
В целом без СССР, Румынии, Болгарии, Венгрии, КНР, КНДР и СРВ*7	28 752	32 424	33 557	33 961	35 905	40 456	50 285
В целом в мире	36 543	39 740	40 508	41 810	43 574	47 677	57 903

Указанные в таблице годы были урожайными. Урожай, собранный в южном полушарии в первую половину года, объединен с урожаем, собранным в северном полушарии во второе полугодие этого же года.

* Предварительная оценка.

** Урожай бобов.

*** Количество сои, предназначенное Министерством торговли Нигерии (Nigerian Marketing Boards) на экспорт.

*4 Сбыт.

*5 Только хозяйства европейцев.

*6 В настоящее время Народная Республика Кампучия.

*7 Включает приблизительную оценку производства в вышеуказанных странах, для которых нет точных данных и для которых эта культура является второстепенной.

Таблица составлена Иностранной сельскохозяйственной службой Министерства сельского хозяйства США (1974). Приведенные цифры подготовлены или рассчитаны на основе официальных статистических данных правительств иностранных государств, других зарубежных материалов, отчетов сельскохозяйственных атташе посольств США и сотрудников Иностранной сельскохозяйственной службы, результатов научных исследований и другой аналогичной информации.

годными условиями во всем мире и внезапным сильным падением улова перуанской анчоветы*, что, в свою очередь, привело к недостатку кормов и сокращению производства мяса, молока, домашней птицы и яиц. Однако после сбора урожая 1973 г. цена на соевые бобы снизилась и на 2 октября 1973 г. при уплате наличными составляла 218 долларов за тонну.

Несмотря на то что большая часть мирового запаса соевых бобов обрабатывается в настоящее время растворителями (обычно гексаном), этот метод [25] неприемлем для большинства развивающихся стран, так как требует больших капиталовложений, которые лягут тяже-

* Анчовета — небольшая рыба, относящаяся к семейству анчусовых, в основном используется на корм скоту.— Прим. ред.

лым или непосильным бременем на эти страны. В этой главе основное внимание будет уделено таким методам переработки соевых бобов, в которых не применяются растворители.

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Соя *Glycine max* (L.) Merrill (родина — Восточная Азия) относится к семейству Leguminosae, подсемейству Papilionaceae [30, 37]. В литературе встречаются и другие названия: *Glycine hispida* и *Soja max* [60]; *Phaseolus max* L., *Dolichos soja* L., *Soja hispida* Moench, *Soja japonica* Savi, *Glycine soja* Sied and Zucc. и другие. [87]. Хотя соя по своему происхождению типично субтропическое растение, зона ее культивирования простирается от тропических областей до 52° с. ш. Чтобы успешно возделывать сою в данных агротехнических условиях, необходимо выводить соответствующие сорта. Генетические, морфологические, агротехнические и другие биологические особенности этой культуры всесторонне обсуждены в вышеупомянутых работах.

Сорта

Сорта, культивируемые в настоящее время в США [4], выведены путем селекции и последующего отбора из восточных линий, интродуцированных в страну в начале этого столетия. Эта работа проводилась под руководством региональной лаборатории в Урбане, штат Иллинойс, сотрудники которой выводят новые высокоурожайные, устойчивые к заболеваниям линии, а также поддерживают банк зародышевой плазмы сои. Новые сорта передаются предпринимателям, занимающимся семеноводством и торговлей семенами для замены более старых линий. Списки сортов, которые рекомендуется возделывать в настоящее время в США, приводятся Хоуэллом и Колдуэллом [37], Купером [23] и другими авторами [3, 4].

Выращивание

Известно, что соя — короткодневное растение, поэтому длина дня является основным фактором, определяющим его переход от вегетативной стадии к репродуктивной.

Каждый отдельный сорт, как правило, подходит для возделывания в относительно узкой полосе, простирающейся с юга на север на 160—240 км.

Продолжительность вегетационного периода широко варьирует в зависимости от сорта, географической широты и почвенно-климатических условий. В кукурузном поясе США бобы столовых сортов сои достигают стадии зеленой спелости, на которой их можно использовать в пищу, за 90—120 дней. Для того чтобы достичь фазы полной спелости, полевому (промышленному) сорту соевых бобов нужно 126—139 дней в северных штатах и 136—158 дней в южных штатах [3].

При освоении производства сои в новых областях необходимо учитывать следующее [37, 69]: 1) выбранные сорта должны вызревать на данной географической широте; 2) семена должны быть заражены симбиотическими азотфиксирующими бактериями *Rhizobium japonicum* (Kirchner) Buchanan; 3) pH почвы необходимо поддерживать в диапазоне 6—6,5, на кислых почвах необходимо предварительно провести известкование; 4) вопрос о том, какие удобрения необходимо вносить в почву для достижения оптимального урожая пока не ясен, однако не вызывает сомнения, что восполнение запасов калия и фосфора необходимо, но часто требуются и другие минеральные элементы [69].

ФАО была опубликована статья, в которой обсуждаются результаты научных исследований и даются практические рекомендации по возделыванию сои в различных странах Азии, Африки и Латинской Америки [28] (см. также [26]).

Урожайность

Урожайность сои широко варьирует. В 1972 г. в США средний урожай соевых бобов составлял 18,8 ц/га. Однако некоторые фермеры получали урожай 27—30 ц/га, в ряде конкурсных испытаний они достигали 54—67 ц/га, а на специальных опытных делянках были еще выше. Средний урожай 18,8 ц/га равнозначен сбору с 1 га 120 кг N или 750 кг белка (из расчета, что содержание N в бобах составляет 6,4%, а коэффициент пересчета азота в белок равен 6,25). В литературе есть данные, что урожайность сои можно повысить путем применения регуляторов роста [4].

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОЕВЫХ БОБОВ

Сорта сои различаются по окраске, форме, величине и химическому составу семян. Смит и Серкл [75] опубликовали детальный обзор по этому вопросу, в который включены данные о химическом составе отдельных частей семени, белковом и небелковом азоте, аминокислотном составе, составе жиров, о минеральных веществах и углеводах. Содержание белка в целом семени составляет приблизительно 40% (процентное содержание азота $\times 6,25$) от его массы, это больше, чем в остальных основных сельскохозяйственных культурах. Доля небелкового азота, рассчитанная в процентах от общего содержания азота, колеблется от 2,9 до 7,8%. Масса оболочки составляет приблизительно 8% от массы семени и зависит от его величины. Содержание азота в семенной оболочке равно примерно 1,5%.

В связи с тем, что спрос на белок как в США, так и за рубежом постоянно растет, американские селекционеры в настоящее время выводят новые сорта (еще не ставшие промышленными) с высоким содержанием белка, достигающим до 45—50% ($\% N \times 6,25$). Обычно при увеличении содержания белка на 1% содержание масла уменьшается на 0,5%.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ БЕЛКА

Соевые бобы содержат несколько ингибиторов трипсина [62], которые уменьшают питательную ценность содержащихся в них белков при скормливания бобов крысам и другим животным в сыром виде. Эти ингибиторы можно инактивировать путем влажной тепловой обработки при 100° С. Этот способ наиболее широко используется при получении необезжиренных и обезжиренных продуктов размола сои, предназначенных в пищу или на корм скоту.

Кроме того, такая обработка способствует уменьшению так называемого бобового или горького привкуса. Используя кислотные и щелочные добавки, Бейкер и Мастейкас [9] исследовали процесс тепловой инактивации содержащегося в соевой муке ингибитора трипсина, а также ферментов липоксидазы и уреазы. В изолятах и концентратах соевого белка активность ингибиторов трипсина снижают до безвредного уровня.

В обзоре Линера [42] приводятся данные о питательной ценности соевого белка, содержащегося в незрелых зеленых и зрелых бобах, проростках, шроте, необезжиренной и обезжиренной муке, белковых изолятах и концентратах, соевом твороге (тофу), продуктах ферментационной переработки, соевом молоке и текстурных аналогах мяса. По такому показателю, как доля N незаменимых аминокислот в общем N, соевая мука несколько уступает продуктам животного происхождения (яйцам, молоку, мясу и рыбе), но превосходит семена других масличных культур (кунжута, хлопчатника и арахиса). Белковые изоляты по питательной ценности несколько уступают белкам соевой муки, что обусловлено потерей в процессе обработки белков соевой «сыворотки».

По данным химического анализа, соевый белок содержит небольшое количество серосодержащих аминокислот, метионина и цистина, однако по сравнению с большинством белков растительного происхождения богат лизином [42], что является основным его достоинством.

Робинсон и др. [64], используя как критерий индекс содержания незаменимых аминокислот, подчеркивали взаимодополняемость аминокислот соевого молока и хлебных злаков. Они также обнаружили, что у большинства сортов сои ПИБ равен 2,1, причем путем внесения метионина в сочетании с надлежащей тепловой обработкой его можно повысить до 2,5 (это значение ПИБ получено для принятого за стандарт казеина).

ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ СОИ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАЦИИ

К числу пищевых продуктов, получаемых из сои без применения ферментации, традиционно относят соевые бобы, используемые как столовые овощи, соевое молоко, соевый творог (тофу), юбу (yuba), кинако (kinako) и соевые ростки [60, 74, 75, 76, 83].

Соевые бобы как столовые овощи

Приходится только сожалеть, что соевые бобы относительно редко используют в пищу как столовые овощи, так как в этом случае необходима минимальная обработка. Зеленые соевые бобы в отличие от похожей на них по вкусу и виду лимской фасоли редко появляются

на рынке, и их используют в пищу, очевидно, в основном жители сельской местности, а также огородники-любители и сторонники так называемой здоровой пищи. Некоторые крупносеменные сорта часто называют огородными или овощными в противоположность более известным (мелкосеменным) полевым сортам. Овощные сорта не годятся для товарного производства масла, так как они низкоурожайны, кроме того, бобы при созревании растрескиваются, что создает дополнительные трудности при уборке. Зеленые соевые бобы можно сохранять путем замораживания, консервирования или высушивания [60, 78], а зрелые бобы можно подвергать тепловой обработке или консервировать. Вудруфф и Клаас [88], Ллойд и Бурлисон [44] и Ллойд [43] исследовали ряд овощных сортов сои и сравнили вкус, цвет, текстуру и другие свойства бобов после варки.

Панированная, жаренная во фритюре соя овощных сортов, приготовленная из зеленых бобов, была рекомендована в пищу как легкая, богатая белком закуска [20].

Соевое молоко

На Дальнем Востоке традиционный способ приготовления соевого молока состоит в следующем: сою замачивают на ночь в воде, затем ее сливают, а зерно растирают в горячей воде (приблизительно 10 частей воды на 1 часть зерна сои, чтобы получить в конечном итоге продукт желаемой консистенции), полученную смесь варят в течение 10—15 мин при 100°С и фильтруют через грубую ткань, чтобы отделить продукт. В результате такой процедуры при упомянутом выше соотношении воды и зерна сои экстрагируется около 50% белка и масла.

Продукт, получаемый при этом способе обработки, имеет специфический привкус, который может ограничить его применение. По мнению ряда авторов [9, 19, 40], появление этого привкуса в значительной степени обусловлено активностью липоксидазы и, возможно, других ферментов, которую можно подавить, если на начальной стадии обработки растирать сою в горячей воде при 80—100°С (с химическими добавками или без них).

При добавлении к соевому молоку витаминов, минеральных солей, метионина, жира и сахара оно становится эквивалентно по питательной ценности коровьему

молоку [8, 71]. В Японии в промышленных масштабах производят сухое соевое молоко распылительной сушки [83]. Соевое молоко можно добавлять к буйволиному или коровьему молоку в качестве обогащающего или тонирующего средства [58].

Тофу (соевый творог)

Тофу, который является хорошим источником белка и жира, — наиболее важный пищевой продукт, получаемый без применения ферментации. Вначале готовят соевое молоко, как описано выше. Творожистую массу осаждают при помешивании из горячего молока сульфатом кальция, который способствует образованию желатинообразного творога. Сыворотку сливают, а творог отделяют и замачивают в воде на 1 час или больше. После этого творог готов для продажи [74, 76, 77, 83]. В 1957 г., по данным Японской ассоциации по производству тофу, в стране насчитывалось 40 000 фабрик, производящих этот продукт [74], и значительно больше небольших предприятий, обслуживаемых силами одной семьи. Выход тофу может быть различен и зависит как от сорта сои, так и от других факторов. Смит и др. [77] сообщили, что из 1,8 кг соевых бобов с влажностью 12% можно получить 5,55 кг тофу (с влажностью 88%). Это составляет 42% от массы сухого вещества, содержащегося в бобах. Сухой тофу содержит 55% белка и 28% жира.

Творог тофу (во влажном состоянии) часто добавляют в суп. Он может также употребляться в сухом виде под названием кори-тофу (*kori-tofu*) [83]. По другому распространенному способу влажный творог жарят во фритюре. Получаемый продукт называют в Японии абураги (*aburage*). На Филиппинах соевый творог известен под названием токуа (*tokua*) и таку (*taku*) [64].

Юба

При нагревании соевого молока до температуры кипения или близкой к ней на его поверхности образуется пленка из белка и жира (по составу аналогичная тофу). Пленку снимают и высушивают. Этот продукт, известный под названием юба, используют для приготовления супов или жарят на масле [76, 83].

Кинако

Изготавливаемый в Японии продукт, называемый кинако, напоминает необжаренную соевую муку, но в отличие от нее содержит семенную оболочку [83]. Кинако получают из чистых соевых бобов, которые сначала в течение 30 мин жарят в печи при температуре около 100°С для уменьшения запаха бобов и повышения их питательной ценности, а затем размалывают в порошок. Этим порошком посыпают рис или рисовые лепешки и используют его как белковую добавку.

Соленые бобы

Продукт напоминает соленый арахис. Готовят его следующим образом: чистые, неповрежденные бобы замачивают на ночь в 10%-ном солевом растворе, после чего кипятят в воде в течение 30 мин. Затем воду сливают, а бобы жарят до появления светло-коричневой окраски. Преимущественно используют бобы с желтыми семенами, так как они имеют более привлекательный внешний вид [60]

Ростки сои

Должным образом приготовленные ростки сои не имеют характерного привкуса, часто присущего продуктам, получаемым из сои. Чен [17], Пипер и Морс [60], Смит и Серкл [76] и Смит и Ван Дайн [78] описали ряд наиболее распространенных способов их приготовления. Чистые неповрежденные бобы замачивают на ночь в воде и выкладывают в стеклянные банки, цветочные вазоны или между слоями влажной ткани, поддерживаемой проволочным каркасом. Бобы проращивают в темноте, причем несколько раз в день промывают раствором, содержащим одну чайную ложку гипохлорида кальция на 13 л воды для предотвращения роста микроорганизмов. Чрезмерная влажность тормозит прорастание, поэтому при температуре около 30°С она должна составлять 55% от массы сырого вещества. Через 4—5 дней проростки должны иметь длину около 5 см.

Посоленные по вкусу и поджаренные с небольшим количеством жира они могут быть использованы в пищу. При приготовлении салата ростки кипятят несколько минут в воде, а затем, слив воду, охлаждают. Пророс-

шие бобы содержат много белка и масла, а в процессе проращивания в них быстро увеличивается содержание аскорбиновой кислоты и других витаминов.

ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ СОИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТАЦИИ

На Востоке издавна используют в пищу продукты, полученные путем ферментации. Они имеют приятный вкус и содержат много белка. К этой категории относится много самых разнообразных продуктов, основными из которых являются мисо (miso), шойу (shoyu) и темпех (tempeh), остальные называют натто (natto), хаманатто (hamanatto), суфу (sufu), (соевый сыр), тао-тью (taotjo), кочу чанг (kochu chang), кетжап (ketjap), онтжом (ontjom), а также продукты, напоминающие по вкусу йогурт* [60, 61, 73, 76, 83].

Мисо и шойу

Мисо получают путем ферментации сои и риса, а шойу — сои и жареной пшеницы или пшеничной муки. По литературным данным, этот процесс осуществляют организмы, относящиеся к роду *Aspergillus*, хотя не исключено участие и других организмов и ферментов. Шойу, или соевый соус, — хорошо известная приправа, которая скорее придает пище приятный вкус, чем повышает ее питательную ценность, однако это играет немаловажную роль в питании людей, которые удовлетворяют свои потребности в белке в основном за счет продуктов растительного происхождения.

Мисо главным образом используют в качестве основы для супов. Мисо придает им приятный вкус и обеспечивает пищу достаточным количеством аминокислот. В некоторых районах Востока эти продукты все еще изготавливают в домашних условиях. Однако в последние годы в Японии было осуществлено их промышленное производство. Соотношение сои, риса и соли при изготовлении мисо варьирует, но при расчете на массу сухого вещества составляет в среднем 100 : 50 : 45.

* Продукт, получаемый из цельного или снятого молока, подвергнутого брожению (с помощью бактериальной закваски), часто подслащенный или приготовленный с добавлением фруктов. — Прим. ред.

Методы получения мисо были описаны Эбином [61], с. 127—132), Хессельтайном и Вэнгом [36] и Ватанабе [83]. Некоторые способы приготовления этих продуктов в домашних условиях описаны Смитом [73]. Рецепты приготовления шойу обсуждают Йокотсука [61], с. 117—125), Хессельтайн и Вэнг [36] и Ватанабе [83].

Темпех

Темпех изготавливают в Индонезии путем сбраживания сои культурой гриба *Rhizopus*. Поджаренный на масле темпех имеет приятный вкус, запах и консистенцию и удовлетворяет вкусам людей, живущих как на Западе, так и на Востоке [36, 61 (с. 133—139)]. В Индонезии темпех обычно готовят в домашних условиях и используют в пищу в тот же день. Недавно были разработаны методы, позволяющие увеличить срок хранения этого продукта [36].

Традиционный способ приготовления состоит в следующем: бобы замачивают на ночь в воде, после чего удаляют вручную семенную оболочку, и кипятят в течение 30 мин, воду сливают, а бобы раскладывают на ткань для просушивания. Затем их смешивают с маленькими кусочками ранее приготовленного темпеха и оставляют бродить на сутки при комнатной температуре. За это время бобы обрастают белым мицелием, образующим сплошную массу, которую разрезают тонкими ломтиками, погружают в раствор соли и затем жарят в кокосовом масле. Темпех можно также печь или добавлять в суп.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СОИ БЕЗ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ

Устранение горечи путем обработки водой

В последние пятьдесят с лишним лет много усилий было затрачено на разработку способов устранения горечи, которые позволили бы улучшить вкусовые качества соевых продуктов. Некоторые из этих способов основаны на использовании сухого жара, но в большинстве случаев плющенные или измельченные бобы обрабатывают водными растворами и влажным жаром, после чего они могут быть подвергнуты обезжириванию.

Ряд нежелательных летучих компонентов можно удалить обработкой сухим жаром под давлением или в вакуумной печи, но значительно эффективнее влажный жар, получаемый при использовании пара в установках различного типа. Последний способ в настоящее время находит наиболее широкое применение. Нелетучие компоненты удаляют погружением в жидкость, в которую они могут диффундировать. Одним из способов решения этой задачи может быть обжаривание во фритюре, но значительно чаще используют методы погружения в воду или водные растворы различных органических или неорганических веществ. Рекомендуются также обработка ферментами и брожение, вызываемое с помощью микроорганизмов.

Так, в обзоре патентов, составленном Смитом [72], (см. также [16, 19, 24, 47, 55]), описаны методы, включающие наряду с тепловой обработкой вымачивание с различными щелочными реагентами, такими, как гидроксиды натрия, калия и аммония, карбонаты, бикарбонаты и известь; обработку различными кислотами (соляная, уксусная, фосфорная, лимонная, серная и сернистая), солями (натрия, кальция, магния или железа); различными органическими соединениями (спирты, альдегиды, кетоны, амины, эфиры), окислителями (перекись водорода, хлор или озон), активированным углем и газами (CO_2 , SO_2 , этилен или азот). Некоторые из этих обработок могут привести к уменьшению содержания определенных аминокислот, таких, как цистеин, метионин и лизин, и поэтому нужно внимательно относиться к выбору метода обработки соевых бобов.

Эффективность большинства из этих методов трудно определить без осуществления на практике описанных процессов и без пробной оценки вкуса получаемого продукта [38, 76]. Ряд способов обсуждается ниже. В основном это те методы, в которых не предусматривается использование органических растворителей. Однако указывалось [19], что наиболее эффективным способом обработки плющеной сои, в результате которой улучшается ее вкус и цвет, по-видимому, является экстракция этиловым спиртом при самых низких из возможных для осуществления этого процесса температурах.

Обработка целых бобов

Сухое прожаривание целых или лущеных бобов — наименее сложный процесс [7, 12, 31, 32]. Питательная ценность жареных соевых бобов обратно пропорциональна степени их прожаривания [64]. Применялось также прожаривание во фритюре после предварительного вымачивания в воде [46] или в солевом растворе [48, 53]. Соевые бобы варили в воде [35, 52] или в растворах солей щелочных металлов [65, 10], а затем высушивали [35, 52]. Пичел и Вейс [59] получили соевое масло, аналогичное по своим свойствам арахисовому.

Мука из необезжиренной сои

Большое внимание уделяется приготовлению муки из необезжиренной сои методом экструзионной варки* [1, 11, 19, 22, 29, 49, 50, 51]. Более обычным является метод паровой варки (пропаривания) без экструзии, который рассматривался рядом авторов [19, 43, 66].

Соевое молоко и творог

В нескольких недавно опубликованных работах сообщалось об усовершенствовании способов производства соевого молока [13, 25, 64, 58, 76]. Изучалось влияние условий обработки на выход и состав молока, эффективность удаления олигосахаридов, исследованы способы устранения посторонних привкусов окислительного происхождения и доступность питательных веществ [39, 40, 45, 79, 86]. Рядом авторов описаны другие способы производства соевого молока и соевого напитка [8, 49, 50, 71]. Шродер и Джексон [67, 68] сообщили о результатах своей работы по получению соевого сыра и творога, обладающих слабым привкусом сои.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ

Обезжиривание путем водной обработки

Хотя описано несколько способов выделения масла из семян масличных культур путем центрифугирования вод-

* Экструзионная варка — горячая обработка, сопровождающаяся продавливанием разогретой массы через отверстия. — *Прим. пер.*

ных экстрактов измельченных семян, все они обладают одним недостатком: часть масла эмульгирует с белком с образованием продуктов, содержащих различное количество масла [19]. Рии и др. в опытах с семенами арахиса установили, что образования белково-жирового комплекса можно избежать, если измельчать семена в водных растворах при pH, характерных для изоэлектрической точки белков.

Обезжиривание при помощи органических растворителей

Большая часть мирового урожая сои обрабатывается гексаном, при этом получают масло [54] и шрот, который используют для производства обезжиренной соевой муки, белковых концентратов, белковых изолятов, модифицированных изолятов и текстурированных белковых продуктов [19]. Производительность промышленных установок по переработке сои этим способом составляет от 50 до 2000 и более т/день. В «Голубой книге сои» [4] приводится список используемых в мире установок для обработки сои растворителями. Де [25] детально описывает устройство и сметные стоимости таких установок производительностью 30, 50 и 100 т/день, а также обсуждает проблемы, связанные с расширением производства и обслуживанием более крупных установок, предназначенных для получения из сои муки с различным содержанием жиров, белковых изолятов, молока и темпеа.

Мучная смесь

Наполнители, или заменители пшеничной муки, используемые при производстве кондитерских и макаронных изделий, называют мучными смесями независимо от того, содержат ли они в качестве одного из компонентов пшеницу.

Часто они создаются на основе смеси соевых белковых продуктов с крахмалом, выделенным из маниоки или других корнеплодов, а также из семян кукурузы или других зерновых культур, за исключением пшеницы [27]. В литературе описывается также дополнительная питательная смесь [21], сокращенно обозначаемая CSM.

Соевая мука, белковые концентраты, белковые изоляты и текстурированные белковые продукты

В последние 35 лет много внимания уделялось фракционированию белков после обезжиривания соевой муки с помощью обработки гексаном [6, 10, 15, 19, 25, 33, 34, 56, 57, 76, 81, а также 2].

В некоторых работах даются рецепты использования соевых белковых продуктов в пищу [14, 17, 18, 60, 66, 82, 85].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Albrecht W. J., Mustakas G. C., McGhee J. E., Griffin E. L. Jr. 1967. A simple method for making full-fat flour. *Cereal Science Today*, 12, 3, 81—83.
2. Anonymous 1966. Soybean processing and utilization. A selected list of references 1955—1965. Library List. No. 83. National Agricultural Library, USDA, Washington, DC.
3. Anonymous 1969. *Soybean farming*. National Soybean Processors Association, Washington, DC, and National Soybean Crop Improvement Council, Urbana, Illinois.
4. Anonymous 1972. Blue Book Issue. *Soybean Digest* 32, 6. American Soybean Association, Hudson, Iowa. (Prior and 1973 editions also available).
5. Anonymous 1973. Growth regulators — a new boom coming? *Soybean Digest*, 33, 9, 10—11.
6. Ashton M. K., Burke C. S., Holmes A. W. 1970. *Textured vegetable proteins I*. Science and Technology Surveys, 62. British Food Manufacturing Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK.
7. Badenhop A. F., Hackler L. R. 1971. Protein quality of dry roasted soybeans: amino acid composition and protein efficiency ratio. *Journal of Food Science*, 36, 1—4.
8. Badenhop A. F., Hackler L. R. 1973. Methionine supplementation of soy milk to correct cystine loss resulting from an alkaline soaking procedure. *Journal of Food Science*, 38, 471—473.
9. Baker E. C., Mustakas G. C. 1973. Heat inactivation of trypsin inhibitor, lipoxigenase and urease in soybeans: effect of acid and base additives. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50, 137—141.
10. BFMIRA 1970. *Protein symposium*. 3. *Vegetable proteins*. Symposium Proceedings No. 8, December. British Food Manufacturing Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK.
11. Bookwalter G. N., Kwolek W. F., Black L. T., Griffin E. L. Jr 1971. Corn meal-soy flour blends: characteristics and food applications. *Journal of Food Science*, 36, 1026—1032.
12. Borchers R., Manage L. D., Nelson S. O., Stetson L. E. 1972. Rapid improvement in nutritional quality of soybeans by dielectric heating. *Journal of Food Science*, 37, 333—334.
13. Bourne M. C. 1970. Recent advances in soybean milk processing technology. PAG Bulletin No. 10, 14—22. Protein Advisory Group of the United Nations, United Nations, New York.
14. Bowman F., Maharge L., Mangel M., McDivitt M. 1945. Culinary preparation and use of soybeans and soybean flour. University of Missouri Agriculture Experimental Station Bulletin, No. 485.
15. Burke C. S. 1971. *Textured vegetable proteins II*. Science and Technology Surveys No. 68. British Food Manufacturing Industries Research Association, Leatherhead, Surrey, UK.
16. Burnett R. S. 1951. Soybean protein food products. In: *Soybeans and soybean products* vol. 2 (ed. K. S. Markley), 949—1002. Wiley-Interscience, New York.
17. Chen P. S. 1962. *Soybeans for health, longevity and economy*. The Chemical Elements, South Lancaster, Massachusetts.
18. Circle S. J., Johnson D. W. 1958. Edible isolated soybean protein. In: *Processed plant protein foodstuffs* (ed. A. M. Altshul), 399—418. Academic Press, New York.
19. Circle S. J., Smith A. K. 1973. Processing soy flours, protein concentrate and protein isolates. In: *Soybeans: chemistry and technology*, vol. 1, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), 294—338. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
20. Collins J. L., Ruch B. C. 1969. Breaded, deep-fried vegetable soybeans. *Food Product Development*, 3, 6, 40—41.
21. Combs G. F. 1967. Development of a supplementary food mixture (CSM) for children. PAG Bulletin No. 7, pp. 15—24. Protein Advisory Group of the United Nations, United Nations, New York.
22. Conway H. F. 1971. Extrusion cooking of cereals and soybeans. *Food Product Development*, 5, 2, 27—31; 5 (3), 14—22.
23. Cooper R. L. 1971. Geographical distribution of soybeans and soybean varieties. In: *Soy: the wonder bean*, pp. 1—7. Symposium, Southern California Section AACC, Aug. 19—21. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota.
24. Cowan J. C., Rackis J. J., Wolf W. J. 1973. Soybean protein flavour components: a review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50, 426A.
25. De S. S. 1971. Technology of production of edible flours and protein products from soybean. FAO, Rome.
26. De S. S., Russell J. S. 1967. Soybean acceptability and consumer adoptability in relation to food habits in different parts of the world. In: *Soybean protein foods* (ARS-71-35), pp. 20—27. Agricultural Research Service, US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
27. Dendy D. A. V., James A. W., Clarke P. A. 1972. *Composite flour technology bibliography*. Report G71. Tropical Products Institute, London.
28. FAO, Nutrition Division, 1967. Soybean: production, cultivation, economics of supply, processing and marketing. PAG Bulletin No. 7, pp. 24—44. Protein Advisory Group of the United Nations, United Nations, New York.
29. Fox W. F. 1972. Method of treating soybeans. US Patent 3695891 (October 3).
30. Godin V. J., Spensley P. C. 1971. In: *Oil and oilseeds*, TPI Crop and Products Digest No. 1, pp. 143—151. Tropical Products Institute, London.

31. Guidarelli E. J. 1968. Soybean treating process. US Patent 3407073 (October 22).
32. Guidarelli E. J., Eversole R. A., Lawrence J. F. 1964. Treatment of soybeans. US Patent 3141777 (July 21).
33. Gutcho M. 1973a. *Textured foods and allied products*. Food Technology Review No. 1, Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ.
34. Gutcho M. 1973b. *Prepared snack foods*. Food Technology Review No. 2, Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ.
35. Hand D. B., Steinkraus K. H., Gage M. H. 1964. A new soybean food, precooked dehydrated soybeans. *Soybean Digest*, 24, 8, 28—29.
36. Hesselstine C. W., Wang H. L. 1972. Fermented soybean food products. In *Soybeans: chemistry and technology*, vol. I, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 389—419. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
37. Howell R. W., Caldwell B. E. 1972. Genetic and other biological characteristics. In *Soybeans: chemistry and technology*, vol. I, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 27—60. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
38. Kalbrener J. E., Eldridge A. C., Moser H. A., Wolf W. J. 1971. Sensory evaluation of commercial soy flours, concentrates and isolates. *Cereal Chemistry*, 48, 595—600.
39. Kon S., Wagner J. P., Becker R., Booth A. N., Robbins D. J. 1971. Optimum nutrient availability of legume food products. *Journal of Food Science*, 36, 635—639.
40. Kon S., Wagner J. P., Guadagni D. G., Horvat R. J. 1970. pH adjustment control of oxidative off-flavors during grinding of raw legume seeds. *Journal of Food Science*, 35, 343—345.
41. Learmouth E. M., Wood J. C. 1962. Some aspects of soya in food technology. In: *Proceedings of the First International Congress of Food Science Technology*, vol. 4, *Manufacture and distribution of foods* (ed. J. M. Leitch), pp. 785—797. Gordon and Breach Scientific Publishers, New York, 1969.
42. Liener I. E. 1972. Nutritional value of food protein products. In: *Soybeans: chemistry and technology*, vol. I, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 203—277. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
43. Lloyd J. W. 1940. Range of adaptation of certain varieties of vegetable type soybeans. University of Illinois Agriculture Experimental Station Bulletin No. 471.
44. Lloyd J. W., Burlison W. L. 1939. Eighteen varieties of edible soybeans. University of Illinois Agriculture Experimental Station Bulletin No. 453.
45. Lo W. Y., Steinkraus K. H., Hand D. B., Wilkens W. F., Hackler L. R. 1968. Yields of extracted solids in soy milk as affected by temperature of water of various pre-treatments of beans. *Food Technology* 22, 1322—1324.
46. McComb A. H. 1937. Process for treating soybeans. US Patent 2088853 (August 3).
47. Maga J. A. 1971. Indigenous and derived flavor constituents in soy products. In: *Soy: the wonder bean*, pp. 47—68. Symposium, Southern California Section AACC, Aug. 19—21. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota. [Also, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21, 864—868 (1973)].

48. Moulton R. H. 1938. Soybean nuts. US Patent 2135592 (November 8).
49. Mustakas G. C. 1971. Full-fat and defatted soy flours for human nutrition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 815—819.
50. Mustakas G. C., Albrecht W. J., Bookwalter G. N. 1972. Production of vegetable protein beverage base. US Patent 3639129 (February 1).
51. Mustakas G. C., Albrecht W. J., Bookwalter G. N., Sohns V. E., Griffin E. L. Jr. 1971. New process for low-cost, high-protein beverage base. *Food Technology*, 25, 534—538, 540.
52. Nelson A. I., Wei L. S., Steinberg M. P. 1971. Food products from whole soybeans. *Soybean Digest* 31, 3, 32—34.
53. Nohe I. A. 1938. Soybeans nuts. US Patents 2135593, 2135594 (November 8).
54. Norris F. A. 1964. Extraction of fats and oils. In: *Bailey's industrial oil and fat products*, 3rd edition (ed. D. Swern). Wiley Interscience, New York.
55. Noyes R. 1969. *Protein food supplements*. Food Processing Review No. 3, Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ.
56. Orr E. 1972. *The use of protein-rich foods for the relief of malnutrition in developing countries: an analysis of experience*. Report G73. Tropical Products Institute, London.
57. Orr E., Adair D. 1967. *The Production of protein foods and concentrates from oilseeds*. Report G31. Tropical Products Institute, London.
58. P. A. G. 1973. PAG Guideline No. 13 for the preparation of milk substitutes of vegetable origin and toned milk containing vegetable protein. In: PAG Bulletin 111 No. 1, pp. 14—18. Protein Advisory Group of the United Nations, United Nations, New York.
59. Pichel M. J., Weiss T. J. 1967. Process for preparing nut butter from soybeans. US Patent 3346390 (October 10).
60. Piper C. V., Morse W. J. 1923. *The soybean*. McGraw-Hill, New York.
61. PISFM 1972. *Proceedings of the International Symposium on the Conversion and Manufacture of Foodstuffs by Microorganisms*. (The Sixth International Symposium of the Union of Food Science and Technology, December 5—9, 1971) Saikon Publishing Co. Tokyo.
62. Rackis J. J. 1972. Biologically active components. In: *Soybeans: chemistry and technology*, vol. 1, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 158—202. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
63. Rhee K. C., Cater C. M., Mattil K. F. 1973. Aqueous process for pilot plant scale production of peanut protein concentrate. *Journal of Food Science*, 38, 126—128.
64. Robinson W. B., Bourne M. C., Steinkraus K. H. 1971. Development of soy-based foods of high nutritive value for use in the Philippines. Agency for International Development, Publication PB-213, 758. Available from NTIS, US Dept. Commerce, Springfield, Virginia.
65. Rockland L. B. 1972. Quick-cooking soybean products. US patent 3635728 (January 18).

66. Schlosser G. C., Dawson E. H. 1969. *Cottonseed flour, peanut flour and soybean flour: formulas and procedures for family and institutional use in developing countries*. (USDA-ARS 61-7). US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
67. Schroder D. J., Jackson H. 1971. Preparation of soybean cheese using lactic starter organisms. 3. Effects of mold ripening and increasing concentrations of skim milk solids. *Journal of Food Science*, 36, 22-24.
68. Schroder D. J., Jackson H. 1972. Preparation and evaluation of soybean curd with reduced beany flavor. *Journal of Food Science*, 37, 450-451.
69. Scott W. O., Aldrich S. R. 1970. *Modern soybean production*. The Farm Quarterly, Cincinnati, Ohio.
70. Shemer M., Wei L. S., Perkins E. G., 1973. Nutritional and chemical studies of three processed soybean foods. *Journal of Food Science*, 38, 112-115.
71. Shih V. E. 1970. Soybean milk. *Journal of the American Dietetic Association*, 57, 520-522.
72. Smith A. K. 1945. Debittering soybeans. A list of patents for removing the bitter taste of soybeans. *Soybean Digest*, 5, 7, 25-26, 28.
73. Smith A. K. 1949. *Oriental methods of using soybeans as food with special attention to fermented products*. (ISDA-AIC 234 reprinted as USDA-ARS 71-17 in 1969). US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
74. Smith A. K. 1958. Use of United States soybeans in Japan. (ISDA-ARS 71-12). US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
75. Smith A. K., Circle S. J. 1972a. Chemical composition of the seed. In: *Soybeans: chemistry and technology*, vol. 1, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 61-92. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
76. Smith A. K., Circle S. J. 1972b. Protein products as food ingredients. In: *Soybeans: chemistry and technology*, vol. 1, *Proteins* (ed. A. K. Smith, S. J. Circle), pp. 339-388. Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
77. Smith A. K., Watanabe T., Nash A. M. 1960. Tofu from Japanese and United States soybeans. *Food Technology*, 14, 332-336.
78. Smith J. M., Van Duyne F. O. 1951. Other soybean products. In: *Soybeans and soybean products*, vol. 2 (ed. K. S. Markley), pp. 1055-1078. Wiley-Interscience, New York.
79. Sugimoto H., Van Buren J. P. 1970. Removal of oligosaccharides from soy milk by an enzyme from *Aspergillus satoii*. *Journal of Food Science*, 35, 655-660.
80. USDA 1974. *World agricultural production and trade statistical report*, p. 5. FAS (March). US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
81. Van den Berg C. 1972. Plant protein concentrates. *Deut. Ges. Chem. Apparatew.* (DECHEMA), 70, 27-54.
82. Van Duyne F. O. 1950. Recipes for using soy flour, grits, flakes, and soybean oil. University of Illinois Department of Agriculture Circular No. 664.
83. Watanabe T. 1969. Industrial production of soybean foods in Japan. In: *UN industrial development organisation meeting on*

- soya bean processing and use*, Peoria, Illinois, Nov. 17-21. United Nations, New York.
84. Weiss M. C., Wilsie C. P., Lowe B., Nelson P. M. 1942. Vegetable soybeans. Iowa State University Agricultural Experimental Station Bulletin P39.
85. Whiteman E. F., Keyt E. K. 1938. *Soybeans for the table*. USDA Leaflet 166. US Dept. of Agriculture, Washington, DC.
86. Wilkins W. F., Hackler L. R. 1969. Effect of processing conditions on composition of soy milk. *Cereal Chemistry*, 46, 381-387.
87. Williams L. F. 1950. Structure and genetic characteristics of the soybean. *Soybeans and soybean products*, vol. 1 (ed. K. S. Markley), pp. 111-134. Wiley-Interscience, New York.
88. Woodruff S., Klaas H. 1938. A study of soybean varieties with reference to their use as food. University of Illinois Agricultural Experimental Station Bulletin No. 443.

9. СЕМЕНА РАПСА И ДРУГИХ КРЕСТОЦВЕТНЫХ

Р. Олсон, Р. Сепп

ПРОИЗВОДСТВО СЕМЯН РАПСА

В настоящее время по валовому сбору семян рапс занимает пятое место в мире среди других масличных культур. Выращивание растений, предназначенных для производства масла из семян, почти целиком сосредоточено в зонах с умеренным и теплым климатом. Рапс лучше всего растет на плодородной почве в районах с прохладным и влажным климатом. В 1960-х годах производство семян рапса увеличилось с 3,5 до 6,6 тыс. т, а в 1973 г. достигло 7,2 тыс. т. По темпам роста производства рапс занимает среди масличных культур третье место после сои и подсолнечника. В таблице 9.1 приведены данные о производстве семян рапса в различных странах. Мировое производство рапса и в дальнейшем будет возрастать и к 1985 г., по-видимому, достигнет 12 тыс. т. Главная причина этого — возможность устранения содержащихся в семенах вредных компонентов. Производство семян горчицы, культивируемой в разных странах, увеличилось до нескольких тысяч тонн. Крамбе* выращивается в незначительных количествах.

* Крамбе, или катран — род растений сем. крестоцветных. Наиболее известен К. приморский, или морская капуста (*Crambe maritima*). В пищу используют, как правило, черешки появляющихся весной листьев. — Прим. ред.

Таблица 9.1. Производство семян рапса в различных странах, тыс. т

Страна	1971 г.	1972 г.	1973 г.
Индия	1410	1800	—
Канада	2121	1279	1817
Китай	1000	925	—
Франция	640	703	625
Польша	623	450	750
Швеция	249	327	290
Пакистан	296	285	—
ФРГ	225	245	222
ГДР	193	220	200
В мире в целом	7410	7044	Около 7200

БОТАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАПСА

В Европе главным образом выращивают озимый рапс (*Brassica napus*), а в Канаде яровую сурепицу (*B. campestris*). На Дальнем Востоке культивируют яровую сурепицу, горчицу сарептскую (*B. juncea*) либо смесь этих двух видов (табл. 9.2) В качестве критерия для отнесения растения в тому или иному виду используют форму соцветия. У *B. napus* цветочные почки располагаются выше только что распустившихся цветков, тогда как у *B. campestris* — ниже. Наиболее надежным признаком, используемым для установления видовой принадлежности растений, находящихся в генеративной фазе, является форма верхних листьев. Семена *B. napus* обычно крупнее, чем семена *B. campestris* и *B. juncea*. Окраска семян варьирует от светло-желтой до коричневой и даже черной.

В отличие от семян многих других растений, имеющих важное хозяйственное значение, семена представителей рода *Brassica* имеют небольшой эндосперм. Семенная кожура составляет 12—20% массы семени. Большую часть зародыша составляют семядоли, которые содержат около 50% масла, и богатые белком гранулы, напоминающие алейроновые зерна клеток, лежащих непосредственно под семенной оболочкой. Каждая клетка окружена тонкой клеточной оболочкой, состоящей в

Таблица 9.2. Общепринятые названия рапса на разных языках [1]

Ботаническое (латинское)	Правильное английское	Синонимы	Канадское	Французское	Немецкое
<i>Brassica napus</i> (панс) ssp. <i>oleifera</i> forma <i>biennis</i> forma <i>annua</i>	Winter rape Summer rape	Oil rape, rapeseed Swede rape Oilseed rape	Argentine	Colza d'hiver Colza de printemps Colza d'été	Winterraps Sommeraps
<i>Brassica campestris</i> (сурепица) ssp. <i>oleifera</i> forma <i>biennis</i>	Winter turnip rape Summer turnip rape	Rapeseed, Oil turnip	Polish	Navette d'hiver Navette de printemps Navette d'été	Winterrübsen Sommerrübsen
forma <i>annua</i> forma <i>annua</i> var. <i>chinensis</i>	Summer turnip rape	Chinese mustard		Moutarde chinoise Pak-choi	Chinasenf
var. <i>pekinensis</i>	Summer turnip rape	Celery cabbage Chinese kale		Chou chinois Pet-sai	Chinakohl
var. <i>dichotoma</i> var. <i>trilocularis</i>	Summer turnip rape Summer turnip rape	Toria Sarson		Toria Sarson	Toria Sarson
<i>Brassica juncea</i> (Горчица сарептская)	Brown mustard	Leaf mustard Indian mustard	Oriental mustard	Moutarde brune	Brauner Senf Sarepta Senf

основном из целлюлозы. По всей цитоплазме рассеяны капельки жира. Алейроновые зерна имеют 2—10 мкм в диаметре.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАПСА

Влажность зрелых, естественно высушенных семян рапса составляет 6—8%. Содержание масла в них различно. Обычно озимый рапс содержит 42—50% масла из расчета на сухое вещество, яровой рапс — 37—47%, озимая сурепица — 40—48% и яровая сурепица — 36—46%. Данные о составе и содержании жирных кислот,

Таблица 9.3. Содержание обычных жирных кислот в масле семян некоторых крестоцветных [1]

Культура	Кислота, %					
	пальми- тиновая	олеиновая	линоле- вая	линоле- новая	эйкозе- новая	эруковая
<i>Brassica campestris</i>						
Озимая сурепица	2—3	14—16	13—17	8—12	8—10	42—46
Яровая сурепица:						
классические сорта	2—3	17—34	14—18	9—11	10—12	24—40
линии с низким содержанием эруковой кислоты*	4—7	48—55	27—31	10—14	0—1	0
Sarson и Toria	2—3	9—16	11—16	6—9	3—8	46—61
<i>Brassica juncea</i>	2—4	7—22	12—24	10—15	6—14	18—49
<i>Brassica napus</i> , озимый рапс:						
классические сорта	3—4	8—14	11—15	6—11	6—10	45—54
сорта или линии с низким содержанием эруковой кислоты	4—5	40—48	15—25	10—15	3—19	3—11
Яровой рапс:						
классические сорта**	3—4	12—23	12—16	5—10	9—14	41—47
сорта или линии с низким содержанием эруковой кислоты	5	52—55	24—31	10—13	0—2	0—1
<i>Brassica tournefortii</i>	2—4	6—12	11—16	10—16	6—8	46—52
<i>Sinapis alba</i>	2—3	16—28	7—10	9—12	6—11	33—51

* Представлены данные только для нескольких образцов. По-видимому, диапазон различий в составе жирных кислот будет увеличиваться по мере выведения новых сортов.

** Исключение составляет сорт Броновский (Bronowski), который выращивают в небольших масштабах. Семена этого сорта содержат 10% эруковой кислоты.

Таблица 9.4. Содержание глюкозинолатов в шроте из семян некоторых европейских сортов рапса и сурепицы [1]

Культура и сорт	Источник	Глюкозинолаты, % от массы сухого вещества		
		глюко- напин	прогонт- рин	глюко- напин + прогонт- рин
<i>Brassica napus</i> , озимый рапс Матадор (Matador)	Среднее по 3 образцам, выращенным в Швеции	1,71	4,69	6,40
Хеймер (Heimer)	Среднее по 7 образцам, выращенным в Швеции	1,71	4,51	6,24
Виктор (Victor)	Среднее по 11 образцам, выращенным в Швеции	1,79	4,31	6,11
<i>Brassica napus</i> , яровой рапс Реджина II (Regina II)	Среднее по 8 образцам, выращенным в Швеции	1,27	3,04	4,31
Риго (Rigo)	Среднее по 3 образцам, выращенным в Швеции	1,31	3,72	5,03
Броновский (Bronowski), I. L. 1997	Неизвестен (получен из Польши)	0,15	0,79	0,94
<i>Brassica campestris</i> , озимая сурепица Дуро (Duro)	Среднее по 3 образцам, выращенным в Швеции	3,10	0,22	3,32
Рапидо II (Rapido II)	Среднее по 3 образцам, выращенным в Швеции	2,95	0,50	3,44
<i>Brassica campestris</i> , яровая сурепица Беле (Bele)	Среднее по 2 образцам, выращенным в Швеции	1,78	1,26	3,30

Таблица 9.5. Аминокислотный состав белкового концентрата, полученного из семян рапса

Аминокислота	г/16 г N	Аминокислота	г/16 г N
Изолейцин	4,4	Гистидин	1,5
Лейцин	7,9	Аргинин	7,2
Лизин	6,7	Аспарагиновая кислота	8,0
Фенилаланин	3,8	Глутаминовая кислота	18,8
Тирозин	3,2	Серин	5,0
Цистин	2,0	Пролин	6,1
Метионин	2,2	Оксипролин	0,7
Треонин	4,7	Глицин	5,4
Валин	5,6	Аланин	4,9
Триптофан	1,6		

Таблица 9.6. Белки семян рапса

Молекулярная масса	Число белков	Изоэлектрическая точка	Содержание, % от общего белка
320 000	5—7	4—7	15—20
150 000*	10—20	5—8	50—60
75 000	3—5	5—8	3—5
13 000	5	11	15—20

* Содержит мирозиназу (небольшой процент).

характерные для этих видов, приведены в таблице 9.3. Путем селекции можно вывести сорта с очень низким содержанием жирных кислот с длинными углеводородными цепями. Поэтому можно предположить, что через несколько лет традиционный состав производимых масел изменится. В таблице 9.4 представлены данные о содержании наиболее распространенных глюкозинолатов в семенах различных сортов рапса. Обнаружение ярового сорта рапса Броновский (Bronowski) с невысоким содержанием глюкозинолатов имеет большое значение для выведения новых сортов. Фермент мирозиназа (тиоглюкозид глюкогидролаза) в семенах рапса вызывает гидролиз глюкозинолатов до глюкозы, сульфата, изотиоцианатов (ИТЦ) и (L)-5-винил-2-оксазолидинэтиона (ВОТ)*. Рапсовый шрот содержит около 40% белка.

* По принятой в отечественной литературе номенклатуре это соединение может быть названо азабензилтиокарбоновой кислотой.—Прим. пер.

Аминокислотный состав белка приводится в таблице 9.5, а его физико-химические свойства — в таблице 9.6.

ПРОИЗВОДСТВО МАСЛА И ШРОТА ИЗ СЕМЯН РАПСА

На промышленных предприятиях семена рапса не освобождают от шелухи: небольшой размер семян и высокое содержание в них масла препятствуют эффективному осуществлению этого процесса. После очистки семена размалывают, пропуская их через вальцы, и нагревают для подсушивания, при этом происходит разрушение клеток, инактивация ферментов и коагуляция белков, уменьшается степень прилипания масла к твердым поверхностям, фосфатиды переходят в растворимую форму, увеличивается текучесть масла, погибают грибы и бактерии. Самым важным результатом этой обработки является инактивация мирозиназы.

Тепловую обработку обычно проводят в агрегате, состоящем из поставленных друг на друга закрытых цилиндрических стальных котлов, каждый из которых снабжен дугообразной мешалкой. Котлы закрыты кожухом для парового обогрева. Длительность обработки — 30—60 мин при температуре 75—120°С.

Шнековые прессы используют либо для прямого шнекового прессования, либо для предварительного прессования перед последующей экстракцией растворителем. Продукт, получаемый на предэкстракционных установках, перед экстракцией растворителем превращают в хлопья. Эта операция очень важна, поскольку хлопья, с одной стороны, должны быть достаточно тонкими, чтобы экстракция масла осуществлялась лучше, а с другой — достаточно большими, чтобы образовать массу, через которую будет свободно протекать растворитель. Экстракция семян рапса растворителями — самый эффективный метод получения масла. Обычно предварительное прессование используют для получения жмыха, содержащего 12—20% масла. После экстракции в шроте остается около 0,5% масла. Для экстракции наиболее широко используют н-гексан. В современных экстракторах отношение растворителя к твердому продукту составляет 1,1—1,3. После окончания экстракции шрот освобождают от гексана непрямым нагреванием, либо пропусканием через него пара. Эта процедура по-

зволяет получить продукт, прошедший соответствующую тепловую обработку, причем его питательная ценность остается высокой, а содержание гексана снижается до 0,01%.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАПСОВОГО ШРОТА

Химический состав

В таблице 9.7 представлены некоторые данные по химическому составу рапсового и соевого шрота. Хотя рапсовый шрот содержит меньше белка, чем соевый, в зонах с прохладным климатом он является самым ценным источником пищевого белка растительного происхождения. Содержание белка увеличивается при внесении

Таблица 9.7. Состав рапсового и соевого шрота, % от сухого вещества [1]

	Сухое вещество, %	Белок (Nx 6,25)	Жир	Безазотистые экстрактивные вещества	Сырая клетчатка	Зола	Кальций	Фосфор
Шрот из семян <i>B. napus</i>	89	43,1	2,3	36,9	10,7	7,0	0,8	1,2
<i>C. campestris</i>	89	41,1	2,0	37,8	11,6	7,5	0,6	1,3
<i>Sinapis alba</i>	89	45,5	1,2	36,2	9,8	7,3	0,8	1,2
Соевый шрот	87	50,4	0,5	35,4	6,9	6,8	0,3	0,7

азотных удобрений или выпадении большого количества осадков. Аминокислотный состав шрота в значительной степени зависит от способа его получения. При высокой температуре и давлении происходит интенсивный распад лизина. Как показано в таблице 9.8, современные методы обработки (экстракция растворителями с предварительным прессованием) предохраняют основные аминокислоты от разрушения. Семена рапса близки к соевому шроту по содержанию лизина, однако значительно богаче цистинном и метионином.

По-видимому, главной помехой для использования рапсового шрота на корм скоту является наличие в нем глюкозинолатов. Эти вещества легко растворяются в во-

Таблица 9.8. Аминокислотный состав рапсового шрота, полученного различными методами и в разные годы, % от общего содержания белка [1]

Аминокислота	1956—1961 гг.		1965—1967 гг.	
	шнековое прессование*	экстракция растворителем с предварительным прессованием**	экстракция растворителем с предварительным прессованием***	экстракция растворителем***
Аргинин	5,09	5,48	5,59	5,65
Гистидин	2,40	2,66	2,66	2,63
Лизин	4,39	5,31	5,94	5,85
Тирозин	2,16	2,10	2,30	2,28
Триптофан	0,94	1,21	1,23	1,29
Фенилаланин	3,74	3,78	3,83	3,89
Цистин	0,73	0,80	1,19	1,22
Метионин	1,88	1,91	1,87	1,83
Серин	4,03	4,19	4,40	4,37
Треонин	4,08	4,19	4,41	4,35
Лейцин	6,45	6,67	6,95	7,04
Изолейцин	3,71	3,63	3,81	3,87
Валин	4,76	4,82	4,94	4,98
Глутаминовая кислота	16,16	16,84	18,71	18,99
Аспарагиновая кислота	6,58	6,72	7,02	7,04
Глицин	4,68	4,78	5,08	5,09
Аланин	4,21	4,29	4,44	4,46
Пролин	5,71	6,13	6,13	6,32

* Среднее по 5 образцам.

** Среднее по 15 образцам.

*** Среднее по 8 образцам.

** Среднее по 7 образцам.

де, этиловом и метиловом спиртах и ацетоне. Продукты расщепления — ИТЦ и ВОТ — растворяются в этиловом эфире и хлороформе. Газообразный ИТЦ липофилен и растворяется, например, в гексане, тогда как негазообразный ИТЦ менее липофилен, а ВОТ нелетуч и относительно гидрофилен.

Отрицательные последствия потребления рапса

При регулярном кормлении животных рапсовым шротом у них часто наблюдается увеличение щитовидной железы, которое нельзя предотвратить путем введения в рацион препаратов йода. Поедание автолизированного шрота, содержащего нитрилы, приводит к уменьшению

прироста живой массы, увеличению печени и почек и нарушению их микроструктуры. Для нейтрализации этих токсических эффектов применяются или предложены такие методы, как ферментативная инактивация, удаление или разрушение глюкозинолатов или продуктов их распада. К таким методам относятся: автолиз и перегонка, автоклавирование и обработка паром, обработка аммиаком и солями железа, экстракция токсичных факторов. Однако наилучшим методом избавления от глюкозинолатов является, по-видимому, селекция.

Кормовая ценность

Рапсовый шрот используется главным образом для кормления жвачных животных, поскольку продукты расщепления глюкозинолатов не оказывают на них токсического действия. Переваримость рапсового шрота и фракции, полученной при шелушении, хорошая. Аминокислотный состав белковой пищи более важен для нежвачных животных, например свиней, чем для жвачных, и рапсовый шрот с этой точки зрения был бы для них прекрасным кормом, но оказалось, что свиньи относительно более чувствительны к продуктам расщепления глюкозинолатов.

Согласно некоторым данным, введение в рацион домашней птицы более 5% рапсового шрота вызывает увеличение щитовидной железы. По-видимому, шрот, полученный из семян *B. napus*, не следует скормливать свиньям и домашней птице в таких же больших количествах, как шрот из семян *B. campestris*. Когда новые сорта, содержащие незначительное количество глюкозинолатов, будут выращивать в больших масштабах, рапсовый шрот найдет более широкое применение.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРИГОДНЫХ В ПИЩУ РАПСОВЫХ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ (РБК)

По аналогии с продуктами переработки сои рапсовый белковый концентрат можно определить как «продукт, полученный из высококачественных, очищенных от шелухи семян путем удаления большей части масла и водорастворимых небелковых компонентов» [21]. Поэтому при обработке рапса, горчицы и крамбе особое внимание уделяется полному удалению токсичных компо-

Таблица 9.9. Методы, применяемые для детоксикации семян и концентрации белков

Метод	Интактные семена	Измельченные семена	Молоко из семян	Шрот
Сухая обработка		Шелушение		Удаление шелухи с помощью воздушной сортировки
Тепловая обработка	Инактивация микробов [5, 4]	Обработка паром [14]*	Имитация юба	Обработка паром [7]* Прожаривание [20]
Экстракция и другие методы, основанные на разделении твердой и жидкой фаз	Диффузионная экстракция [28]**, [23]	FR1-процесс [26] Шелушение различными способами во влажных условиях Обезжиривание с помощью различных промысловых методов	Обезжиривание путем снятия жира с поверхности Ультрафильтрация Осаждение творага	Аналог соевого белкового концентрата [2, 12] Спиртовая экстракция [6, 15] ***
Биохимическая обработка	Проращивание Удаление шелухи целлюлозой Имитация темпеха	Тепловая ферментация [13]*	Имитация сыра Имитация суфу	Ферментация [18, 25]

* Горчица.

** Горчица и крамбе.

*** Крамбе и рапс.

нентов, таких, как глюкозинолаты. В таблице 9.9 дан перечень различных методов, которые могут быть использованы для решения этой проблемы. Не все они опробованы, и ни один из них в отдельности не может быть рекомендован для непосредственного получения товарного белкового концентрата. Пригодность того или иного метода для промышленности зависит от многих факторов. Как правило, удаление шелухи способствует улучшению цвета получаемого белкового продукта, увеличению содержания в нем белка и уменьшению содержания клетчатки.

Если шелушение предшествует прессованию и экстракции, то удаляется почти 100% шелухи. Однако некоторые осложнения неизбежны. Так как обычно 7% общего количества жира семян содержится в шелухе, эти жиры нужно из нее экстрагировать, что неизбежно приведет к введению дополнительной технологической стадии. Более того, для удаления шелухи может потребоваться внесение некоторых изменений в процесс прессования и экстракции масла или использование дополнительного оборудования. С другой стороны, если удалять шелуху из шрота (чтобы избежать потерь масла), например с помощью воздушной сортировки, то полностью освободиться от нее невозможно, поэтому питательная ценность РБК будет значительно снижена. Таким образом, в условиях, когда достигается максимальный выход масла, в получаемом РБК возрастает содержание клетчатки. Решение о том, на какой стадии промышленной переработки семян рапса лучше всего удалять шелуху, конечно, определяется экономическими факторами. На обычной маслобойной фабрике производственный процесс оптимизируют в соответствии с конечной целью — добиться максимального выхода масла наилучшего качества. Следовательно, производство шрота осуществляется не в оптимальных условиях. На выбор наилучшего метода влияют следующие факторы.

Температура

При нагревании происходит инактивация ферментов, например мирозиназы, облегчается экстракция небелковых компонентов, уменьшается растворимость белков и, к сожалению, ухудшается качество масла (из-за окисления, полимеризации и обесцвечивания) и возрастают эксплуатационные расходы.

Измельчение семян

Экстракция интактных семян имеет следующие недостатки [10]: длительность обработки и большой расход воды и тепла. Учитывая это, можно прийти к заключению, что обработка целых семян может оказаться экономически невыгодной. Однако этот процесс имеет и ряд преимуществ: незначительная потеря материала и простота высушивания неповрежденных семян. Главные недостатки экстракции измельченных семян — большие потери материала (снижение выхода масла и белка) и затраты на обработку отходов. Такой процесс не может быть экономически оправдан.

Влияние химических веществ

Добавление щелочной воды перед извлечением масла может привести к нежелательным последствиям, так как часть серы из глюкозинолатов, по-видимому, диффундирует в масло [10], а некоторое количество белка растворяется в водной фазе. Для экстракции небелковых компонентов можно использовать этиловый спирт. Одним из преимуществ этого растворителя является то, что он инактивирует мирозиназу и, кроме того, при его использовании содержание серы в масле уменьшается, однако стоимость этанола довольно высока.

Новый метод

Идеальным решением вопроса, по-видимому, может стать применение разработанного сейчас в Швеции способа, который включает в себя четыре основных этапа: удаление шелухи, инактивация мирозиназы с помощью тепловой обработки, удаление глюкозинолатов путем промывки семян водой и экстракция масла. Для уменьшения потерь повторно используют промывные воды [16].

СВОЙСТВА РАПСОВЫХ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

По своему составу (табл. 9.10) РБК являются весьма подходящим продуктом питания для человека, они содержат около 60% белка и 8% воды. По своему аминокислотному составу белки семян рапса (табл. 9.5) пре-

восходят соевые, так как в отличие от них содержат в достаточных количествах такие важные аминокислоты, как метионин и цистин, и близки ко многим белкам животного происхождения. Об их высокой питательной ценности свидетельствуют следующие результаты опытов по кормлению крыс.

Показатель использования белка (ПИБ)	2,8—3,8*
Использование чистого белка (ИЧБ)	78
Биологическая ценность (БЦ)	92
Переваримость	86

* (2,5—3,0, если принять значение ПИБ для казенна равным 2,5)

Т а б л и ц а 9.10. Типичный состав РБК (белкового концентрата из семян рапса) из *V. parus*, озимая форма

Вещество	Содержание в сухом веществе, %
Белок (N×6,25)	65
Белок (N×5,5)	57
Жиры	1
Углеводы (без клетчатки)	28
Клетчатка	7
Зола	7
Глюкозинолаты	<0,03

Водопоглощающая способность РБК составляет 500—700%, а водоудерживающая способность 400%, аналогичные показатели для текстурированной соевой муки составляют 400% и 200—300% соответственно. Кроме того, РБК обладает способностью связывать жиры, что имеет большое значение для регуляции содержания жира в пище. РБК можно смешивать с соевыми белками в соотношении 1:2 или 1:3, при этом продукт не приобретает постороннего привкуса. Белки РБК, как и белки соевых продуктов, полученных путем тепловой обработки, слабо растворимы. Коэффициент растворимости азота РБК в чистой воде около 15, а в 0,2 М растворе NaCl около 25. Эмульсионные и пенообразующие свойства концентратов такие же, как у соевых продуктов после тепловой обработки.

РБК предназначены для добавок к обычной диете. Их можно использовать с очень многими продуктами пи-

тания, такими, как мясной фарш, колбаса, консервированные мясные продукты, хлеб, сухари и т. д. В предварительных трехмесячных опытах на крысах было показано, что полученный продукт для них безопасен и что глюкозинолаты, оставшиеся в продукте после обработки, не оказывают токсического действия. В настоящее время возможность использования РБК в качестве корма изучается в обширных экспериментах с двумя видами животных. Работа будет продолжаться в течение двух лет, после чего полученные данные будут вынесены на суд национальных и международных специалистов.

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ РАПСОВОГО БЕЛКОВОГО ИЗОЛЯТА (РБИ)

Промышленное производство РБИ все еще не налажено. Этот продукт содержит белковую фракцию семян и минимальное количество небелковых компонентов. Для их получения следует использовать высококачественное сырье. Содержание белка в полученном продукте должно превышать некоторый произвольно выбранный нижний уровень, например 90%. Метод получения РБИ, как и соевых белковых изолятов, основан на растворении белка и последующем извлечении его из раствора путем осаждения.

Выход белка может варьировать и существенно зависит от таких факторов, как степень тепловой обработки при получении шрота и необходимость отмывания белка после его осаждения. В случае использования шрота, полученного промышленным способом [17], извлекается 18% исходного азота семян (изолят содержит 84% белка). Однако в лабораторных условиях выход белка, по некоторым данным [23], может достигать почти 50% (изолят содержит 86% белка). Это было подтверждено в нашей лаборатории, где было выделено от 29 до 49% всех содержащихся в шроте белков, и полученный РБИ содержал 90% белка. Важной проблемой является удаление из изолята глюкозинолатов и продуктов их распада.

По данным группы шведских ученых, работающих над проблемой производства РБИ, для получения высококачественного продукта, пригодного для дальнейшей переработки, следует удалить всю фитиновую кислоту

[27]. Необходимость полного устранения этих веществ потребует эффективного отмывания творожистой, содержащей белок массы. Таким образом, использование изолятов может быть ограничено из-за увеличения производственных затрат, обусловленных снижением выхода продукта, относительно высокой стоимостью отмывки и увеличением количества отходов.

В качестве альтернативного подхода к решению этой проблемы следует начать работу по получению РБИ из шрота, приготовленного из очищенных семян рапса, или из РБК. Кодагода и др. [9] предложили трехступенчатый метод, первым этапом которого является получение белкового концентрата. Были выделены три белковые фракции с разными свойствами. Однако 40% белка из РБК извлечь не удалось.

ПЕРЕРАБОТКА СОДЕРЖАЩИХ БЕЛКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ИЗ СЕМЯН РАПСА

Отходы можно разделить на твердые и жидкие. Примером твердых отходов является шелуха, которая применительно к сое рассматривается как составная часть корма для животных. Переработка жидких отходов — большая проблема, так как в единицах БПК (биологическая потребность в кислороде) производство 1 т соевых белковых продуктов сопровождается образованием отходов в количестве, эквивалентном отходам города с населением 10 000 человек [8]. При производстве 1 т соевого белкового концентрата их образуется в 2 раза меньше.

Чтобы выделить из жидких отходов клетчатку и коллоидные белковые частицы, на заводах по производству РБК или РБИ используют такие методы, как центрифугирование, осаждение или фильтрация. Эти вещества можно затем высушить вместе с шелухой или другими твердыми отходами. В зависимости от используемого метода экстракции фильтрат будет содержать разное количество углеводов, минеральных солей, жиров, белков (с пептидами и аминокислотами) и глюкозинолатов и должен быть очищен на последующей стадии переработки.

В недавних исследованиях [10] процессы экстракции неповрежденных (целых) и размолотых семян сравнивались с выщелачиванием обезжиренных семян. Оче-

видно, что отходов сухого материала при обработке размолотых семян будет гораздо больше. Жидкие отходы в этом случае будут содержать 20—30% масла в сухом веществе и должны перерабатываться, как и отходы на бойнях и маслобойных заводах. В случае диффузной экстракции (табл. 9.9) доля масла в жидких отходах невелика. Как и отходы пивоваренных заводов, они в основном содержат углеводы. При получении шрота переработка отходов, вероятно, будет аналогична переработке сырной сыворотки или картофельной воды.

Общим свойством жидких отходов при промышленном производстве белка из семян рапса, крэмбе или горчицы является наличие в них глюкозинолатов и продуктов их гидролиза. Детоксикацию растворов, содержащих глюкозинолаты, можно осуществлять с помощью микроорганизмов. Рутковски и др. [19] использовали экстракт из рапсового шрота, содержащий большое количество глюкозинолатов, для микробиологического синтеза витамина B₁₂.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Appelquist L. A., Ohlson R. 1972. *Rapeseed*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam.
2. Ballester D. 1970. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 21, 143.
3. Bhatti R. S., Sosulski F. W. 1972. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 346.
4. Dahlén J., Goude A. 1973. Swedish Patent No. 357658.
5. Eapen K. E., Tape N. W., Sims R. P. A. 1968. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45, 194.
6. Frölich A. 1953. *Kungliga Lantbrukshögskolan Ann.*, 19, 205.
7. Goering K. J. 1961. (For Oilseed Produces Inc.) US Patent No. 2987399.
8. Johnson D. W. 1969. At: UNIDO Expert Group Meeting, Peoria, 17—21, Nov.
9. Kodagoda L. P., Yeung C. Y., Nakai S., Powrie W. D. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 6, 135.
10. Kozłowska H., Sosulski F. W. 1972. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 5, 149.
11. Kroon S. E., Sepp R., Teär J. 1970. Report on protein food promotion. Kasetstart University, Bangkok, 22 Nov. — 1 Dec.
12. Lo M. T., Hill D. C. 1971. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22, 128.
13. Mustakas G. C. 1963. *Biotechnology and Bioengineering*, 5, 27.
14. Mustakas G. C., Kirk L. D., Sohns V. E., Griffin E. L., Jr 1965. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 42, 33.

15. Nehring K., Bock H.-D., Wünsche J. 1967. *Sitzungsberichte, DDR Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaft*, Berlin, 16, 103.
16. Ohlson R. 1973. PAG Bulletin No. 3. Protein Advisory Group of the United Nations, Rome.
17. Owen D. F. 1971. *Cereal Chemistry*, 48, 91—96.
18. Poznanski S., Bednarski W., Jakubowski J. 1973. *Lait*, 53, 169.
19. Rutkowski A. et al. 1972. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 5, 67.
20. Rutkowski A., Kozłowska H. 1967. *Sruta Rzepakowa*. Warsaw. (In Polish.).
21. Smith A. K., Circle S. J. 1972. *Soybeans: chemistry and technology*, vol. 1, pp. 440—443. AVI Publishing Co, Westport, Connecticut.
22. Sosulski F. W., Bakal A. 1969. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 2, 28—32.
23. Sosulski F. W., Kozłowska H. 1972. At: American Oil Chemists Society Meeting, Ottawa, 24—28 Sept.
24. Sosulski F. W., Soliman F. S., Bhatti R. S. 1972. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 5, 101.
25. Staron T. J. 1970. In: Proceedings of the International Rapeseed Conference, Sainte Adèle, Canada, p. 321.
26. Tape N. W., Sabry Z. I., Eapen K. E. 1970. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 3, 78.
27. Törnell B., Gillberg L., Larson L. 1972. STU (Swedish National Board for Technological Development) Dokumentation Rapport-referat No. 7, p. 18.
28. Van Etten C. H., Daxenbichler M. E., Wolff I. A. 1969. At: AOCS Meeting, New York, 7—12 Sept.

10. БЕЛОК ПОДСОЛНЕЧНИКА, САФЛОРА, КУНЖУТА И КЛЕЩЕВИНЫ *

А. А. Бетскарт, К. К. Лайон и Г. О. Колер

Хотя общий объем производства этих четырех масличных культур в целом меньше, чем сои, они служат важными источниками белка в районах их возделывания. В последние годы производство подсолнечника расширяется, и он становится главным источником пищевого растительного масла. Ценность белков семян этих маслических культур можно значительно увеличить путем оптимизации различных этапов их производства — от внесения удобрений до изготовления продовольственных продуктов. Вследствие своей токсичности клеще-

* Литература рассмотрена до 1972 г. включительно.

винный шрот не может служить источником пищевого белка, но после детоксикации вполне пригоден для кормления животных.

ПОДСОЛНЕЧНИК

Полагают, что родина подсолнечника (*Helianthus annuus*) — Северная Америка или Перу. Испанцы ввезли его в Европу в XVI столетии, но он не культивировался как масличная культура до начала XIX века [25]. В настоящее время благодаря выведению высокоурожайных сортов с высоким содержанием масла и механизации процесса уборки подсолнечник становится важнейшей масличной культурой в СССР и в северо-восточной Европе [29, 36]. Его возделывают главным образом из-за масла, содержащего ненасыщенные жирные кислоты и характеризующегося высокой стабильностью [56, 25]. В меньшей степени его используют в качестве корма для птиц или пищевого продукта [86]. Шрот, который остается после экстракции масла растворителями, в основном используется на корм скоту [14]. Из шрота получают белковые концентраты и изоляты, которые могут быть использованы в пищу [1, 10, 26, 94].

Составлена библиография соответствующей литературы по подсолнечнику [81]. В ряде обзоров рассматриваются такие вопросы, как производство и урожайность подсолнечника [56], переработка и использование его в качестве корма для скота и пищевого продукта [10, 14], питательная ценность [92] и перспективы использования этой культуры [84].

Производство и урожайность

Мировое производство подсолнечника за 1960—1970 гг. возросло с 5,4 до 9,7 млн. т [21, 73]. В 60-х годах среди культур, используемых в качестве источников пищевого растительного масла, подсолнечник занимал четвертое место в мире, а в 70-х годах — второе (после сои) [17, 25]. Основными производителями этой культуры являются СССР и страны Восточной Европы, на долю которых приходится 80% мирового производства [25, 56].

Средняя урожайность в 1968—1970 гг. составляла 11,3—12,8 ц/га [21]. В США урожайность колеблется от 11,2 до 22,5 ц/га, в зависимости от района [56, 84, 98].

Сравнительные данные об урожайности подсолнечника, сои и льна представлены в таблице 10.1 [56].

Таблица 10.1. Урожай семян подсолнечника, сои и льна, ц/га

Культура	Урожай семян	Выход масла	Выход шрота
Подсолнечник	11,20	4,50	3,90
Соя	16,80	3,00	13,20
Лен	6,30	2,25	4,00

Химический состав

В СССР селекционеры путем отбора добились увеличения содержания масла в семенах с 25—30% до 50—55% [25, 56, 77]. В основном семена высокомасличных сортов содержат 17—25% белка и 34—45% масла [14, 85]. Ядра семян содержат приблизительно 50% масла, 26—33% сырого белка, 9—12% сырой клетчатки и 4—6% общих сахаров [36, 80]. Они являются также хорошим источником витаминов группы В, β -каротина, кальция, железа и фосфора [36]. По данным Канкалона [11], кожура семян содержит приблизительно 50% целлюлозы и лигнина, 25,7% редуцирующих сахаров, 5,17% жиров и 4% белка. Эти данные подчеркивают важность обмолота семян для получения шрота высокого качества.

По содержанию белка подсолнечниковый шрот выгодно отличается от шротов, полученных из семян других масличных культур (табл. 10.2). Он содержит больше белка хорошего качества ($\approx 50\%$), чем семена большинства зерновых культур, которые во многих странах являются основным источником белка [10, 29].

Таблица 10.2. Средний состав шрота, полученного из семян масличных культур

Показатель	Подсолнечник	Хлопчатник	Соя
Влажность	7,0	9,0	11,0
Зола	7,7	6,5	5,8
Сырая клетчатка	11,0	11,0	6,0
Жиры	2,9	1,6	0,9
Белок	46,8	41,6	45,8

Производство белковых концентратов и изолятов

Белковые концентраты и изоляты можно с успехом получать из подсолнечникового шрота или ядер семян [1, 26, 72, 94]. Шведские ученые получили муку из обработанных растворителями ядер семян и коагулированный при нагревании белковый концентрат из водной суспензии муки [1]. Концентрат (52—55% белка и 2—4% клетчатки) был включен в перечень компонентов высокобелковых продуктов, получаемых на основе теффа.

При приготовлении обесцвеченных белковых изолятов из подсолнечника в основном преследуют две цели:

1) экстрагировать белок при минимальной его денатурации и 2) удалить фенольные вещества, которые придают вытяжкам зеленовато-коричневую окраску. Были изучены факторы, влияющие на экстрагируемость белков подсолнечника [27]. При pH 7,0 белок более полно экстрагируется растворами NaCl (1,0 М) или CaCl_2

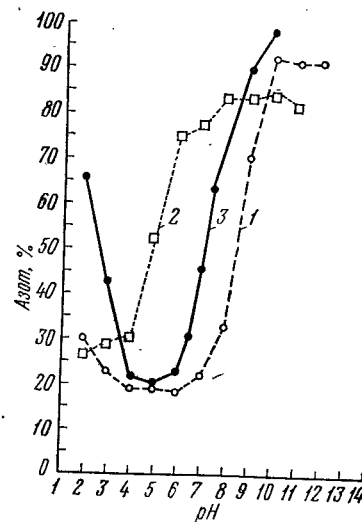


Рис. 10.1. Профили растворимости подсолнечникового шрота в воде (1) и 1 М NaCl (2) и растворимость белкового изолята подсолнечника после осаждения (3).

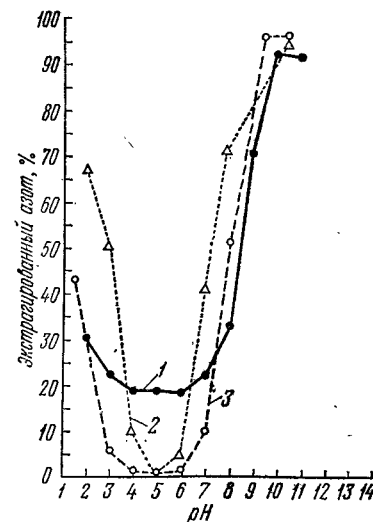


Рис. 10.2. Профили растворимости подсолнечникового шрота (1), белкового изолята (2) и белкового изолята, экстрагированного 50%-ным водным раствором изопропанола (3).

(0,75 М), чем водой (рис. 10.1). Это обусловлено тем, что белки содержат больше глобулинов (56%), чем альбуминов (20—22%) [10, 93].

Жиро и др. [28] экстрагировали небелковый азот из обработанных растворителем семян 10%-ным раствором NaCl в буфере, поддерживающем pH 8,6. Белковый азот затем был экстрагирован в боратном буфере (pH 10,0), содержащем 0,1%-ный раствор меркаптоэтанола и 0,5%-ный раствор додецилсульфата натрия. Белок был очищен от зеленых пигментов с использованием Сефадекса G-50. О'Коннор [72] получил слегка окрашенный белок из подсолнечникового шрота путем экстрагирования белка в щелочном растворе, пропускания экстракта через ультрафильтрующие мембраны и осаждения белка кислотой. Белок извлекается из остатка, который очищен от предшественников, придающих ему зеленую окраску. Все операции производятся в атмосфере инертных газов. Гайасуддин и др. [26] экстрагировали подсолнечниковый шрот при pH 10,5 в присутствии 0,2%-ного раствора сульфата натрия, осаждали белок при pH 5,0 и дважды экстрагировали осадок 50%-ным водным раствором изопропанола. Вытяжка почти белого цвета (состоявшая на 95,9% из белка) еще содержала вещества, которые придавали раствору при pH выше 7,5 коричневую окраску. Как видно из профиля растворимости азота неэкстрагированной и экстрагированной изопропанолом вытяжки (рис. 10.2), экстракция растворителем приводит к незначительной денатурации белков. Совсем недавно Сосульски и др. [94] описали метод, с помощью которого полифенолы и пигменты извлекали диффундированием из целых ядер в водный раствор кислоты (0,001 н. HCl) перед экстракцией белка. В силу того, что при этом использовали высокую температуру (80°С, 6 ч), белок денатурировал. Изолят, полученный методом изоэлектрической преципитации, содержал 98,3% белка и 1,7% золы. Профили растворимости азота белковых изолятов показали, что при диффузионной экстракции ядер при 60°С денатурация меньше, чем при 80°С, однако хлорогеновая кислота экстрагировалась не полностью [44].

Темная, зеленовато-коричневая окраска белкового изолята подсолнечника обусловлена окислением хлорогеновой кислоты, которая осаждается вместе с белком [9, 13, 84, 88]. В ядрах семян подсолнечника обнаруже-

ны в заметных количествах хлорогеновая (1,1—2,0%), кофейная и хинная кислоты (0,07 и 0,15% соответственно) [9, 66]. Поскольку белок подсолнечника экстрагируется в щелочной среде, где происходит неферментативное окисление хлорогеновой кислоты, а осаждается в кислой среде, где полифенолы образуют прочный комплекс с белками с помощью водородных связей, ухудшение цвета становится главной проблемой [26, 33, 61]. В описанных в литературе методах выделения используют следующие подходы к решению этой проблемы: 1) предотвращение окисления путем экстракции в присутствии восстанавливающих агентов или путем исключения кислорода из реакционной смеси [26, 28, 72]; 2) удаление хлорогеновой кислоты из экстракта с помощью Сефадекса G-50 или ультрафильтрации [28, 72]; 3) гидролиз и удаление хлорогеновой кислоты или продуктов ее гидролиза из экстракта перед осаждением белка [94]. Хлорогеновую кислоту и другие полифенолы следует удалять не только потому, что они придают белковым изолятам нежелательный цвет, но и потому, что они образуют комплексы с пищевым белком, что снижает его переваримость [22].

Оценка питательной ценности

Белковые изоляты из семян подсолнечника содержат 90—96% белка и вполне сравнимы с соевыми изолятами [27, 44, 105]. Однако содержание белков в концентратах (52—55%) немного больше, чем в большинстве видов шрота [1].

Данные по аминокислотному составу белковых изолятов из семян подсолнечника ограничиваются одним сообщением [26]. Однако, поскольку концентраты и изоляты обычно готовят из подсолнечникового шрота, некоторые общие сведения об аминокислотном составе можно почерпнуть из данных, касающихся состава шрота. Смит [92] и Кландинин [14] детально изучили питательную ценность ядер из семян подсолнечника и полученного из них шрота. На первом месте среди аминокислот, ограничивающих питательную ценность подсолнечника для человека, стоят незаменимые аминокислоты лизин и изолейцин, а для поросят — лизин [10, 17]. За исключением лизина аминокислотный состав семян подсолнечника лучше, чем сои и семян хлопчатника (табл.

10.3). Хотя белковый изолят подсолнечника содержит меньше цистеина и больше лейцина, фенилаланина и тирозина, чем исходный шрот, лизина в нем столько же. Экстракция изолята 50%-ным изопропиловым спиртом не приводит к изменениям в аминокислотном составе [26].

Таблица 10.3. Аминокислотный состав шрота, полученного из семян масличных культур, г/16 г N

Аминокислота	Стандартный белок ФАО*	Шрот		
		подсолнечниковый (среднее и пределы колебаний для 7 сортов) [17]	соевый	хлопчатниковый [87]
Аргинин	—	8,91(8,4—9,2)	7,6	10,2
Гистидин	—	2,47(2,4—2,6)	2,4	2,7
Изолейцин	4,2	3,97(3,9—4,1)	5,5	4,1
Лейцин	4,8	6,13(6,0—6,2)	7,7	5,7
Лизин	4,2	3,77(3,4—4,2)	6,3	4,3
Метионин	2,2	1,91(1,7—2,1)	1,3	1,2
Фенилаланин	2,8	4,70(4,6—4,8)	4,9	5,3
Треонин	2,8	3,18(3,0—3,4)	3,9	3,2
Триптофан	1,4	1,11(1,0—1,2)	1,4	1,4
Валлин	4,2	4,76(4,3—5,1)	5,3	4,8

* По данным ФАО.

Хотя в белке подсолнечника содержится мало лизина, он превосходит большинство растительных белков по переваримости (90%) и близок к ним по биологической ценности (60%) [14, 92, 27]. В опытах с крысами, которым скормливали подсолнечник в количестве 10% от рациона в качестве единственного источника белка, было установлено, что подсолнечниковый белок превосходит по своей питательной ценности кунжутový белок, примерно равен арахисовому и уступает соевому (табл. 10.4) [19]. При соответствующих добавках лизина и метионина питательная ценность белка подсолнечника равнялась 85. Агрэн и Лиден [1] определили, что показатель использования белка (ПИБ) для коагулированного при нагревании концентрата составляет 1,30—1,44 (в пересчете на казеиново-метиониновый стандартный рацион, ПИБ для которого равен 2,50). При добавлении к концентрату 0,78% лизина ПИБ возрастал до

Таблица 10.4. Относительная питательная ценность белков семян в экспериментах по кормлению крыс (среднее значение \pm средняя квадратичная ошибка)

Культура и сорт	Питательная ценность белка*
Земляной орех (<i>Arachis hypogaea</i> L.):	
Испанский	44 \pm 5
NC-4X	49 \pm 8
Вирджиния (Virginia) (раннеспелый)	45 \pm 9
Алабама (Alabama) (раннеспелый)	32 \pm 13
Сафлор (<i>Carthamus tinctorius</i> L.):	
P-1	49 \pm 9
US-10	63 \pm 20
Джила (Gila)	38 \pm 8
Кунжут (<i>Sesamum indicum</i> L.):	
Американский K10	15 \pm 3
Американский белый	25 \pm 13
Бразильский	42 \pm 6
Мексиканский	34 \pm 11
Реннер 15 (Renner 15)	30 \pm 6
Подсолнечник (<i>Helianthus annuus</i>):	
Эрроухед (Arrowhead)	45 \pm 15
Меннонайт (Mennonite)	44 \pm 10
Грейстрип (Greystripe)	48 \pm 13
Соя (<i>Glycine max.</i> L.) **:	
Чиппьюа (Chippewa)	93 \pm 14
Харосой (Harosoy)	99 \pm 16

* Питательная ценность белка = $\frac{\text{Прирост живой массы крыс (источник белка семена)}}{\text{Прирост живой массы крыс (источник белка казеин)}} \times 100$.

** Нагревались в автоклаве при 121°С в течение 15 мин.

1,7 (значение определялось, как указано выше). Таким образом, в белок из подсолнечника необходимо вносить лизин или скормливать его в сочетании с другими белками, богатыми лизином (например сои, молока, рыбы).

Отрицательное влияние обработки при высоких температурах на питательную ценность белка подсолнечника рассмотрено в ряде обзоров [14, 92]. При температурах 115—125°С и выше 30—40% лизина разрушается [6, 14, 92]. Результаты этих исследований подчеркивают необходимость использования более мягких способов обработки при производстве подсолнечникового шрота.

По имеющимся в литературе данным, подсолнечниковый шрот не содержит токсичных веществ [25, 92]. Од-

нако есть сообщения и о наличии в нем ингибиторов аргиназы [83] и трипсина [1]. Ингибитор аргиназы в основном состоит из фенольных веществ ($\approx 80\%$); его активность главным образом определяется хлорогеновой кислотой и одним из ее азотистых производных. Шведскими исследователям не удалось обнаружить ингибитор трипсина, но они представили доказательства в пользу того, что ПИБ у коагулированного при нагревании концентрата больше, чем у продукта, не подвергавшегося тепловой обработке.

Использование концентратов и изолятов

Шрот, приготовленный из очищенных от лузги семян подсолнечника, обладает рядом свойств (кремовый цвет, приятный ореховый привкус, стойкость при хранении), благодаря которым он может быть использован в качестве пищевого продукта [44, 97, 84]. Основательно обсуждены способы использования в пищу ядер семян подсолнечника, шрота, муки и белковых изолятов [10, 97]. Вот некоторые из этих способов: 1) ядра семян употребляют в пищу в натуральном виде, а также используют как заменитель орехов в хлебопекарных и кондитерских продуктах; 2) шрот из очищенных семян добавляют в хлеб и кукурузные лепешки; 3) из муки делают тесто и пасты; 4) из изолятов готовят текстурированный растительный белок [25, 65, 84, 97]. Когда мука подсолнечника применялась при выпечке хлеба, это вызывало увеличение поглощения воды тестом, оказывало заметное влияние на характер выпечки и приводило к уменьшению объема хлеба. Мука из семян подсолнечника имеет меньшее сходство с пшеничной мукой, чем мука из семян других масличных культур [86], и придает сероватый оттенок продуктам, имеющим светлую окраску, что ограничивает ее применение. Получение почти бесцветных изолятов, очищенных от хлорогеновой кислоты, должно облегчить решение этой проблемы.

Изучены некоторые функциональные свойства белка подсолнечника. Есть сообщения, что по таким показателям, как связывание жира и воды, а также «взбиваемость», мука из подсолнечникового шрота превосходит аналогичный продукт, полученный из сои [36]. Такие факторы, как ионная сила, метод экстракционной обработки ядер семян и изoeлектрического осаждения, зна-

чительно больше влияют на растворимость азота подсолнечникового шрота и полученного из него белкового изолята, чем присутствие хлорогеновой кислоты и экстракция изолята изопропиловым спиртом (рис. 10.1 и 10.2). По профилю растворимости часто можно судить о степени денатурации белка.

САФЛОР

Сафлор (*Carthamus tinctorius* L.) является одной из самых древних из возделываемых масличных культур. Семена сафлора были найдены в захоронениях египетских фараонов. Его издавна выращивали в долине Нила, на Среднем Востоке и Востоке [46, 51] для получения красителя картамина, который применялся для придания желаемого цвета пищевым продуктам и окрашивания тканей.

Сафлор — однолетнее растение, похожее на чертополох, высотой 0,5—1,5 м, цветки желтые или оранжевые собраны в соцветия — корзинки. В каждой корзинке вызревает 15—100 семян. Лучше всего растет в засушливом климате с соответствующей влажностью [47, 48, 51].

Производство и урожай

Производство, переработка и использование сафлора подробно рассмотрены в ряде обзоров [46, 47, 48, 103]; сафлору посвящена обширная библиография [60]. Мировое производство этой культуры резко возросло в начале 1960-х годов и с тех пор поддерживается примерно на одном и том же уровне (табл. 10.5). Резкое увеличение производства было обусловлено скорее возрастанием спроса на сафлоровое масло, содержащее большое количество ненасыщенных жирных кислот, как на пищевой продукт, чем его использованием для промышленных целей [51, 103]. Индия и США занимают первое место в мире по производству сафлора, в этих странах ежегодно собирают около 200 тыс. т семян; за ними следует Мексика (180 тыс. т) [103].

Урожай семян сафлора главным образом зависит от обеспеченности почвы влагой, хотя некоторое влияние оказывают и другие почвенно-климатические условия [46]. Цифры, характеризующие величину урожаев и диапазон их колебаний, суммированы в таблице 10.6. Существенное влияние на урожай оказывает ирригация,

Таблица 10.5. Мировое производство и экспорт семян сафлора, тыс. т

	1955— 1959* г.	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970** г.
Мировое про- изводство	100	576	502	527	594	463	376	571
Мировой экс- порт	34	218	171	196	209	127	100	190

* В среднем за эти годы.

** Предварительная оценка.

Таблица 10.6. Урожай семян сафлора и сбор белка в различных районах*

Районы и условия возделывания	Урожай семян, ц/га	Сбор белка**, кг/га	Литературный источник
Индия, различные районы	2,5—17,5	35—230	[103]
США:			
без орошения	2,5—8,0	35—100	[103]
с орошением	10,0—20,0	130—260	
Калифорния	18,8	245	[46]
США:			
без орошения	4,0—16,0	50—210	[51]
с орошением	20,0—33,0	260—430	
Калифорния	33,0	435	[67]
Аризона	26,5	345	[67]

* Цифры пересчитаны из фунтов или т/акр в кг/га или ц/га.

** Вычислено из расчета, что белок составляет 13% от массы семян сафлора.

Состав

В результате длительной селекции, направленной на выведение сортов, характеризующихся высоким содержанием олеиновой кислоты и тонкой семенной кожурой, состав семян сафлора изменился. Семена старых сортов на 48—51% состоят из ядер, которые содержат большую часть белка и масла, и на 49—52% из семенной кожуры, или перикарпия (которая в основном состоит из клетчатки). Семянки недавно выведенных сортов, характеризующихся тонкой кожурой, на 55—70% состоят из ядер,

остальную их часть составляет кожура [46, 51, 103]. Если рассчитывать на массу целого семени, то более новые сорта могут содержать 35—50% масла и 13—17% белка, а 35—45% приходится на долю семенной кожуры [91, 103].

Состав различных частей семян сафлора представлен в таблице 10.7. Из приведенных данных видно, что в семенах содержится много клетчатки, а в семенной кожуре мало белка.

Таблица 10.7. Состав семян сафлора, % от массы сухого вещества

	Сырой жир	Сырой белок	Сырая клетчатка	Зола	Безазо- тистые экстрак- тивные вещества
Целые семена	36,8— 41,0	15,4— 19,4	20,8— 22,3	2,3—2,6	19— 21,4
Семенная кожура	1,4— 3,2	3,8—5,0	57,1— 60,4	1,4— 2,2	30,6— 33,4
Ядра	59—64	24,9— 29,4	1,0—1,6	2,6—3,9	6,9—9,5
Обезжиренные це- лые семена	—	25,7— 30,7	34,3— 35,9	3,7—4,2	30— 35,8
Обезжиренные яд- ра семян	—	64,0— 71,7	2,8—4,1	7,3—7,9	16,9— 24,3

Данные по четырем промышленным сортам: Джила (Gila), U-5, US-10 и Фрио (Frio).

Приготовление концентратов и изолятов

Одним из главных преимуществ белковых концентратов и изолятов из семян сафлора является низкое содержание или отсутствие в них клетчатки. Копас и Нилэнд [54] описали процесс получения шрота, характеризующегося высоким содержанием белка (41—45%), который состоит из сжатия (прессования) шрота и последующей сортировки материала на основе размера частиц. Продукт используется в качестве кормовой добавки.

Был описан процесс получения муки с низким содержанием клетчатки и высоким содержанием белка и пищевого концентрата, который состоит из следующих этапов: сортировка и удаление поврежденных семян сафлора, экстракция масла и получение шрота с последующим

измельчением его и просеиванием [30]. В результате получается светлая, горькая на вкус мука, которая содержит больше 5% клетчатки, что недопустимо для пищевых продуктов. Пищевой концентрат был приготовлен путем экстракции муки 70—80% этиловым спиртом для удаления веществ, обладающих горьким вкусом и слабительным действием [30, 52]. Природа горького вкуса сафлора хорошо изучена [51, 75, 91]. Недавно было установлено, что источником горечи в продуктах из семян сафлора является лигнановый гликозид—1-метабезиринол-моно- β -D-глюкозид [75]. Кроме того, слабительное действие связано с присутствием безвкусного лигнанового гликозида—2-окси-арктинина [76]. При приготовлении пищевых концентратов удаление этих гликозидов обязательно.

Метод получения продуктов с высоким содержанием белка и низким содержанием клетчатки из целых семян сафлора, муки из жмыха сафлора или очищенного шрота запатентованы [31]. Вкратце процесс, осуществляемый в экспериментальных условиях, включает нагревание семян сафлора до 60—65° С, дробление путем пропускания их через вальцы, противоточную экстракцию гексаном, сбор белкового материала, находящегося во взвешенном состоянии, путем фильтрации или центрифугирования и высушивание. Из 1800 кг семян сафлора получается 180 кг белого, похожего на муку, продукта (65% белка, 2,2% клетчатки), пригодного для скармливания животным. Если в качестве экстрагирующего вещества применяют изопропиловый спирт, то получается пищевой продукт, используемый в качестве белковой добавки.

Белок из семян сафлора можно также выделить путем осаждения его кислотой. Ван Эттен и др. [100] первоначально изучили экстрагируемость азота из обработанных гексаном ядер. Они установили, что при pH 9,0 и выше экстрагировалось более 90% азота, тогда как при pH 4,0—только около 10% (минимальная экстракция).

Таким образом, ядра экстрагировали при pH 9,0, после чего pH доводили до 4,0, чтобы осадить белки, которые промывали дважды водой и высушивали при 60° С. Из 100 г ядер было получено 45 г темно-серого изолята (84% белка). Прежде чем использовать изолят в пищу, нужно провести дополнительную экстрак-

цию и (или) очистку, чтобы удалить вещества, обуславливающие нежелательный вкус и цвет.

Элмквист [18] описал более сложный метод выделения белка из семян сафлора, который включает экстракцию, коагуляцию и выделение белковых волокон. Следует отметить, что, если полученный продукт будет использоваться в пищу, из изолята необходимо удалить вредные и горькие вещества.

Таблица 10.8. Состав продуктов с низким содержанием клетчатки, полученных из коричневых ребристых семян сафлора, % от массы сухого вещества

Продукт	Белок	Кожура*	Жир	Зола	Остальные компоненты
Шрот	64	9	1	8	18
Мука	67	6	1	8	17
Концентрат	81	7	1	9	2

* Вычислено путем удвоения содержания сырой клетчатки.

Питательная ценность

Анализ аминокислотного состава белка сафлора показал, что уровень содержания в нем трех незаменимых аминокислот (лизина, метионина и изолейцина) ниже оптимального (табл. 10.9). Интересно отметить, что бе-

Таблица 10.9. Аминокислотный состав белка сафлора, г/16 г N

Аминокислота	Стандартный белок ФАО [20]	Сафлоровый шрот			Ядра семян сорта Р-1 [100]	Белковый изолят из семян сорта Р-1 [100]	Соевые бобы [63]
		промышленный* [34]	экспериментальный** [34]	по данным Лимана и др. [63]			
Аргинин	—	8,7	8,3	7,8	9,4	9,7	6,9
Гистидин	—	2,3	2,2	2,0	2,6	2,6	2,5
Изолейцин	4,2	4,0	3,8	3,8	3,7	4,4	4,8
Лейцин	4,8	6,1	5,9	5,5	6,0	6,8	7,3
Лизин	4,2	2,8	2,6	2,7	3,2	2,9	5,8
Метионин	2,2	1,6	1,4	1,5	1,5	1,6	1,4
Фенилаланин	2,8	4,3	4,3	5,2	4,3	5,1	4,8
Треонин	2,8	3,1	2,9	2,9	3,2	3,1	3,8
Триптофан	1,4	—	—	1,2	0,9	—	1,7
Валин	4,2	5,5	5,3	4,9	5,3	6,2	5,0

* Шрот, полученный из семян, частично освобожденных от оболочек.

** Шрот, полученный из коричневых ребристых семян, не освобожденных от оболочек.

лок, выделенный Ван Этеном и др. [100], содержал даже меньше лизина, чем обезжиренные ядра. Мировая коллекция сафлора была проверена на наличие растений с высоким содержанием лизина в семенах [74], но ни одного действительно высоколизинового мутанта не было найдено. Следует иметь в виду, что между составом шрота и белкового концентрата, например с волокнистой текстурой, существуют большие различия, о чем свидетельствуют представленные данные. Исследования, проведенные на животных, подтверждают несколько общих выводов: 1) наиболее дефицитной незаменимой аминокислотой является лизин; метионина и изолейцина содержится также мало [19, 51, 57]; 2) цыплята лучше растут при кормлении их сафлоровым шротом с необходимыми аминокислотными добавками, чем при кормлении соевым шротом с добавкой метионина [23, 51]; 3) белок сафлора лучше всего использовать в сочетании с высоколизинным продуктом, например соевой, рыбной и мясной мукой [46, 59]; 4) рационы, содержащие сафлоровый шрот, усваиваются хуже, чем рационы, составленные на основе соевого шрота, так как содержат меньше обменной энергии [53, 57]. Имеются лишь единичные данные о биологической ценности (БЦ), общей переваримости (ОП) или показателе использования белка (ПИБ) сафлора. Согласно им, ОП составляет 86,5—92,4, а БЦ—84,9—86 [51, 90]. Хотя ПИБ муки сафлора, содержащей 58% белка, довольно низок (1,39), его можно повысить до 2,09 путем добавления к муке лизина и метионина [51]. Питательная ценность белков (ПЦБ), полученных из размолотых и обезжиренных гексаном семян сафлора, колеблется в зависимости от сорта (табл. 10.4; [19]). Хотя белок семян сорта Джилла (Gila) по сравнению с US-10 содержит больше лизина, к нему нужно добавлять как лизин, так и метионин, чтобы его питательная ценность достигла уровня аналогичного показателя для сорта US-10. Сорта сафлора несомненно различаются по содержанию лизина, поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Использование белков, полученных из семян сафлора, в качестве кормовых добавок обсуждалось в ряде обзоров [46, 59, 103]. Сафлоровый шрот успешно скармливали цыплятам, курам-несушкам (55, 59, 78, 99, 106), свиньям [103], шиншиллам, кроликам [46], овцам и крупному рогатому скоту [4, 6, 33]. Белок сафлора, обогащен-

Рис. 10.3. Влияние добавок лизина на прирост цыплят (средняя масса 5-дневных цыплят 87 г), содержащихся более двух недель на рационах, в состав которых входил сафлоровый шрот с добавкой лизина:

1 — кукуруза+соя (контроль); 2 — кукуруза+сафлор; 3 — глюкоза+сафлор.

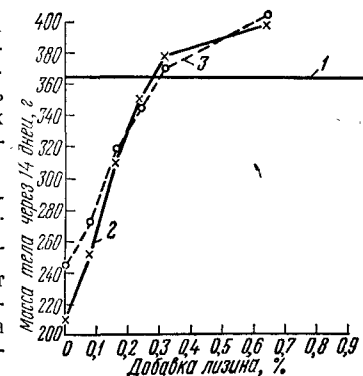
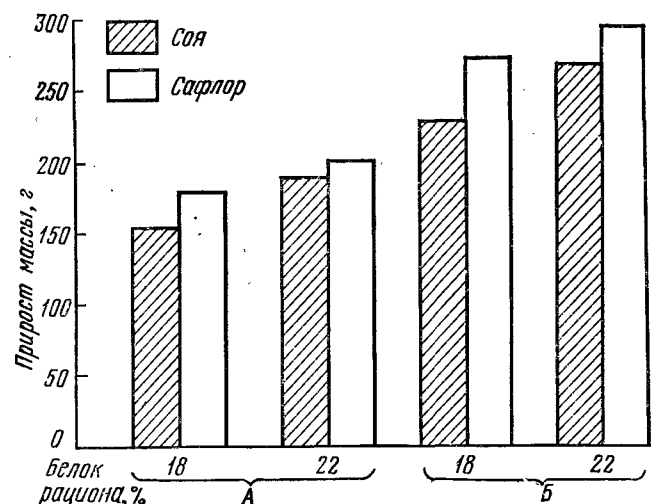


Рис. 10.4. Сравнительный прирост массы цыплят, которым в качестве основного источника белка скармливали сафлоровый и соевый шрот:

А — длительность опыта 14 суток; Б — длительность опыта 18 суток.



ный лизином или используемый в комбинации с высоколизинным белком, обычно составлял 20—50% от общего количества белка в рационе. В нескольких экспериментах цыплята лучше росли на рационах, составленных на основе сафлоровых кормов, обогащенных лизином и метионином, чем на соевом или кукурузно-соевом рационе с добавкой метионина [53, 58]. На рисунке 10.3 показано влияние лизина на прирост массы цыплят, находящихся на кукурузно-сафлоровом рационе. Данные, представленные на рисунке 10.4, убедительно свидетельствуют

об огромной разнице в эффекте, достигаемом после скормливания в течение 18 дней рационов, содержащих равные по калорийности количества сафлора и сои [53].

Эти исследования показывают, что соответствующим образом дополненный сафлоровый белок обладает хорошими питательными свойствами.

Применение концентратов и изолятов

Потенциальная возможность использования белка сафлора в качестве пищевого продукта рассмотрена Келлером [51]. Имеется, однако, мало сообщений о его практическом использовании и действии на человека. Съедобную сафлоровую муку (содержащую 70% белка) в количестве примерно 5% добавляли к муке, из которой пекли лепешки и хлеб. При этом немного уменьшался объем хлеба, и он приобретал явный, хотя и приемлемый, привкус. Волокна, описанные Элмквистом [18], можно использовать для приготовления пищи, имеющей волокнистую структуру, например продуктов, имитирующих мясо и рыбу.

КУНЖУТ

Кунжут (*Sesamum indicum*) — одна из наиболее древних, широко распространенных и ценных масличных культур. Семена содержат около 50% чрезвычайно стабильного масла с хорошим вкусом и около 25% белка с удачно сбалансированным аминокислотным составом и исключительно высоким содержанием метионина. В 1971 г. мировое производство кунжута достигло 2,1 млн. т [21]. Средняя урожайность составляла 3,3 ц/га, а в странах Латинской Америки, где традиционно получают высокие урожаи, достигала 7,20 ц/га. Это соответствует получению приблизительно 360 кг шрота и 180 кг белка с 1 га. Производство, химический состав и использование семян кунжута рассмотрены в ряде обзоров [2, 39, 64, 103].

Кунжутový шрот

Содержание белка в кунжутovém шроте варьирует от 30 до 60%, но для нескольких сортов, высаженных в семи районах, оно в среднем составляло 57% [45]. В таблице 10.10 сравнивается содержание незаменимых ами-

Таблица 10.10. Содержание незаменимых аминокислот в кунжутovém белке, г/16 г N [19]

Аминокислота	Кунжутový белок*	Стандартный белок ФАО
Аргинин	12,0—13,0	2,0
Гистидин	2,4—2,8	2,4
Изолейцин	3,3—3,6	4,2
Лейцин	6,5—7,0	4,8
Лизин	2,5—3,0	4,2
Метионин	2,5—4,0	2,2
Метионин + цистин	3,8—5,5	4,2
Фенилаланин	4,2—4,5	2,8
Треонин	3,4—3,8	2,6
Триптофан	2,0—2,4	1,4
Валин	4,2—4,4	4,2

* Среднее по 5 сортам.

нокислот в белке кунжутového шрота и стандартном белке ФАО. По сравнению с белками семян других масличных культур белок кунжута характеризуется особенно высоким содержанием метионина, недостатком лизина и до некоторой степени изолейцина.

Результаты нескольких опытов по изучению питательной ценности кунжутového шрота суммированы в таблице 10.11. ПИБ заметно возрастает при добавлении к шроту лизина или лизина и треонина. При увеличении содержания лизина до 8,2%, характерного для казеина, ПИБ возрастает до 2,91, что равно аналогичному показателю для казеина. Добавление кунжутového шрота (из расчета, что он обеспечит 25—50% белка) к рационам, состоящим из кукурузного шрота, пшеничной муки и смеси арахисового шрота с нутом, значительно увеличивало ПИБ. В опытах с крысами [19] было показано, что питательную ценность белка кунжутového шрота можно увеличить вдвое, т. е. довести ее до уровня аналогичного показателя для казеина путем добавления к нему 0,2% лизина, 0,1% изолейцина и 0,1% метионина или путем смешивания с равным количеством соевого шрота, отличающегося высоким содержанием лизина.

Было обнаружено, что при кормлении домашней птицы необходимо добавлять к кунжутovém шроту 0,4—0,5% лизина или соевый шрот для того, чтобы получить максимальный прирост и добиться максимальной эффек-

Таблица 10.11. Эффективность использования белка кормов, содержащих кунжутový шрот. Данные получены в экспериментах по кормлению крыс

Источник белка	Содержание белка в радионе, %	ПИБ
Кунжутový шрот*	9	1,35
кунжутový шрот + 0,2% лизина	9	1,57
кунжутový шрот + 0,2% лизина + 0,2% треонина	9	1,82
Кунжутový шрот**	10	1,70
кунжутový шрот + лизин (до 4,2% от общего содержания аминокислот)	10	2,14
кунжутový шрот + лизин (до 8,2% от общего содержания аминокислот)	10	2,91
Белая кукурузная мука	6,9	0,90
белая кукурузная мука (87%) + кунжутový шрот (13%)*	6,9	1,81
Обогащенная пшеничная мука	9	1,08
обогащенная пшеничная мука (91%) + кунжутový шрот (9%)*	9	1,17
Арахисовый шрот + нут*	10	1,79
арахисовый шрот + нут + кунжутový шрот*	10	2,03

* Продолжительность опыта десять недель [43].

** Продолжительность опыта четыре недели [40].

*** Продолжительность опыта десять недель, соотношение белков: 50% из кукурузы, 50% из кунжута [43].

**** Продолжительность опыта 10 недель, соотношение белков: 66,7% из пшеницы, 33,3% из кунжута [43].

* Продолжительность опыта четыре недели, соотношение белков: 50% из арахиса, 50% из нута [41].

* Продолжительность опыта четыре недели, соотношение белков: 50% из арахиса, 25% из нута, 25% из кунжута [41].

тивности использования корма [15]. В опытах по устранению последствий белкового голодания у человека несколько обедненная лизином смесь белков кунжута, арахиса и нута была почти столь же эффективна, как обезжиренное молоко, но уступала последнему в восстановлении содержания сывороточного альбумина.

В тонкой оболочке семян кунжута содержится 1—2% щавелевой кислоты. Для того чтобы получить негорький, богатый белком шрот, с низким содержанием клетчатки, оболочку необходимо удалить, предварительно обработав семена щелочью [35, 62, 89]. Шелуху также

можно удалить из шрота путем просеивания или воздушной сортировки [12], в результате чего содержание белка в нем увеличивается с 51—56% до 60—68%. Если оболочки удаляют до экстракции семян растворителями, то содержание белка в шроте достигает 90%.

Белковые изоляты и гидролизаты из семян кунжута

Как показано в таблице 10.12, кунжутový белок экстрагируется из шрота несколькими растворителями и при разных значениях pH. Обычно наиболее эффективна экстракция щелочью при pH 9—11. Белки осаждают пу-

Таблица 10.12. Экстракция белка из кунжутového шрота

Экстрагирующий растворитель	pH	Экстрагированный белок, %	pH при осаждении белка	Литературный источник
0,5% NaOH	11,7	76	—	[49]
NaOH*	10,5	—	4,0	[3]
NaOH	10,0	—	4,8	[82]
NaOH	9,0	87	—	[7]
0,4% Na ₂ SO ₃	8,2	49	—	[49]
0,6% NaHSO ₃	—	54	—	[7]
10% NaCl	—	80	—	[71]
6% NaCl	—	75	—	[7]
HCl	1,3	36	—	[7]

* Выход белка при осаждении 50%.

тем подкисления экстракта серной кислотой до pH 4,0 и 4,8. Белковые смеси с нужным содержанием незаменимых аминокислот получают, экстрагируя смесь кунжутového и соевого шрота раствором NaOH с небольшим количеством H₂O₂ при pH 10,5, после чего экстракт отделяют и соляной кислотой при pH 4,5 осаждают из него белки [38].

Кунжутový шрот частично гидролизуют путем обработки протеазой из гриба *Trametes sanguina* [96]. Шрот обрабатывают паром в течение 15 мин, подкисляют до pH 2,5—3,0 и выдерживают с 0,25% раствором фермента в течение 5 ч при 45°С. Лиофилизированный экстракт содержит 64% растворимого белка по сравнению с 7,2% растворимого и 49% общего белка в шроте. Содержание всех аминокислот, за исключением метионина, в гидролизате выше, чем в шроте.

В одном из опытов сравнивали питательную ценность кунжутowego шрота, белкового изолята и белкового гидролизата [82]. При получении гидролизата с помощью обработки шрота папайном из шрота удается экстрагировать 50% белка. Биологическая ценность кунжутowego шрота, белкового гидролизата и казеина, вычисленная на основе азотного баланса взрослых крыс, составляла соответственно 59, 70 и 62%. Показатель использования белка для казеина и гидролизата был одинаков и превышал аналогичный показатель для шрота и изолята.

КЛЕЩЕВИНА

Клещевина (*Ricinus communis*) широко культивируется как масличная культура. Семена содержат около 50% масла и 18% белка. Уникальное по своему составу масло, в котором на долю рицинолевой кислоты приходится 90% всех жирных кислот, является важным промышленным сырьем. В 1967—1971 гг. ежегодное производство клещевины в среднем составляло 857 тыс. т [21]. Первое место в мире по производству клещевины занимает Бразилия, средняя урожайность клещевины здесь равна 9,7 ц/га, что эквивалентно получению 485 кг шрота или 175 кг белка с 1 га. Обработка, состав и использование клещевинного шрота рассмотрены в обзорах Альтшуля [2], Фуллера и др. [24] и Вайса [103].

Клещевинный шрот

Шрот или жмых, остающийся после выделения из семян масла путем экстракции или прессования, нельзя использовать на корм скоту, так как он содержит ряд токсичных компонентов [37], таких, как белок рицин, некоторые гликопротеиды, являющиеся сильнодействующими белково-полисахаридными аллергенами [95], и 0,3—0,4% алкалоида рицинина. Из-за наличия токсичных компонентов клещевинный шрот не используют в качестве источника пищевого белка, но широко применяют как удобрение. Однако шрот, освобожденный от аллергенов и токсичных веществ, можно с успехом скормить скоту.

Рицин легко инактивируется при нагревании паром [50], и промышленный клещевинный шрот может быть обезврежен введением около 20% влаги во время нагре-

вания, необходимого для удаления растворителя после экстракции масла [8, 24].

Однако аллергены клещевины не разрушаются при обычном способе детоксикации, и люди, имеющие дело с клещевинным шротом, могут приобрести повышенную чувствительность к ним и страдать от аллергических реакций. Недавно на экспериментальных предприятиях были разработаны методы обработки шрота с использованием пара, извести и аммиака [24, 68, 69]. Оптимальная инаktivация аллергенов достигалась в результате обработки паром в течение 1 ч при давлении 0,7 кг/см², 6 н. аммиаком (45 мин при 80°С) и 4%-ной известью в течение 15 мин при 100°С. Хотя большая часть аллергенов была при этом инаktivирована, содержание некоторых незаменимых аминокислот уменьшилось, особенно при обработке известью.

Если доля клещевинного шрота в рационе высока, рицинин подавляет рост цыплят [70]; для достижения максимальной эффективности использования корма уровень рицинина в рационе цыплят не должен превышать уровня, достигаемого при 10—15%-ном содержании клещевинного шрота в рационах [24].

Подавляющий рост компонент, вероятно рицинин, был экстрагирован из обезвреженного клещевинного шрота горячей водой [102]. Используемый промышленный шрот обезвреживают, обрабатывая в течение четырех часов паром при повышенном давлении (5,4 кг/см²). Полученный продукт содержит 42,5% белка, аминокислотный состав которого представлен в таблице 10.13.

Таблица 10.13. Аминокислотный состав белка клещевинного шрота

Аминокислота	Содержание, г/16 г N	Аминокислота	Содержание, г/16 г N
Валин	5,44	Тирозин	2,82
Изолейцин	4,68	Глицин	4,31
Лейцин	6,42	Аланин	4,26
Треонин	3,44	Пролин	3,74
Метионин	1,51	Серин	5,44
Цистеин	0,68	Оксипролин	0,28
Фенилаланин	4,02	Аспарагиновая кислота	9,67
Лизин	2,68	Глутаминовая кислота	18,87
Гистидин	1,25		
Аргинин	8,61		
Триптофан	0,31		

При экстракции шрота горячей водой не наблюдалось существенных изменений в содержании белка или его аминокислотном составе, и цыплята, получающие таким образом обработанный шрот, росли лучше. Результаты опытов по кормлению цыплят показали, что среди лимитирующих рост аминокислот первое место занимает лизин, а второе — триптофан. Экстрагированный водой шрот, обогащенный лизином и триптофаном, был столь же эффективен в качестве корма цыплят, как и соевый белок с добавкой метионина (табл. 10.14).

Таблица 10.14. Рост цыплят и использование ими белка клещевинного шрота, подвергнутого экстракции водой и детоксикации

Источник белка (содержание в ра- ционе 17%)	Аминокислотные добавки	Масса тела, г*	Используй- вание корма (прирост мас- сы, г на 1 г корма)	Используй- вание чистого белка, %
Клещевинный шрот	—	67	0,03	25
Клещевинный шрот	0,8% лизина + +0,2% трипто- фана + 0,2% метионина**	145	0,37	45
Соевый белковый изолят	0,2% метионина	140	0,44	53

* 7-дневные цыплята получали такой корм в течение 10 дней.

** Такой же прирост наблюдался без добавления метионина.

Недавно были подведены итоги нескольких опытов по кормлению крупного рогатого скота обезвреженным клещевинным шротом, которые проводились в разных районах [8, 103]. Подопытные животные (их было более 300) хорошо росли и дали высококачественную говядину, ни в одном случае не было обнаружено токсических эффектов. Различия в нетто-энергии между хлопчатниковым и клещевинным шротом можно легко устранить, если оставить в последнем при его производстве небольшое количество касторового масла.

Частично обезвреженный промышленный клещевинный шрот скармливали в течение года десяти коровам [104], при этом не было отмечено ни снижения удоев, ни токсических эффектов. Передача аллергена была незначительной. Следы рицинина были обнаружены

только в одном из десятков образцов. При добавлении к рациону 0,5% касторового масла в молоке появились предельно малые количества окисленных жирных кислот. Молоко, полученное в этих экспериментах, лиофилизировали и добавляли в корм крысам (в количестве 20% от рациона) в течение 98 дней. Рост и развитие животных, а также анализы крови и мочи были совершенно нормальными.

Белковые изоляты и гидролизаты клещевины

Белок экстрагировали из клещевинного шрота 0,2—0,4% NaOH, 0,3% Na₂SO₃ и 10% NaCl [49, 101, 42]. Токсичность и питательные свойства этих белков не были изучены.

Клещевинный шрот подвергали ферментативной обработке протеолитической бактериальной культурой, главным образом *Clostridium*, затем автоклавировали и высушивали. Полученный материал содержал 32% частично переваренного белка, который не обладал токсичным действием и служил ценным кормом для млекопитающих и птицы [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agren G., Leiden S.-A. 1968. Some chemical and biological properties of a protein concentrate from sunflower seeds. *Acta chemica Scandinavica*, 22, 1981.
2. Altschul A. M. 1958. *Processed plant protein foodstuffs* (ed. A. M. Altschul). Academic Press, New York.
3. Arthur J. C., Volkert E. C. 1950. Physical and chemical properties of sesame protein. *Journal of Southern Research*, 2, 5.
4. Baker G. N., Böksu T., Baker M. L. 1960. Uncorticated safflower as a protein supplement for wintering calves. *Nebraska Agricultural Experiment Station Bulletin No. 458*.
5. Baker M. L., Baker G. N., Erwin C., Harris L. C., Alexander M. S. 1951. Feeding safflower meal. *Nebraska Agricultural Experiment Station Bulletin No. 402*.
6. Bandemer S. L., Evans R. T. 1963. The amino acid composition of some seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11, 134.
7. Basu U. P., Sen Gupta S. K. 1947. Extraction of ptoein from sesame cake. *Indian Journal of Pharmacology*, 9, 60.
8. Bris E. J., Algeo J. W. 1970. Castor seed byproducts for cattle rations. *Feedstuffs*, 42, 26.
9. Brummett B. T., Burns E. E. 1972. Pigment and chromogen characteristics of sunflower seed. *Journal of Food Science*, 37, 1.
10. Burns E. E., Talley L. T., Brummett B. T. 1972. Sunflower utilization in human foods. *Cereal Science Today*, 17, 287.

11. Cancalon P. 1971. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 629.
12. Carter R. L., Cirino V. O., Allen L. E. 1961. Effect of processing on composition of sesame seed and meal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 38, 148.
13. Cater C. M., Gheyasuddin S., Mattil K. F. 1972. The effect of chlorogenic, quinic and caffeic acids on the solubility and color of protein isolates, especially from sunflower seed. *Cereal Chemistry*, 49, 508.
14. Clandinin D. R. 1958. Sunflower seed oil meal. In: *Processing plant protein foodstuffs* (ed. A. A. Altschul), p. 557. Academic Press, New York.
15. Cuca M., Sunde M. L. 1967. Amino acid supplementation of a sesame meal diet. *Poultry Science*, 46, 1512.
16. Darzins E. 1960. Edible castor cake. US Patent No. 2920963.
17. Earle F. R., Van Etten C. H., Clark T. F., Wolf I. A. 1968. Compositional data on sunflower seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45, 876.
18. Elmquist L. F. 1965. US Patent No. 3175909 (March 30).
19. Evans R. J., Bandemer S. L. 1967. Nutritive value of some oilseed proteins. *Cereal Chemistry*, 44, 417.
20. FAO. 1965. Nutrition Meeting Report Series, No. 37. United Nations, Rome.
21. FAO. 1971. *Production Yearbook* 25, pp. 250—259, United Nations, Rome.
22. Feeny P. P. 1968. Inhibitory effect of oak leaf tannins on the hydrolysis of proteins by trypsin. *Phytochemistry*, 8, 2119.
23. Fisher H., Summers T. D., Wessels T. P. H., Shapiro R. 1962. Further evaluation of protein for the growing chicken by carcass retention method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 13, 658.
24. Fuller G., Walker H. G., Mottola A. C., Kuzmicky D. D., Kohler G. O., Vohra P. 1971. Potential for detoxified castor meal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 616.
25. Gandy D. E. 1972. Projection and prospects for sunflower seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 518A.
26. Gheyasuddin S., Cater C. M., Mattil K. F. 1970a. Preparation of a colorless sunflower protein isolate, *Food Technology*, 24, 242.
27. Gheyasuddin S., Cater C. M., Mattil K. F. 1970b. Effect of several variables on the extractability of sunflower proteins. *Journal of Food Science*, 35, 453.
28. Girault A., Baudet T., Mosse T. 1970. Improvement of the lysine content of the protein of sunflower seeds. *Improvement of Plant Protein by Nuclear Technology*. Symposium Proceedings, p. 275.
29. Glicksman M. 1971. Fabricated foods. *Critical Review of Food Technology*, 2, 21.
30. Goodban A. E. 1967. Safflower protein products for food use. In: First Research Conference on the Utilization of Safflower, May 25—26, 1967, Albany, California.
31. Goodban A. E., Kohler G. O. 1970. US Patent No. 3542559 (November 24).
32. Gopalan C. 1961. Protein malnutrition in India. In: *Meeting protein needs of infants and children* (ed. L. Voris), p. 211. National Academy of Sciences/National Research Council, Washington DC.
33. Goss H., Otagaki H. H. 1954. Safflower meal digestion tests. *California Agriculture*, 8, 15.
34. Guggolz J., Rubis D. D., Herring V. V., Palter R., Kohler G. O. 1968. Composition of several types of safflower seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45, 689.
35. Horvilleur G. 1957. Sesame seed decortication. US Patent No. 2815783.
36. Huffman L. M., Brummett B. J., Burns E. E. 1973. Sunflowers as food. In *League for International Food Education Newsletter*, March 1973 (ed. S. M. Weisberg). Washington.
37. Jenkins F. P. 1963. Allergenic and toxic components of castor meal: review of the literature and studies of the inactivation of these components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14, 773.
38. Johnson R. A., Anderson P. T. 1968. Blended protein isolation process. US Patent No. 3397991.
39. Johnson R. H., Raymond W. D. 1964. Chemical composition of some tropical food plants. III Sesame seed. *Tropical Science*, 6, 173.
40. Joseph A. A., Tasker P. K., Joseph K., Rao N. N., Swaminathan M., Sankaran A. N., Sreenivassan A., Subrahmanyam V. 1962. Fortification of sesame meal with lysine. *Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (Calcutta)*, 22, 113.
41. Joseph K. 1958. Supplementary values of the proteins of Bengal gram and sesame to groundnut protein. *Food Science*, 7, 186.
42. Joshi B. N., Varma J. P. 1955. Castor seed proteins and their viscosities. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 32, 553.
43. Kik M. C. 1960. Effect of amino acid supplements on the nutritive value of proteins in sesame seed and meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8, 327.
44. Kilara A., Humbert E. S., Sosulski F. W. 1972. Nitrogen extractability and moisture adsorption characteristics of sunflower seed products. *Journal of Food Science*, 34, 771.
45. Kinman M. L., Stark S. M. 1954. Yield and composition of sesame as affected by variety and location grown. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 31, 104.
46. Kneeland J. A. 1958. Minor oilseeds and tree nut meals. In: *Processed plant protein foodstuffs* (ed. A. A. Altschul), p. 619. Academic Press, New York.
47. Kneeland J. A. 1966. The status of safflower. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 43, 403.
48. Knowles P. F. 1955. Safflower — production, processing and utilization. *Economic Botany*, 9, 273.
49. Kodangekar P. R., Mandlekar M. R., Mehta T. N. 1946. Utilization of vegetable oil cakes for the production of protein. *Journal of the Indian Chemical Society*, 9, 34.
50. Kodras R., Whitehair C. K., MacVicar R. 1949. Studies on the detoxication of castor meal pomace. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 26, 241.

51. Kohler G. O. 1966. Safflower, a potential source of protein for human food. In: *World Protein Resources* (ed. R. F. Gould). *Advances in Chemistry Series*, 57, 243.
52. Kohler G. O. 1969. Utilization prospects of safflower. In: Third Safflower Research Conference, May 7—8, 1969, Davis, California.
53. Kohler G. O., Kuzmicky D. D., Palter R., Guggolz J., Herring V. V. 1966. Safflower meal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 43, 413.
54. Kopas G. A., Kneeland J. A. 1966. US Patent No. 3271160 (September 6).
55. Kratzer F. H., Williams D. 1951. Safflower oil meal in rations for chicks. *Poultry Science*, 30, 417.
56. Kromer G. W. 1967. Sunflowers gain as an oilseed crop in the United States. ERS-360, Economic and statistical analysis division, Economic Research Service, Washington DC.
57. Kuzmicky D. D. 1967. Safflower meal in poultry rations. In: First Research Conference on Utilization of Safflower, May 25—26, 1967, Albany, California.
58. Kuzmicky D. D., Kohler G. O. 1968a. Safflower meal—utilization as a protein source for broiler rations. *Poultry Science*, 47, 1266.
59. Kuzmicky D. D., Kohler G. O. 1968b. Safflower meal—the effect of chick age and ration lysine content on its use in chick starter rations. *Poultry Science*, 47, 1473.
60. Larson N. G. 1962. Safflower 1900—1960 a list of selected references. Library List 73, National Agricultural Library, Washington, DC.
61. Loomis W. D., Battaile J. 1966. Plant phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. *Phytochemistry*, 5, 423.
62. Lucidi I. C. 1962. Decorticating sesame seeds. US Patent No. 3054433.
63. Lyman C. M., Kuiken K. A., Hale F. 1956. Essential amino acid content of farm feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4, 1008.
64. Lyon C. K. 1972. Sesame: composition and use. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 245.
65. McGregor D. 1970. Formulation of new sunflower seed products. In: Proceedings of the 4th International Sunflower Conference, Memphis, Tennessee.
66. Milic B., Stojanovic S., Vulcurevic N., Turcis M. 1968. Chlorogenic and quinic acids in sunflower meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19, 108.
67. Miller M. D. 1969. Economic and utilization outlook. In: Third Safflower Research Conference, May 7—8, 1969, Davis, California.
68. Mottola A. C., Mackey B., Herring V. 1971. Castor meal antigen deactivation—pilot plant steam process. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 510.
69. Mottola A. C., Mackey B., Herring V., Kohler G. 1972. Castor meal antigen deactivation—pilot plant ammonia process. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 101.
70. Murase K., Kusakawa S., Yamaguchi C., Takahashi T., Funatsu M., Goto I., Koya O., Okamoto S. 1966. Toxicity of ricinine in castor meal. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 40, 61.
71. Nath R., Giri K. V. 1957. Solubilization of proteins of sesame and characterization by electrophoresis. *Journal of Scientific and Industrial Research*, C, 16, 5.
72. O'Connor D. E. 1971. US Patent 3622556. (November 13).
73. Ohlson R. 1972. Projection and prospects for rapeseed and mustard seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 522A.
74. Palter R., Kohler G. O., Knowles P. F. 1969. Survey for a high lysine variety in the world collection of safflower. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17, 1298.
75. Palter R., Lundin R. E. 1970. A bitter principle of safflower: matairesinol monoglucoside. *Phytochemistry*, 9, 2407.
76. Palter R., Lundin R. E., Haddon W. F. 1972. A cathartic lignan glycoside isolated from *Carthamus tinctorius*. *Phytochemistry*, 11, 2871.
77. Panchenko A. Y. 1966. Sunflower production and breeding in the USSR. In: Second International Sunflower Conference, August 17—18, 1966, Manitoba.
78. Peterson C. F., Wiese A. C., Anderson G. J., Lampman G. E. 1957. The use of safflower oil meal in poultry rations. *Poultry Science*, 36, 3.
79. Pomenta J. V., Burns E. E. 1971. Factors affecting chlorogenic, quinic and caffeic acid levels in sunflower seed kernels. *Journal of Food Science*, 36, 490.
80. Pomenta T. F. 1970. Chemical and physical characteristics of selected types of sunflower seeds. MS Thesis. Texas A & M University, College Station, Texas.
81. Posey M. H. 1969. Sunflower: a literature survey. Jan. 1960—June 1967. Library List No. 95, National Agricultural Library, Washington, DC.
82. Rastogi M. K., Krishna Murti C. R. 1962. Biological value of sesame cake, protein isolate and protein hydrolysate. *Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (Calcutta)*, 22, 51.
83. Reifer L., Augustyniak. 1968. Preliminary identification of the arginase inhibitor from sunflower seed. *Bulletin de l'Academie polonaise des Sciences*, Cl. II, 16, 139.
84. Robertson J. A. 1972. Sunflower: America's neglected crop. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49, 239.
85. Robertson J. A., Thomas J. K., Burdick D. 1971. Chemical composition of the seed of sunflower hybrids and open pollinated varieties. *Journal of Food Science*, 36, 873.
86. Rooney L. W., Gustafson C. B., Clark S. P., Carter C. M. 1972. Comparison of the baking properties of several oilseed flours. *Journal of Food Science*, 37, 14.
87. Rutkowski A. 1971. The feed value of rapeseed meal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 863.
88. Sechet-Sirat T., Masqueitar T., Teyeay F. 1959. Pigments in sunflower seeds. I. Chlorogenic acid. *Bulletin de la Société de chimie biologique*, 41, 1059.
89. Shamanthaka Sastry M. C., Subramanian N., Rajagopalan R. 1969. Wet dehulling of sesame seed to obtain superior protein concentrates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 46, 592A.

90. Shoji K., Tajima M., Totsuka K., Iwai H. 1966. Feeding value of safflower meal. *Japanese Poultry Science*, 3, 63.
91. Smith A. K. 1971. Practical consideration in commercial utilisation of oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 38.
92. Smith K. J. 1968. A review of the nutritional value of sunflower meal. *Feedstuffs*, 40, 20.
93. Sosulski F. W., Bakal A. 1969. Isolated proteins from rapeseed, flax, and sunflower meals. *Journal of the Canadian Institute of Food Technology*, 2, 28.
94. Sosulski F. W., McCleary C. W., Soliman F. S. 1972. Diffusion extraction of chlorogenic acid from sunflower kernels. *Journal of Food Science*, 37, 253.
95. Spies J. R., Coulson E. J. 1943. Isolation and properties of an active protein—polysaccharidic fraction from castor seeds. *Journal of the American Chemical Society*, 65, 1720.
96. Sreekantiah K. R., Ebine H., Ohta T., Nakano M. 1969. Enzymic processing of vegetable protein foods. *Food Technology*, 23, 1055.
97. Talley L. D., Brummett B. J. C., Burns E. E. 1970. Utilization of sunflower in human food products. In: Proceedings of the 14th International Sunflower Conference, Memphis, Tennessee.
98. Trotter W. K., Givan W. D. 1971. Economics of sunflower oil production and use in the United States. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 442A.
99. Valadez S., Featherston W. R., Pickett R. A. 1965. Utilization of safflower meal by the chick and its effect upon plasma lysine and methionine concentration. *Poultry Science*, 44, 909.
100. Van Etten C. H., Rackis J. J., Miller R. W., Smith A. K. 1963. Amino acid composition of safflower kernels, kernel protein, and hulls and solubility of kernel nitrogen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11, 137.
101. Vassel B. 1952. Extracting vegetable protein. US Patent No. 2607767.
102. Vilhjalmsdottir L., Fisher H. 1971. Castor meal as a protein source for chickens: detoxification and determination of limiting amino acids. *Journal of Nutrition*, 101, 1185.
103. Waiss E. A. 1971. Castor, sesame and safflower. Barnes-Noble Inc., New York.
104. Walker H. G., Robb J. G., Laben R. C., Herring V. 1972. Use of castor meal in dairy rations. In: Abstracts of the 57th annual meeting of American Association of Cereal Chemists, Miami, 1972.
105. Wolf W. J. 1972. What is soy protein? *Food Technology*, 26, 44.
106. Young R. D., Halloran H. R. 1962. Decorticated safflower meal in chicken rations. *Poultry Science*, 41, 1696.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

107. Shamanthaka Sastri M. C., Subramanian N., Parpia H. A. B. 1974. Effect of dehulling and heat processing on nutritional value of sesame proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 51, 115.

108. Guieria M. J., Park Y. K. 1975. Extraction of sesame seed protein and determination of its molecular weight. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 52, 73.
109. Yermanos D. M., Saleeb W., Labanauskas C. K., Cavanagh G. C. 1971. The sesame plant as a source of protein and other nutrients. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 831.
110. Sosulski F., Fleming S. E. 1977. Chemical, functional and nutritional properties of sunflower protein products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 54, 100A.
111. Betschart A. A. 1975. Factors influencing the extractability of safflower protein (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Food Science*, 40, 1010.
112. Betschart A. A. 1978. Preparation of protein isolates from safflower seeds. U. S. Patent No. 4072669 (February 7).
113. Betschart A. A., Saunders R. M. 1978. Safflower protein isolates: Influence of recovery conditions upon composition, yield, and protein quality. *Journal of Food Science*, 43, 713.

11. АРАХИС

О. Л. Оке, Р. Х. Смит, А. А. Вудхам

Арахис (*Arachis hypogaea* Linn.) — однолетнее травянистое растение семейства бобовых, принадлежащее к отряду мотыльковых. Нуждаясь для своего развития в теплом климате с умеренными осадками или искусственным орошением, а также требуя много солнечного света во время вегетационного периода, представители этого семейства могут произрастать в тропиках и субтропиках, Средиземноморье и в районах с умеренно теплым климатом. Различные сорта могут быть в общих чертах разделены на два типа — кустовые (или прямостоячие) и стелющиеся (или ползучие). Растения имеют перистые листья и желтые венчики цветков, главный стебель достигает обычно в высоту 25—50 см и сильно ветвится.

После опадения венчика основание завязи начинает разрастаться, образуя иглоподобный орган — гинофор, который сначала растет вверх, затем, сделав изгиб, — вниз и погружает в землю завязь, из которой в почве образуется плод — боб, содержащий от одного до трех семян.* Идеальной почвой для арахиса является хорошо дренированная, плодородная супесь.

* Благодаря этой особенности плодоношения нередко в отечественной (преимущественно неботанической литературе) арахис называют земляным орехом. — Прим. ред.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ

Обычно сеют бобами (37—50 кг/га) или вылушченными семенами (24—37 кг/га с площадью питания 45×30 см), нормы посева в разных странах сильно различаются. Повышение урожая ядер, которое можно было бы ожидать при увеличении густоты стояния растений на единицу площади, обычно не наблюдается из-за уменьшения числа бобов на растение [26]. Нешелушенные семена прорастают через 6—10 дней, шелушенные — через 4—5 дней.

Обычно внесение азотных удобрений не дает большого эффекта, хотя есть данные, что в Северной Африке и Индии при их использовании из расчета 25 кг N/га удалось повысить урожай приблизительно на 20%. Гораздо более эффективно внесение навоза (2—7,5 т/га) [31]. В Нигерии при внесении суперфосфата (63,5—127 кг/га) наблюдалось увеличение урожая. Это, по-видимому, было обусловлено обогащением почвы кальцием и серой, что способствует образованию клубеньков [21, 22].

В нормальных условиях длина вегетационного периода 120—140 дней, однако в некоторых районах при использовании скороспелых сортов можно получать второй урожай. Не следует запаздывать с уборкой, которую надо начинать, как только листья слегка пожелтеют, в противном случае семена могут начать прорастать. После сушки на солнце, которая не должна быть продолжительной из-за опасности растрескивания семян, их обмолачивают и хранят в сухом прохладном месте. Неправильное хранение может привести как к поглощению посторонних запахов, так и к заражению грибом *Aspergillus flavus*, вырабатывающим афлатоксин. По-видимому, оптимальная влажность семян при хранении составляет примерно 6,5%.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ АРАХИСА

Арахис начали возделывать по крайней мере 600 лет назад, однако семена дикорастущих видов, по-видимому, потреблялись человеком и животными еще раньше. Это один из самых концентрированных пищевых продуктов, так как содержит много жира и белка. Так, 1 г арахиса обеспечивает 25 кДж энергии, в то время как сахар 17,

полированный рис 15, а кукуруза 14,7 кДж [32]. Так как арахис очень богат белком, в тех странах, где он выращивается, за его счет может покрываться значительная часть суточной потребности в белке. Подсчитано, что даже в Индии, где численность населения очень высока, на долю арахиса приходится около 10% потребляемого белка, исходя из расчета, что суточная потребность человека в сыром белке составляет 40—70 г (СБ=N×6,25), из которых 5 г он получает за счет арахиса. В Западной Африке, где население немногочисленно, а арахиса производится много (например, в Нигерии на каждого человека в среднем приходится по 10 г арахиса в день [28]), потребность в белке можно было бы в значительной степени удовлетворять за счет потребления арахиса. Однако в этих странах он является важнейшей товарной культурой, и большая часть продукции идет на экспорт. Расширение производства арахиса в США после гражданской войны, сопровождавшееся его появлением на европейских рынках в 1840 г., привело к созданию крупных предприятий, предназначенных для получения масла. Производство арахиса в основном сосредоточено в странах, указанных в таблице 11.1.

Использование отходов масложитной промышленности в качестве корма для свиней и птицы потребовало изучения их питательной ценности не только как белко-

Таблица 11.1. Производство арахиса в главных странах-производителях, тыс. т*

	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.
Индия	5731	4631	5130	6065	5800**
КНР	2300**	2150**	2350**	2650**	2700**
Нигерия	1256**	1445**	1365**	780**	1100**
США	1122	1153	1147	1351	1357
Сенегал	1005	830	796	583	960
Бразилия	751	754	754	928	850***
Бирма	389	398	444	520	520***
Индонезия	402	478	445	488	480***
Южная Африка	429	227	368	318	399
Аргентина	354	283	217	235	388
Судан	297	197	383	353**	353***
Уганда	200**	234	234**	234**	234***

* Production Yearbook, 1971, № 25, p. 232, FAO, Rome.

** По неофициальным данным.

*** По данным FAO.

вого корма, но и как добавок к другим кормовым продуктам, таким, как зерновые. В США целые орехи арахиса обычно используют на корм свиньям, однако вследствие высокого содержания в них масла получается мягкий шпик. В таблице 11.2 представлен состав ядер

Таблица 11.2. Состав ядер арахиса, %*

Показатель	Диапазон колебаний	Среднее значение
Влажность	3,9—13,2	5,0
Белок	21,0—36,4	28,5
Жиры	35,8—54,2	47,5
Сырая клетчатка	1,2—4,3	2,8
Безазотистые экстрактивные вещества	6,0—24,9	13,3
Зола	1,8—3,1	2,9
Редуцирующие сахара	0,1—0,3	0,2
Дисахариды	1,9—5,2	4,5
Крахмал	1,0—5,3	4,0
Пентозаны	2,2—2,7	2,5

* Freeman A. F., Morris N. J., Willich R. K. 1954. Peanut Butter. USDA Paper No. AIC-370. Southern Regional Research Laboratory, New Orleans, Louisiana.

арахиса. Хорошим кормовым продуктом является шрот, хотя по аминокислотному составу арахисовый белок уступает большинству других растительных белков, являющихся источником незаменимых аминокислот для нежвачных животных (табл. 11.3). В шроте имеются такие угнетающие рост вещества, как ингибитор трипсина [7], однако при правильной обработке шрота активность ингибитора, по-видимому, в достаточной мере подавляется [42].

Для оценки питательной ценности арахисового шрота было проведено много экспериментов на крысах, цыплятах и свиньях, в которых сравнивали ряд образцов арахисового шрота между собой и с другими белковыми концентратами [18] по таким показателям, как доступность аминокислот [8] и содержание лимитирующих аминокислот [3, 6, 19, 27, 41].

Результаты всех этих исследований свидетельствуют о том, что арахис как источник белка для нежвачных животных в целом уступает таким растительным белковым кормам, как соевые бобы и семена хлопчатника. Это обусловлено главным образом низким содержанием

Таблица 11.3. Уровень содержания аминокислот, необходимых для нежвачных животных, в арахисовом шроте по сравнению с соевым, хлопчатниковым и подсолнечниковым, г/16 г N*

Аминокислота	Шрот			
	арахисовый	соевый	хлопчатниковый	подсолнечниковый
Число образцов	(8)	(7)	(6)	(2)
Треонин	2,6—3,5	3,8—4,3	3,1—3,7	3,6—3,8
Глицин	5,2—6,5	3,9—4,7	4,3—5,6	5,5—5,7
Валин	3,6—4,9	4,7—5,5	4,8—5,2	4,6—5,0
Цистин	1,1—1,4	1,3—1,6(5)	1,9(1)	1,9—2,2
Метонин	0,7—1,0	0,9—1,5	1,0—1,7	2,4(2)
Изолейцин	3,4—4,3	4,2—5,2	3,4—3,9	3,9—4,3
Лейцин	5,9—6,8	7,4—8,4	6,3—7,3	6,2(2)
Тирозин	3,9—5,6	3,4—4,0	2,4—4,0	2,5—2,7
Фенилаланин	4,3—7,3	5,1—6,0	5,6—6,8	4,3—4,8
Лизин	3,2—4,0	6,0—6,9	3,8—5,2	3,5—3,7
Гистидин	2,1—2,7	2,1—3,4	2,7—3,3	2,4—2,6
Аргинин	10,0—16,0	7,1—8,5	10,8—13,0	8,5—8,7
Триптофан	1,1(1)	1,9(1)	—	1,8(1)

* Разброс для каждого варианта получен на основе учета данных для всех изученных в варианте образцов, за исключением тех случаев, где число проанализированных образцов указано в скобках. Все анализы выполнялись в Роветтском исследовательском институте с использованием автоматического аминокислотного анализатора Техникон NCI, с помощью которого полученные данные для всех аминокислот, за исключением триптофана. Цистин и метонин определяли в пробах, окисленных с помощью муравьиной кислоты. Триптофан определяли калориметрически по модифицированному методу Списа и Чэмберса [39].

лизина и серосодержащих аминокислот — незаменимых аминокислот, которые, по-видимому, отсутствуют в рационах, основанных на зерне.

В рамках содействия выполнению Международной биологической программы в Великобритании изучалось влияние условий внешней среды на белки арахиса и межсортовые различия. Содержание белка в семенах различных сортов, возделываемых в Индии, варьирует от 43,8 до 65,3%, однако это не оказывает существенного влияния на их биологическую ценность, чего и следовало ожидать на основании данных о содержании метионина [10]. Другие индийские исследователи установили, что различия в аминокислотном составе белков у семян различных сортов невелики, что было подтверждено в опытах по кормлению крыс [11].

Основная часть белков арахиса содержится во фракциях, которые называют арахисом и конарахином; пер-

вая количественно преобладает [13, 40]. Показано, что состав фракций в значительной степени зависит от сорта и места культивирования. Конарахиновые фракции из семян одного и того же сорта, выращенных в разных районах, могут иметь различные электрофоретические свойства [14]. Химический состав таких конарахинов различен: анализ аминокислотного состава этих фракций обнаружил колебания от 68 до 82; это означает, что имеются большие возможности для подбора более подходящих сортов арахиса для выращивания в определенных зонах. Международная биологическая программа практически способствовала созданию генетического банка в районе Самару в Нигерии. Это было осуществлено с помощью поддержания коллекции, отбора и сохранения сортов и разновидностей различного происхождения. В результате ввоза новых сортов были внедрены высокоурожайные сорта, способные давать 16,8—22,4 ц/га. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы установить, обладают ли эти высокоурожайные сорта высокой питательной ценностью.

Переработка арахиса

Традиционно большинство масличных семян перерабатывают с целью получения из них масла, а остающийся шрот или жмых используют или на корм скоту, или, если они повреждены при тепловой обработке или сильно заражены, в качестве удобрения. Однако признается возможность использования шрота масличных культур при соответствующем улучшении его свойств в качестве источника белка в пище человека (см., например, [5]); осознание этой возможности наряду с увеличением спроса на дешевые, полноценные белковые добавки при производстве приемлемой пищи привело к некоторым усовершенствованиям обычных промышленных методов получения масла. Таким образом, небольшая, но увеличивающаяся доля шрота, получаемого из семян масличных культур, становится по своему качеству вполне пригодной для использования непосредственно для питания человека.*

* Продуктам из арахиса приходится выдерживать конкуренцию с древесными орехами и пищевыми пастами. Стоимость шрота из нешелушенных бобов (26% белка) составляет 60—70% стоимости шрота из шелушеного арахиса (45% белка). — Ред.

Обычные методы переработки

При обычном промышленном методе получения масла и жмыха из арахиса (например, [37]) орехи просеивают, чтобы удалить камни, мусор и металлические частицы, затем шелушат и обрабатывают паром для коагуляции белка и освобождения масла. Экстракция масла осуществляется или механическим прессованием, обычно в непрерывном режиме (с помощью шнекового пресса), или путем экстракции растворителями после предварительного отжима масла при незначительном давлении (экстракция растворителем с предварительным прессованием). Хороший эффект достигается при использовании растворителей гексанового и циклогексанового типа. Трихлорэтилен дает темное масло, содержащее большое количество фосфатидов, являющихся ценным побочным продуктом, но получаемый при этом шрот может оказаться токсичным. Растворитель удаляют из шрота при нагревании паром.

Технология получения пищевых продуктов

Технология получения пищевых продуктов требует введения дополнительных операций и модификаций существующего оборудования, с тем чтобы условия производства соответствовали санитарным требованиям, а получаемый продукт, сохраняя оптимальную белковую питательность, не содержал бы токсичных факторов и обладал в то же время приемлемыми физическими и органолептическими свойствами.

К пищевым арахисовым белковым продуктам относится мука (45—60% сырого белка), изоляты (90—95% сырого белка) и липидно-белковый изолят «Липро» (65% сырого белка). Их состав приведен в таблице 11.4.

Так как стоимость производства муки невысока и в ней сохраняется фракция нерастворимых углеводов, она должна рассматриваться как наиболее полезный из перечисленных продуктов для использования в чрезвычайных продовольственных программах, которые предусматривают включение белка в сбалансированные питательные смеси [5]. Белковые и липидно-белковые изоляты значительно дороже из-за более высокой стоимости их производства, однако их физические свойства позволяют более легко приспособить эти продукты для

Таблица 11.4. Состав продуктов из арахиса: жмыха, шрота, муки и белкового изолята

	Жмых, полученный из шелухе-ного арахиса с помощью шнекового прессования*	Шрот, полученный из шелухе-ного арахиса*	Высококачественная мука из арахиса, выращиваемого в США**	Белковый изолят**
Влажность	10	10	8	3,4
Сырой белок (N×6,25)	45,4	49,7	60	95
Жиры	6,0	0,7	0,75	0,5
Сырая клетчатка	6,5	7,9	4,5	—
Безазотистые экстрактивные вещества	26,4	26,0	22,5	—
Зола	5,7	5,7	4,5	0,5

* Evans, 1960.

** Woodroof, 1966.

*** De, Cornelius [15].

различных целей. Больше всего они подходят для изготовления напитков, например искусственного молока или мороженого. Кроме того, благодаря своим функциональным свойствам они широко используются в пищевой технологии в качестве веществ, не имеющих питательной ценности.

Существующие маслособойные заводы обычно можно приспособить к производству пищевой арахисовой муки. Практически это состоит в следующем: 1) дополнительная обработка для получения чистой белой мякоти, предназначенной для прессования; 2) всемерное улучшение санитарно-гигиенических условий производства; 3) усовершенствование системы контроля. Такой дополнительный контроль и осторожность необходимы в процессе тепловой обработки и прессования (температура не должна превышать 120°С) и в процессе экстракции, которая должна осуществляться с применением достаточно чистого гексана [34]. Примерный перечень оборудования и затрат, необходимых для модернизации существующих заводов и строительства новых, а также анализ производственных затрат в разных странах приводятся в блестящем обзоре Де и Корнелиуса [15]. Вудхэм и Даусон [45] дают краткую сводку о темпера-

турах, используемых во время обработки арахиса на промышленных предприятиях, и о их влиянии на питательную ценность арахисового белка.

Арахисовая мука

Перед закупкой арахиса, предназначенного для производства пищевой муки, необходимо взять соответствующие пробы и убедиться, что он не заражен плесенью и вредителями.

На фабрике арахис следует хранить в сухом, прохладном месте и предохранять от заражения плесенью и насекомыми, а также от набегов грызунов. Ядра, выделенные из очищенных, шелушенных орехов бланшируют (обычно нагреванием), чтобы удалить семенную оболочку (кожицу), которая содержит ингибиторы роста, и зародыши, в состав которых входят вещества, имеющие горький вкус. Затем нужно отделить обесцвеченную мякоть, для этой цели удобно использовать цветочувствительный электронный сепаратор, который, как полагают, эффективен для отбраковки орехов, содержащих афлатоксин [35].

Аналогичная операция (сортировка по цвету) может также понадобиться перед бланшированием. Белую мякоть можно подвергать тепловой обработке и прессованию, как описывалось ранее.

Арахисовые белковые изоляты

При обычных способах обработки [15] пищевую муку или жмых экстрагируют слабым раствором NaOH, а нерастворимую волокнистую фракцию отделяют центрифугированием или фильтрованием. Белки арахиса осаждают из раствора, понижая pH фильтрата до 4,5, или с помощью классического китайского метода — нагревания в присутствии ионов Ca²⁺. Преимущества последней процедуры заключаются в том, что она может способствовать устранению неприятного запаха и афлатоксина; с ее помощью можно также получить белок с консистенцией «жвачки», который, в свою очередь, может облегчить производство волокнистых (текстурированных) аналогов мяса [5].

По методу Чэйена [38], бланшированную мякоть, используемую в качестве корма для скота, измельчают

в слабом растворе NaOH с помощью импульсного метода вытопки масла. Полученную жидкость разделяют при высокоскоростном центрифугировании на три потока, несущих углеводы, масляную эмульсию и липидно-белковый комплекс. Последний осаждают, уплотняют с помощью центрифугирования, нейтрализуют, стерилизуют и, наконец, высушивают путем распыления, получая продукт, названный «Липро» («Lipro»), содержащий 65% сырого белка и 32% жира. В Плимуте в 1960—1967 гг. объединением «Международные белковые продукты» был введен в действие промышленный цех для производства «Липро», перерабатывающий 1 т сырых ядер в 1 ч. В 1966 г. цена на «Липро» составляла около 280 фунтов за тонну. Подсчитано, что для того, чтобы производство «Липро» по методу Чэйена было экономически выгодно, мощность фабрики должна быть не меньше 8300 т продукта в год. Для превращения «Липро» в обычный белковый изолят, содержащий 95% сырого белка, можно использовать экстракцию растворителями.

Процесс, названный CFTRI [15, 30], по существу основанный на методе Чэйена, предназначен для получения изолята с более высоким содержанием белка (92%) при лучшем отделении масла (91—94%). Компания Тата Ойл Милл в Бомбее ввела в действие фабрику с проектной мощностью 2 т изолята в день, но она пока не вышла на расчетную мощность. На модернизированной фабрике в Ахмедабаде производят 100 кг изолята в день, но при этом отделяется только 80—82% масла.

Арахисовая мука и изоляты в белковых продовольственных программах

Этот вопрос обсуждают Де и Корнелиус [15], обращая особое внимание на его значение для Нигерии, Сенегала и Индии. В других обзорах, например Чандрасекхара и Раманна [9], Орра и Адэйра [30], как и в сводке Де и Корнелиуса, приводятся экспериментально полученные показатели качества арахисовой муки, предназначенной для использования в пищу человека. Эти данные суммированы в таблице 11.5. К сожалению, совершенно очевидно, что патогенная плесень *Aspergillus flavus* создает серьезные ограничения в использовании арахиса в качестве дешевого белкового продукта.

Афлатоксин

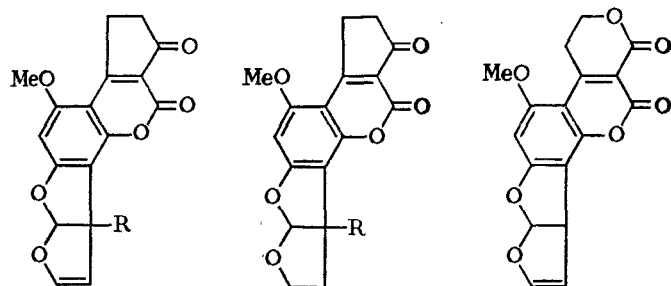
Х-болезнь индеек, по-видимому, новое заболевание, этиология которого неясна, привела в 1960 г. в Англии к гибели 100 тыс. норфолкских индеек. Позднее было установлено, что причиной этого заболевания был токсичный шрот из бразильского арахиса и что болезнетворный агент — афлатоксин — является продуктом жизнедеятельности плесневого гриба *Aspergillus flavus*. Обычно в зараженном этим грибом арахисе присутствуют

Таблица 11.5. Состав и свойства пищевой арахисовой муки [15, 33]

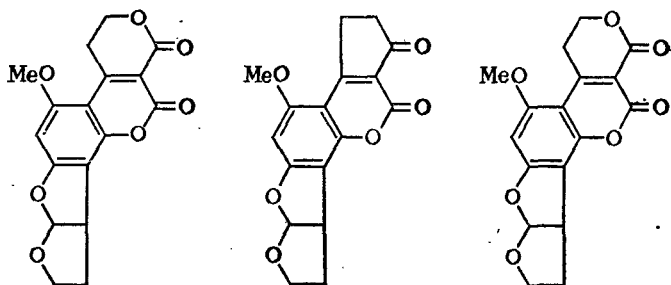
Свойства:	
а) цвет	светлый, рыжевато-коричневый или темно-желтый
б) запах	приятный, без затхлости и следов растворителя
в) вкус	должен быть приятным
г) частицы	не должно быть грубых или твердых частиц
Состав, %:	
влажность 7,0—11,0	
сырой жир (максимум) 8,0	
сырой белок (N×6,25) (минимум) 48,0	
сырая клетчатка (максимум) 3,5	
зола (максимум) 4,5	
свободные жирные кислоты (максимум) 1,0 (в масле)	
Качество белка:	
а) доступный лизин	
б) индекс белковой дисперсии	
Переработка должна приводить к достижению максимальных значений этих показателей; минимально допустимые значения не были установлены.	
Афлатоксин	
Максимально допустимый уровень 30 мкг/кг	
Бактериологические признаки	
Продукт не должен содержать <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> и патогенов. Общее количество бактерий не должно превышать 20 000 клеток/г.	
Зола, нерастворимая в кислотах	
Не должна превышать 1% массы образца.	
Заражение насекомыми и грызунами	
Продукт не должен содержать насекомых и их частей, а также волос и экскрементов грызунов.	

четыре близкородственных соединения — афлатоксины B_1 , B_2 , G_1 и G_2 . При поедании жвачными животными зараженного арахиса, содержащего афлатоксины B_1 и B_2 , в их организме образуются афлатоксины M_1 (4-окси B_1), близкий по токсичности B_1 и M_2 (4-окси B_2), которые выделяются в молоко (рис. 11.1).

Афлатоксины поражают главным образом печень и весьма токсичны для большинства видов, хотя существует широкий диапазон различий в чувствительности к ним разных видов. Сравнительные данные по токсическому влиянию афлатоксина на печень различных сельскохозяйственных животных суммированы Олкрофтом и Ланкастером [2]. Олкрофт [1], кроме того, дал сводку данных по действию на сельскохозяйственных животных



$R=H$ Афлатоксин B_1 , $R=H$ Афлатоксин B_2
 $R=OH$ Афлатоксин M_1 , $R=OH$ Афлатоксин M_2 , Афлатоксин G_1



Афлатоксин G_2 Афлатоксин B_{2a} Афлатоксин G_{2a}

Рис. 11.1. Структура афлатоксинов. Buchi G., Rae I. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt). Academic Press, New York.

сравнительно низких доз афлатоксина. Эти данные должны облегчить выяснение вопроса о том, каков безопасный уровень токсичного арахисового шрота в рационе различных видов сельскохозяйственных животных.

На определенных видах, например на утят, форель и крыс, афлатоксины действуют как сильные канцерогены; так, в длительных экспериментах с кормлением крыс было показано, что даже такая низкая доза афлатоксина в рационе, как 15 мкг/кг, в 100% случаев приводит к возникновению у крыс карциномы печени. Кроме того, было обнаружено, что крысы, содержащиеся на рационе с низким уровнем белка и липотропных веществ, более чувствительны к афлатоксину, чем контрольные животные, получавшие нормальный корм [25, 29]. Эти данные, возможно, имеют значение для эпидемиологии первичного рака печени у людей. Так, хотя нет прямого доказательства участия афлатоксина в канцерогенезе у человека, отмечено много случаев первичного рака печени у местного населения в тропических районах, где недоедание может сочетаться с потреблением с пищей афлатоксина. В Кении и Свазиленде были проведены эпидемиологические обследования взрослого населения с целью выяснить, нет ли связи между заболеванием, диетой и поглощением токсина. Была обнаружена прямая зависимость между количеством поглощаемого с пищей афлатоксина и числом случаев заболевания мужчин и женщин раком печени [43].

Объединенной группой консультантов Организации ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства и Всемирной организации ООН по вопросам здравоохранения было установлено, что максимально допустимый уровень афлатоксина в пище составляет 30 мкг/кг [4]. Физико-химические методы определения афлатоксина в пищевом сырье приведены в работах Кумеса и Фенелла [12] и Понса и Голдблатта [36]. Легатор [24] опубликовал обзор по биологическим методам определения афлатоксинов.

Меры борьбы с заражением

Плесневые грибы из группы *Aspergillus flavus* (главным образом *A. flavus* Link и *A. parasiticus*) растут и продуцируют афлатоксины на многих сельскохозяйственных культурах, включая зерновые, бобовые, кормовые и

масличные, но особенно на арахисе и хлопчатнике [16, 20]. Главными факторами, приводящими к высокому уровню заражения арахиса, являются повреждение кожуры и растрескивание ядер, обычно вызываемые насекомыми, недоброкачественной уборкой урожая или засухой. Так как *A. flavus* растет на арахисе только в том случае, если его влажность превышает 9%, заражение можно свести до минимума, если урожай быстро убирать, высушивать и хранить в сухом прохладном месте. Традиционно применяемые на практике методы ручной сортировки арахиса неминуемо ведут к загрязнению, поэтому, чтобы уменьшить риск афлатоксикоза, следует применять более трудоемкие методы, включающие выбраковку [23] или детоксикацию [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allcroft R. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 237. Academic Press, New York.
2. Allcroft R., Lancaster M. C. 1966. *International Microfilm Journal of Legal Medicine*, 1, Item 12.
3. Anderson J. O., Warnick R. E. 1965. *Poultry Science*, 44, 1066.
4. Anonymous. 1966. *Nature*, London, 212, 1512.
5. Anson M. L. 1962. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Supplement 1, 68.
6. Black A. E., Cuthbertson W. F. J. 1963. *Proceedings of the Nutrition Society*, 22, XXI.
7. Borchers R., Ackerson C. W. 1950. *Journal of Nutrition*, 41, 339.
8. Carpenter K. J., McDonald I., Miller W. S. 1972. *British Journal of Nutrition*, 27, 7.
9. Chandrasekhara M. R., Ramanna B. R. 1969. *Overdrutt Voeding*, 30, 297.
10. Cheema P. S., Ranhotra G. S. 1967. *Journal of Nutrition and Dietetics*, 4, 93.
11. Chopra A. K., Sidhu G. S. 1967. *British Journal of Nutrition*, 21, 519, 583.
12. Coomes T. J., Fenell A. J. 1965. TPI Report No. G13. Tropical Products Institute, London.
13. Dawson R. 1969. *Proceedings of the Nutrition Society*, 28, 4A.
14. Dawson R., McIntosh A. D. 1973. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 597.
15. De S. S., Cornelius J. A. 1971. *Agricultural Services Bulletin* No. 10, FAO, Rome.
16. Diener U. L., Davis N. D. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 13. Academic Press, New York.
17. Doller F. G. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 359. Academic Press, New York.
18. Duckworth J., Woodham A. A., McDonald I. 1961. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12, 407.
19. Ellinger G. M., Boyne E. B. 1963. *Proceedings of the Nutrition Society*, 22, xiii.
20. Golumbic C., Kulik M. M. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 307. Academic Press, New York.
21. Greenwood M. 1949. Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication No. 46.
22. Greenwood M. 1951. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 19, 225.
23. Kensler C. J., Natoli D. J. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 333. Academic Press, New York.
24. Legator M. S. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 107. Academic Press, New York.
25. Madhavan T. V., Gopalan C. 1965. *Archives of Pathology*, 80, 123.
26. Meredith R. M. 1964. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 32, 126.
27. Milner C. K., Carpenter K. J. 1963. *Proceedings of the Nutrition Society*, 22, xii.
28. Milner M. 1964. *Protein enriched foods for world needs*. American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota.
29. Newberne P. M., Rogers A. E. 1970. In: *Mycotoxins in human health* (ed. I. F. H. Purchase). Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria.
30. Orr E., Adair D. 1967. TRI Report G31. Tropical Products Institute, London.
31. Oyenu V. A. 1967. *Agriculture in Nigeria*. FAO, Roma.
32. Oyenu V. A. 1968. *Nigeria's food and feedingstuffs: their chemical and nutritional value*, 3rd edition. University Press, Ibadan.
33. P A G 1961. *Guideline for processing and quality of edible groundnut flora*. Protein Advisory Group of the United Nations, New York.
34. P A G 1971. Document 3. 14/14 Appendix G, p. 79. Protein Advisory Group of the United Nations, New York.
35. Pattinson I., Crowther P., Noubey H. 1968. *Tropical Science*, 10, 212.
36. Pons W. A., Goldblatt L. A. 1969. In: Aflatoxin (ed. L. A. Goldblatt), p. 77. Academic Press, New York.
37. Rosen G. D. 1958. In: *Processed plant foodstuffs* (ed. A. M. Alt-schul). Academic Press, New York.
38. Smith R. H. 1966. *Advances in Chemistry Series No. 57*, p. 133. American Chemical Society, Washington.
39. Spies J. R., Chambers D. C. 1949. *Analytical Chemistry*, 21, 1249.
40. Tombs M. P. 1965. *Biochemical Journal*, 96, 119.
41. Wessels J. P. H. 1967. *South African Journal of Agricultural Science*, 10, 113.
42. Woodham A. A., Dawson R. 1968. *British Journal of Nutrition*, 22, 589.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

43. Peers F. G., Linsell C. A. 1978. *Int. J. Cancer* (в печати).

12. КОНСКИЕ БОБЫ

А. Хагберг, Дж. Сьёдин

Конские бобы выращивают во многих странах Европы, Азии и Северной Америки. Например, в 1956 г. в Китае произведено 3 млн. т конских бобов, в Италии — 285 тыс. т, а в Египте — 208 тыс. т [6]. В Скандинавии под конскими бобами занято около 15 тыс. га. В основном здесь культивируют мелкосеменной тип (*Vicia faba* L. var. *minor* Beck) и получают урожай 30—40 ц/га. В пересчете на белок и сухое вещество это значительно больше, чем можно получить, выращивая любой другой произрастающий в Европе вид крупносеменных бобовых.

Из расчета на сухое вещество в конских бобах содержится 28—33% сырого белка ($N \times 6,25$) [2]. Стандартный сорт *Primus*, выращиваемый в Швеции, содержит 30,0% белка. Таким образом, в условиях Скандинавии собирают от 900 до 1200 кг белка с 1 га. Конские бобы содержат около 57% углеводов (42% крахмала), 2% масла, 8% клетчатки и около 4% золы [14]. Клетчатка сконцентрирована главным образом в семенной кожуре, составляющей около 14% от массы семян. Семенная кожура бедна белком [4].

В семенах бобов содержатся метаболитические и запасы белки [12]. Последние в основном представлены глобулинами, нерастворимыми в воде и растворимыми в слабых солевых растворах, имеющих в семядолях. Как у *Vicia*, так и у *Pisum* фракцию глобулинов подразделяют на легумины с молекулярным весом около 350000 и вицилины с молекулярным весом около 180 000, соотношение которых 2:1 [5]. Большую часть белка можно экстрагировать и переработать в «текстурированный растительный белок», пригодный в пищу. Среди незаменимых аминокислот, содержащихся в конских бобах, можно отметить следующие (содержание, %): лизин — 6,3; метионин — 0,9; цистин — 1,5; треонин — 3,6; триптофан — 0,9 [7]. По сравнению с зерновыми культурами, например с ячменем, главное различие заключается в том, что *Vicia faba* содержит больше лизина, а ячмень больше метионина. Биологическая ценность (количество белка, которое может быть использовано растущими крысами, %) равна 50 [7], в аналогичных условиях биологическая ценность ячменя составила 72, соевого шрота — 62 и яиц — 99. Это является следствием недостатка серосодержащих аминокислот.

В экспериментах по кормлению мышей [9] белковые концентраты из конских и соевых бобов, дополненные метионином (до 1%), выдерживали сравнение с казеиновым стандартом. Мыши, находившиеся на рационе из соевых бобов, несколько хуже прибавляли в весе и потребляли больше белка, чем контрольные животные, которым скармливали казеин, тогда как мыши, находящиеся на рационе из конских бобов, лучше прибавляли в весе и потребляли больше белка, чем контрольные животные. В обоих опытных вариантах ПИБ был несколько ниже. Сравнение концентратов, полученных из конских бобов, и сырого материала показало, что питательная ценность этих продуктов одинакова независимо от того, добавлялся ли в корм метионин, в то время как концентрат, приготовленный из соевых бобов, превосходил по питательной ценности сырой материал.

Результаты последнего опыта наводят на мысль, что в соевых бобах содержится, по-видимому, больше ингибирующих рост веществ, чем в конских бобах. В опытах по кормлению конскими бобами других животных было показано, что для обеспечения нормального прироста живой массы необходимо, чтобы содержание конских бобов в рационе не превышало определенных для каждого вида предельных значений. Это, по-видимому, объясняется наличием в конских бобах токсинов или ингибиторов. Предполагают, что это в основном гемагглютинины и антитрипсины. Обсуждается также наличие танинов и цианогенных глюкозидов [1]. Добавление 30% конских бобов к кормовой смеси для молочных коров [13] не оказывает какого-либо отрицательного влияния на удой молока и его жирность. Низкое содержание масла в конских бобах может быть в этом случае компенсировано за счет других компонентов корма. Кроме того, их можно использовать для кормления молодняка [10]. Оказалось, что в корм для свиней нельзя добавлять больше 15% конских бобов, и такое же количество может быть внесено в корм для птицы при условии обогащения его метионином [3, 11]. В тех районах земного шара, где распространена наследственная болезнь «фавизм», необходимо тщательно проверять пищевые продукты, чтобы гарантировать отсутствие в них токсичного фактора (или факторов).

До настоящего времени усилия селекционеров были направлены на выведение скороспелых сортов, пригодных для механизированной уборки в условиях Северной и Западной Европы. В отношении повышения питательной ценности конских бобов основной проблемой является увеличение содержания метионина в белке, что приводит к повышению биологической ценности этой культуры. До сих пор мы не располагаем эффективными методами отбора на высокое содержание метионина, но, по-видимому, в настоящее время проблема должна быть решена, что положит начало интенсивной селекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Becher M., Nehring K. 1969. *Handbuch der Futtermittel* 2. Verlag Paul Parey, Hamburg.
2. Bingefors S., Sjödin J. 1969. *Journal of the Swedish Seed Association*, 3—4, 218—230.
3. Blair R., Bolton W. 1968. *Journal of Agricultural Science*, 71, 355—358.
4. Clausen H., Hansen V. 1968. *Landökonomisk försøgslaboratorium. Årsbog*, pp. 45—58. Landökonomisk försøgslaboratorium, Copenhagen.
5. Danielsson C. E. 1949. *Biochemical Journal*, 44, 387—399.
6. Deschamps I. 1958. In: *Processed plant protein foodstuffs* (ed. A. M. Altschul), pp. 717—737. Academic Press, New York.
7. Eggum B. O. 1968. *Aminosyrekoncentration og proteinkvalitet*. Stougaards forlag, Copenhagen.
8. Hansen V. 1967. *Landökonomisk försøgslaboratorium. Årsbog*, pp. 85—91. Landökonomisk försøgslaboratorium, Copenhagen.
9. Löfqvist B., Munk L. 1969. *Journal of the Swedish Seed Association*, 3—4, 231—247.
10. Lykkeaa J., Sörenssen M. 1968. *Landökonomisk försøgslaboratorium. Årsbog*, pp. 585—587. Landökonomisk försøgslaboratorium, Copenhagen.
11. Mahon J. H., Common R. H. 1950. *Scientific Agriculture* 30, 43—49.
12. Millerd A. 1972. In: *Symposium on the biology of plant storage proteins*, Canberra, 1972.
13. Sörenssen M., Kristensen V. F. 1968. *Landökonomisk försøgslaboratorium. Årsbog*, pp. 490—503. Landökonomisk försøgslaboratorium, Copenhagen.
14. White H. L. 1966. *Journal of Experimental Botany*, 17, 195—203.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

15. Boulter D., Barber J. T. 1968. *New phytology* 62, 301—316.
16. Boulter D., Davis O. J. 1968. *New phytology*, 66, 27—36.
17. Fröhlich W. G., Pollmer W. G., Christ W. 1974. *Z. Pflanzenzüchtung*, 72, 60—65.
18. Schoiz G., Richter J., Manteufel R. 1974. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 166, 163—172.

13. КОНЦЕНТРАТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ МОКРОЙ И СУХОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР*

Р. М. Саундерс, Г. О. Колер

Недостаток белка пробудил интерес к изучению многих необычных источников этого продукта, но лишь относительно небольшое число исследователей сконцентрировали свое внимание на наиболее очевидном и доступном источнике — зерновых культурах. В настоящее время зерновые культуры представляют собой самый обильный и наиболее экономичный источник пищевого белка. В таблице 13.1 представлены данные о мировом производстве зерна в 1971 г.

Таблица 13.1. Мировое производство зерна в 1971 г.

Культура	Производство (млн. т)
Кукуруза (<i>Zea mays</i>)	291
Ячмень (<i>Hordeum vulgare</i>)	130
Овес (<i>Avena sativa</i>)	55
Сорго (<i>Sorghum vulgare</i>)	42
Пшеница (<i>Triticum aestivum</i>)	322
Рис (<i>Oryza sativa</i>)	289
Рожь (<i>Secale cereale</i>)	29

КУКУРУЗА

В США ежегодно около 5% собранного урожая кукурузы *Zea mays* подвергается мокрому помолу и 3,5% — сухому помолу, часть сырья при этом перерабатывается в богатые белком кормовые продукты. Эти разнообразные процессы промышленной переработки кукурузы детально описаны Инглеттом [9]. Данные о питательной ценности получаемых продуктов представлены в таблице 13.2. Сгущенные экстракты перебродившего зерна кукурузы, или сгущенную замочную воду, получают путем частичного обезвоживания жидкости, образующейся при замачивании семян в воде или растворе сернистого ангидрида и перебродившей под действием встречающихся в естественных условиях микроорганизмов,

* Литература рассмотрена до 1972 г.

Таблица 13.2. Химический состав кукурузных белковых концентратов, % сухого вещества [19]

Продукт	Белок (Nx6,25)	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Сгущенная замочная вода	47,2	0	0	14,7	—
Кукурузный глютенный корм	24,8	2,8	8,9	8,1	15,6
Кукурузная глютенная мука (процесс 1)	46,9	2,8	5,1	4,4	—
Кукурузная глютенная мука (процесс 2)	68,9	2,8	1,3	2,0	—
Кукурузная зародышевая мука	25,1	2,1	10,5	4,2	26,7
Сухая дробина с бардой	29,7	8,8	9,3	4,9	—

вызывающих молочнокислое брожение (как это имеет место при мокром помоле зерна). Кукурузный глютенный корм — это та часть зерна, которая остается после отделения большей части крахмала, глютена и зародышей в процессе мокрого помола, применяемого для получения крахмала. Кукурузная глютенная мука — часть зерна, оставшаяся после удаления большей части крахмала и зародышей и отделения отрубей в процессе мокрого помола, используемого для получения крахмала, или ферментативной обработки эндосперма. Кукурузная зародышевая мука (мокрый помол) — размолотые кукурузные зародыши, из которых в процессе замачивания были удалены растворимые вещества и выделено масло (путем гидравлического или шнекового прессования или экстракции растворителями). Эту муку получают в процессе мокрого помола кукурузы, который используют для получения крахмала, патоки и других продуктов. Кукурузную глютенную муку обезжиривают, и полученный богатый белком продукт используют в питании людей. Производят два таких продукта, один из них содержит 70—75% белка, а другой — 90—95% [17]. Сухая кукурузная дробина с бардой — это продукт, который получают после удаления этилового спирта (путем перегонки) из сброженного дрожжами зерна кукурузы или смеси кукурузы и зерна других хлебных злаков.

В кукурузном белке мало лизина и триптофана, поэтому к нему обычно добавляют соевый белок. Хотя

собственно кукурузного белкового концентрата не существует, во всем мире широко распространена смесь кукурузы, сои и обезжиренного сухого молока, названная КСМ, которая является высокопитательным пищевым продуктом, ПИБ которого равен аналогичному показателю для казеина [9].

РИС

Промышленные способы переработки риса (*Oryza sativa*) описаны в монографии Хьюстона и Колера [6]. Муку с высоким содержанием белка получают из риса различных сортов с помощью двух способов обработки*. Первый способ, состоящий из тонкого помола и воздушной сортировки, дает возможность превратить около 10% зерна в муку с более высоким содержанием белка, чем в обычной рисовой муке. Второй способ заключается в снятии последовательно расположенных слоев зерна риса с помощью шлифовальной машины непрерывного действия с абразивным конусом, напоминающим полировальный конус. Мука, полученная из самых внешних слоев ядра, содержит примерно в 2 раза больше белка, чем мука из цельных зерновок, и ее выход составляет 10—15%.

Тонкий помол и воздушная сортировка муки, полученной на шлифовальной машине, дает возможность еще больше сконцентрировать белок в наиболее мелких фракциях. Эти фракции характеризуются также более высоким уровнем содержания жиров, зольных веществ и витаминов группы В. Таблица 13.3 иллюстрирует выход и количество белка в продуктах, полученных этими способами. Используя метод абразивного шлифования и различное промышленное оборудование, получают муку из любого обрубленного риса: длинно-, средне- и

* В последние годы в мукомольной промышленности все более широкое применение находит сжатый воздух. Мощные насосы и компрессоры позволяют получать такие скорости потока воздуха, которые превышают скорость распространения звука. Увлекаемое сверхзвуковым потоком зерно с огромной скоростью вбрасывается в камеру для помола и, ударяясь о стенки камеры, подвергается дроблению. Мелко дисперсные частицы «повисают» внутри камеры и постепенно оседают, а более крупные частицы продолжают дробиться о стенки камеры. Отбор фракций, различающихся по тонкости помола, а также отбор первых фракций (содержащих больше белка) позволяет получать муку с различными физико-химическими свойствами и обогащенную белком муку. — Прим. ред.

Таблица 13.3. Выход и содержание белка в муке, полученной разными способами* [8]

Способ обработки	Мука	
	выход, %	белок, % (N×5,95)
Воздушная сортировка рисовой муки (5,8% белка)	11,9	8,4
Шлифование риса (6,0% белка)	12,5	12,3
Шлифование риса (9,6% белка)	12,8	16,2
Шлифование риса с последующей воздушной сортировкой (9,6% белка)	4,3	18,9

* На сухую массу.

короткозерного белого риса правильной формы, воско-видного и пропаренного риса. По-видимому, абразивное шлифование более приемлемо, чем воздушная сортировка рисовой муки тонкого помола. Полагают, что этот метод можно будет использовать для получения муки, пригодной для питания детей и людей пожилого возраста.

Обогащенные белком продукты получают путем воздушной сортировки и просеивания тонко размолотых рисовых отрубей или мучки (табл. 13.4). По-видимому, просеивание следует преимущественно использовать в районах, где ощущается недостаток высококачественного белка.

Таблица 13.4. Выход и содержание белка в муке, полученной в результате обработки рисовых отрубей и мучки разными способами* [7]

Способ обработки	Мука	
	выход, %	белок (N×5,96)
Воздушная сортировка мучки (10,4% белка)	59,8	10,8
Воздушная сортировка обезжиренных отрубей (10,6% белка)	47,8	12,3
Сортировка просеиванием обезжиренных отрубей (10,6% белка) через сито 40 меш	52,5	13,4

* На сухую массу.

Белковые концентраты готовят из обычных и обезжиренных рисовых отрубей путем мокрого помола [1, 12, 18]. Отруби экстрагируют в щелочной среде и затем полученный материал фракционируют путем сочетания методов изoeлектрического осаждения (при pH 5,5) и коагуляции белков при нагревании. При увеличении pH процентное содержание белка в общей массе экстрагированных веществ, извлеченных из обезжиренных отрубей, возрастает с 28,9% при pH 7,0 до 45,5% при pH 11. Экстракция при pH 11 с последующей нейтрализацией и высушиванием полученного продукта позволяет выделить из обезжиренных отрубей, содержащих 10% белка, примерно половину его и получить концентрат, в котором белок составляет 40% сухого вещества. С помощью изoeлектрического осаждения можно получить концентрат, содержащий 85% белка, что соответствует извлечению 37% исходного белка [1]. При экстракции щелочью необезжиренных рисовых отрубей из них можно выделить до 71% общего количества белка, если повысить pH с 7 до 12. При pH 11 из отрубей экстрагируется 58% всего белка. Получаемый при этом белковый концентрат содержит 35% белка. Изoeлектрическое осаждение при pH 4,5 позволяет получить 62%-ный белковый концентрат, в котором содержится 44% исходного белка отрубей.

При отмывании полученного концентрата спиртом получается слегка окрашенный в рыжевато-коричневый цвет продукт, содержащий в пересчете на сухое вещество 76% белка, 14% липидов, 6% углеводов и незначительное количество клетчатки [12]. Этот простой метод экстракции позволит получать значительное количество высококачественного пищевого белка в районах, где возделывают рис, а рисовые отруби, как правило, не обезжиривают.

ОВЕС

Из овса (*Avena* spp.) белковые концентраты производят в процессе как мокрого, так и сухого помола [2, 23, 24]. Из цельных зерен и из муки первого и второго помолов, полученной из сортов с высоким и обычным содержанием белка, после окончательного размола и провеивания можно получить обогащенные белком фракции (табл. 13.5). Все белковые концентраты содержат достаточные количества серосодержащих аминокислот и лизина.

Таблица 13.5. Выход и содержание белка в концентратах, полученных путем воздушной сортировки отобранных фракций овса*

Образец	Выход, %	Содержание белка, % (N×6,25)	Выход, % в пересчете на целое зерно
Обычный сорт:			
измельченное зерно (16,3% белка)	27	24,3	27
мука первого помола (10,1% белка)**	27	19,6	12
мука второго помола (15,9% белка)**	29	29,7	7
Высокобелковый сорт:			
измельченное зерно (22,7% белка)	28	32,8	28
мука первого помола (15,8% белка)***	30	31,8	15
мука второго помола (28,9% белка)***	34	45,6	7

* На сухую массу.

** Соответствует 43% (первый помол) и 25% (второй помол) измельченного зерна.

*** Соответствует 51% (первый помол) и 20% (второй помол) измельченного зерна.

Мокрый помол дает возможность получать белковый концентрат из непросеянной муки, полученной путем сухого помола. Можно использовать как обезжиренную, так и необезжиренную муку [23]. Овсяные хлопья сначала экстрагируют слабым раствором щелочи при pH 9,0. Полученную жидкость фильтруют, чтобы удалить остаток отрубей, и центрифугируют с целью осаждения крахмала. Надосадочная жидкость на этой стадии обработки

Таблица 13.6. Белковые концентраты, полученные щелочной экстракцией необезжиренного и обезжиренного зерна овса

Образец	Выход, % на сухое вещество	Содержание белка, % (N×6,25)	Белок, % от исходного содержания белка
Необезжиренное зерно среднебелкового сорта	21	59,1	66,2
Обезжиренное зерно высокобелкового сорта	19	75,0	70,0

содержит растворенный белок. Ее подкисляют до pH 6,0 и сушат. В таблице 13.6 приведены данные о выходе и содержании белка в продуктах, полученных этим простым методом. Еще одно достоинство этих концентратов — высокая питательная ценность белка овса.

ПШЕНИЦА

Одним из самых важных усовершенствований в мукомольной промышленности является введение воздушной сортировки (провеивания) в процесс производства муки из зерна обычной пшеницы (*Triticum aestivum*), разные фракции которой отличаются по содержанию белка и поэтому используются для различных целей. При этом основным критерием разделения муки на фракции является размер частиц, однако выход муки и содержание белка во фракциях зависят от типа пшеницы. В таблице 13.7 суммированы данные о содержании белка

Таблица 13.7. Выход и содержание белка во фракциях, полученных при воздушной сортировке пшеничной муки с штифтово-дисковым помолом или без него*

Мука	Фракция	Величина частиц	Выход, %	Белок, % (N×5,7)
Из мягкой пшеницы, 9,6% белка	Неизмельченная мука	Мелкие	9	18,5
		Средние	34	4,5
		Крупные	57	11,5
	Измельченная мука	Мелкие	20	21,9
		Средние	68	6,6
		Крупные	12	10,3
Из твердой пшеницы, 13,1% белка	Неизмельченная мука	Мелкие	3	20,2
		Средние	14	11,4
		Крупные	84	13,5
	Измельченная мука	Мелкие	14	23,9
		Средние	51	10,1
		Крупные	35	11,6

* На сухую массу.

в определенных фракциях [25]. Концентраты такого типа получают промышленными методами. Следует, однако, подчеркнуть, что в тонкую фракцию, кроме белка, попадают и другие вещества, такие, как поврежденный

крахмал, ухудшающие цвет вещества, жиры и витамины [25]. Эти факторы влияют на ценность фракции при использовании ее для определенных целей.

Кент и Эверс [11] также показали, что с помощью воздушной сортировки, основанной на различиях в плотности частиц, можно отделить материал с высоким содержанием белка от грубых фракций муки. Хотя выход очень мал, можно получить образцы, содержащие более 50% белка.

Непрерывный процесс мокрого отделения белка пшеничной муки от крахмала описан Джонстоном и Феллерсом [10]. Муку смешивают с оптимальным количеством воды и хорошо взбалтывают (по существу это модификация метода Феска). Крахмал осаждают центрифугированием, а жидкость с растворенными в ней веществами высушивают. Полученный таким образом концентрат содержит 20—40% белка в зависимости от состава муки. Благодаря своим функциональным свойствам и высокой питательной ценности этот белковый концентрат является желательным ингредиентом пищевых продуктов. В ходе этого процесса получают также высококачественный крахмал, который без дополнительной обработки должен найти применение в производстве обычных пищевых продуктов.

При производстве обычной белой муки большая часть высококачественного белка зародышей и алейронового слоя переходит в побочные продукты, обычно используемые на корм скоту. На это расходуется около миллиона тонн белка. Феллерс и др. [3, 4] описали способ, с помощью которого путем дополнительного помола и просеивания кормовых продуктов помола пшеницы* можно получить пищевую муку с высоким содержанием белка и низким содержанием клетчатки. Выход и состав муки в некоторой степени варьируют в зависимости от влажности и содержания белка в исходных продуктах. В таблице 13.8 приведен типичный состав такой муки.

Содержание лизина в белковом концентрате в норме составляет 4—5 г/16 г N. Показатель использования белка (ПИБ) — около 1,9 (по сравнению с 2,5 для казеи-

* Кормовые продукты помола — общий термин, применяемый к любой из фракций зерна, остающихся после удаления муки. Сечка (мелкие отруби) — фракция кормовых продуктов помола, которая остается после удаления крупных отрубей и большей части кормовой муки и зародышей. Высевки — общий остаток после удаления муки.

Таблица 13.8. Выход и состав муки, полученной при обработке и просеивании мелких пшеничных отрубей*, % сухой массы

Выход	Белок (N×5,7)	Жир	Клетчатка	Зола
40,5	23,4	6,8	2,0	3,5

* Влажность отрубей перед обработкой — 9%.

на) и его питательная ценность выше, чем у обычной белой муки [4], и близка к аналогичным показателям белка пшеничных зародышей [13].

По сравнению с исходными кормовыми продуктами помола белковые концентраты содержат больше крахмала, белка, жира, тиамина, фолиевой кислоты и холина, но меньше рибофлавина, витамина B₆, ниацина, пантотеновой кислоты и клетчатки. Однако общее содержание витаминов в них выше, чем в белой муке. Вообще белковые концентраты, полученные из кормовых продуктов помола, следует рассматривать как натуральные пшеничные пищевые продукты с высоким содержанием витаминов группы B, высококачественным белком и умеренным содержанием клетчатки. В коммерческом отношении эти и подобные им концентраты, выпускаемые в различных модификациях, играют существенную роль в экспорте в развивающиеся страны [15].

Белковые концентраты из кормовых продуктов помола пшеницы можно также получить в процессе мокрой обработки, аналогичной той, которая описана выше для риса и овса. Кормовые продукты помола пшеницы экс-

Таблица 13.9. Выход и состав концентратов, полученных из кормовых продуктов помола пшеницы путем мокрой обработки*, % сухого вещества

Кормовые продукты	Выход	Содержание белка (N×6,25)	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Мелкие отруби	20,5	43,1	11,7	0,8	4,4	39,4
Отруби	13,0	34,7	9,5	0,8	4,3	40,6
Высевки**	18,5	26,2	7,0	0,8	4,1	47,7
Мелкие отруби***	9,9	65,3	17,6	0,5	3,5	<1

* Продукты получены путем коагуляции при нагревании.

** Общий остаток зерна после удаления белой муки с выходом 75%.

*** Крахмал удален перед изoeлектрическим осаждением концентрата.

трагируют щелочью при pH 9 и отжимают, чтобы отделить жидкую фазу, из которой путем осаждения спиртом, коагуляции при нагревании или изoeлектрического осаждения получают фракции, богатые белком, крахмалом и жиром и содержащие мало клетчатки [5, 18]. В таблице 13.9 приведены данные, характеризующие состав обычных концентратов, полученных этим способом [18]. Они содержат высококачественный белок, много лизина (около 5 г/16 г N) и полиненасыщенные жиры. Однако необходимы дальнейшие исследования, чтобы оценить, насколько выгодно их производство с экономической точки зрения.

ТРИТИКАЛЕ И РОЖЬ

Процесс мокрой щелочной обработки, используемый при производстве белковых концентратов из кормовых продуктов помола пшеницы, может быть также с успехом использован и для производства аналогичных продуктов из тритикале (*Triticale*) и ржи (*Secale cereale*) [18]. В таблице 13.10 представлены данные о выходе и составе

Таблица 13.10. Выход и состав концентратов, полученных путем мокрой обработки кормовых продуктов помола ржи и тритикале, % сухого вещества*

Кормовые продукты помола	Выход	Белок, (N×6,25)	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Крупные отруби тритикале	13,9	47,7	11,8	0,3	5,3	16,7
Мелкие отруби тритикале	15,0	45,1	10,1	0,3	5,5	17,7
Ржаемая крупка	22,5	33,2	3,9	0,5	4,8	42,1

* Продукты получены путем коагуляции при нагревании.

ве концентратов, полученных этим способом. Необходимы дальнейшие исследования для оценки коммерческого потенциала этих продуктов.

СОРГО

Из сорго (*Sorgum vulgare subglabrescens*) в процессе мокрого помола получают крахмал [21], однако в литературе отсутствуют данные о получении при этом побоч-

Таблица 13.11. Выход и содержание белка в белковых концентратах, полученных в процессе мокрого помола сорго, % сухого вещества

Образец	Выход	Содержание белка (N×5,7)
Целые зерновки	100	14,1
Растворимые вещества	6,9	48,2
Клейковина	10,6	46,7

ных продуктов с высоким содержанием белка. В таблице 13.11 [22] представлены результаты лабораторных опытов, согласно которым тонкий помол и воздушная сортировка фракций сорго позволяют концентрировать белок во фракциях мелких частиц. В опытах с различными сортами сорго было установлено, что концентраты, полученные из мелких круп, содержат до 21,6% белка, из муки эндосперма — до 19,3% белка и роговидного эндосперма — до 22% белка [20]. После удаления отрубей и зародышей можно выделить из эндосперма зерна фракцию, содержащую 18% белка, на долю которой приходится около 25% исходной массы зерна [14].

ЯЧМЕНЬ

При шлифовании шелушенного зерна ячменя (*Hordeum vulgare*), содержащего 10—12% белка, можно получить фракцию муки (выход 9—10%), содержащую 18—24% белка.

Изучено применение воздушной сортировки ячменной муки для получения фракций с высоким содержанием белка и оценены потенциальные возможности использования различных фракций. Фактически содержание белка возрастало незначительно. В наиболее ценных из полученных концентратов было всего на 14% больше белка, чем в исходной муке, и выход этих фракций составлял меньше 10% [16].

Совершенно очевидно, что из зерновых культур можно получать концентраты, обогащенные белком. По-видимому, с коммерческой точки зрения воздушная сортировка муки представляет наибольший интерес, хотя выход обогащенных белком фракций в общем невелик. Белковые концентраты, полученные в процессе мокрой

переработки отрубей, представляют наибольший интерес с точки зрения получаемого выхода, содержания белка, общего состава и питательной ценности белка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen L., Houston D. F. 1970. Solubilization and recovery of protein from defatted rice bran. *Cereal Chemistry*, 47, 72.
2. Cluskey J. E., Wu Y. V., Wall J. S., Inglett G. E. 1973. Oat protein concentrates from a wet milling process: preparation. *Cereal Chemistry*, 50, 475.
3. Fellers D. A., Shephard A. D., Bellard N. J., Mossman A. P. 1966a. Protein concentrates by dry milling of wheat millfeeds. *Cereal Chemistry*, 43, 715.
4. Fellers D. A., Shephard A. D., Bellard N. J., Mossman A. P., Johnston P. H., Wasserman T. 1968. Protein concentrates by dry milling of wheat millfeeds. II. Compositional aspects. *Cereal Chemistry*, 45, 520.
5. Fellers D. A., Sinkey V., Shephard A. D., Pence J. W. 1966b. Solubilization and recovery of protein from wheat millfeeds. *Cereal Chemistry*, 43, 1.
6. Houston D. F., Kohler G. O. 1970. Nutritional properties of rice. US National Academy of Sciences, Washington, DC.
7. Houston D. F., Mohammad A. 1966. Air-classification and sieving of rice bran and polish. *Rice Journal*, 69, 20.
8. Houston D. F., Mohammad A., Wasserman T., Kester E. B. 1964. High-protein rice flours. *Cereal Chemistry*, 41, 514.
9. Inglett G. E. 1970. Corn: Culture, processing, products. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
10. Johnston P. H., Fellers D. A. 1971. Process for protein-starch separation in wheat flour. 2. Experiments with a continuous decanter-type centrifuge. *Journal of Food Science*, 36, 649.
11. Kent N. L., Evers A. D. 1969. Fine-grinding and air-classification of subaleurone endosperm of high protein content. *Cereal Science Today*, 14, 142.
12. Lew E. J., Houston D. F., Fellers D. W. 1970. Extraction of protein from full-fat rice bran. *Cereal Science Today*, 16, Abstract 92.
13. Miladi S., Hegsted D. M., Saunders R. M., Kohler G. O. 1972. The relative nutritive value, amino acid content, and digestibility of the protein of wheat mill fractions. *Cereal Chemistry*, 47, 119.
14. Normand F. L., Hogan J. T., Deobald H. J. 1965. Protein content of successive peripheral layers milled from wheat, barley, grain sorghum, and glutinous rice by tangential abrasion. *Cereal Chemistry*, 42, 359.
15. Pence J. W. 1968. New wheat foods. *Nutrition Review*, 26, 291.
16. Pomeranz Y., Ke H., Ward A. B. 1971. Composition and utilization of milled barley products. I. Gross composition of roller-milled and air-separated fraction. *Cereal Chemistry*, 48, 47.
17. Reiners R. A., Pressick J. C., Urquidi R. L., Warnecke M. O. 1972. Corn protein concentrates for food use. In: IXth International Congress on Nutrition, Mexico.

18. Saunders R. M., Conner M. A., Edwards R. M., Kohler G. O. 1972. Wet processing of wheat millfeeds. *Cereal Science Today*, 17, Abstract 66.
19. Shroder J. D., Heiman V. 1970. Feed products from corn processing. In: Corn: Culture, processing products (ed. G. E. Inglett), p. 220. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
20. Stringfellow A. C., Peplinski A. J. 1966. Air-classification of sorghum flours from varieties representing different hardnesses. *Cereal Science Today*, 11, 438.
21. Wall J. S., Ross W. M. 1970. Sorghum production and utilization. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
22. Watson S. A. 1970. Wet milling process and products. In: Sorghum production and utilization (ed. J. S. Wall and M. W. Ross). AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
23. Wu Y. V., Cluskey J. E., Wall J. S., Inglett G. E., 1973a. Oat protein concentrates from a wet milling process: composition and properties. *Cereal Chemistry*, 50, 481.
24. Wu Y. V., Stringfellow A. C. 1973b. Protein concentrates from oat flours by air classification of normal and high protein varieties. *Cereal Chemistry*, 50, 489.
25. Ziegler E., Greer E. N. 1972. Principles of milling. In: Wheat: chemistry and technology (ed. Y. Pomeranz), p. 115. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

26. Barber S., Tortosa E., Editors; Proceedings of the Rice byproducts utilization. International Conference, Valencia, Spain, 1974.
27. Betschart A. A., Saunders R. M., Mon T. R., Kohler G. O. Variations in the fatty acid composition of stored wheat protein concentrates prepared by wet and dry milling. *Cereal Chem.*, 52, 439, 1975.
28. Betschart A. A., Saunders R. M., Bean M. M., Kohler G. O. 1975. Effects of processing on the baking quality of wet alkaline process wheat protein concentrate. *Cereal Chem.*, 52, 812.
29. Betschart A. A., Saunders R. M., Hepburn F. N. 1976. Supplementation of one-pound loaves with wet alkaline process wheat protein concentrates—baking and nutritional quality. *J. Food Sci.*, 41, 820.
30. Betschart A. A., Fong R. Y. T., Saunders R. M. 1977. Rice milling byproducts. Comparative extraction and precipitation of nitrogen from US and Spanish bran and germ. *J. Food Sci.*, 52, 1088.
31. Cluskey J. E., Wu Y. V., Wall J. S., Inglett G. E. 1973. Oat protein concentrates from a wet milling process: Preparation. *Cereal Chem.*, 50, 475.
32. Connor M. A., Saunders R. M., Kohler G. O. 1976. Rice bran protein concentrates obtained by wet alkaline extraction. *Cereal Chem.*, 53, 488.
33. Hansmeyer W. A., Satterlee L. D., Mattern P. J. 1976. Characterization of products from wet fractionation of wheat bran. *J. Food Sci.*, 41, 505.

34. Lindsay G. W., Saunders R. M., Kohler G. O. 1977. Preparation and nutritional quality of protein concentrates from wheat shorts, rice bran, and soy flour by extraction with cheese wheys. *J. Food Sci.*, 42, 1365.
35. Nielsen H. C., Inglett G. E., Wall J. S., Donaldson G. L. 1973. Corn germ protein isolate — preliminary studies on preparation and properties. *Cereal Chem.*, 50, 435.
36. Nielsen H. C., Wall J. S., Mueller J. K., Warner K., Inglett G. E. 1977. Effect of bound lipid on flavor of protein isolate from germ. *Cereal Chem.*, 54, 503.
37. Satterlee L. D., Vavak D. M., Abdulkadir R., Kendrick J. G. 1976. The chemical, functional, and nutritional characterization of protein concentrates from distiller's grains. *Cereal Chem.*, 53, 739.
38. Saunders R. M., Betschart A. A., Kohler G. O. 1975. Byproducts utilization: Preparation of cereal protein concentrates. *Baker Digest*, 49, 49.
39. Saunders R. M., Betschart A. A., Connor M. A., Edwards R. M., Kohler G. O. 1974. Preparation and properties of triticale protein concentrates prepared by wet-processing of triticale bran. In *Triticale: First man-made cereal*. (Ed. C. Tsen). Amer. Assn Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
40. Saunders R. M., Betschart A. A. 1976. Protein concentrates from cereal byproducts and minor oilseeds. In *Opportunities to Improve Protein Quality and Quantity for Human Food*. Univ. California Publication 3058. p. 126.
41. Saunders R. M., Betschart A. A., Edwards R. H., Kohler G. O. 1976. Nutritive assessment and potential food application of protein concentrates prepared by alkaline extraction of wheat millfeeds. Ninth Nat'l. Conf. Wheat Utiliz. Res., Seattle, Washington. ARS-NC-40 p. 9.
42. Saunders R. M., Betschart A. A. 1977. Protein quality of wheat millfeed protein concentrates. *J. Food Sci.*, 42, 974.
43. Saunders R. M., Connor M. A., Edwards R. H., Kohler G. O. 1974. Preparation of stable protein concentrates from grain byproducts. U. S. Patent 3,859,451.
44. Saunders R. M., Betschart A. A., Connor M. A., Edwards R. M., Kohler G. O. 1974. Preparation and properties of protein concentrates obtained by wet-processing of cereal grain milling byproducts. Proceedings, IVth International Congress of Food Science and Technology, Madrid, Spain. p. 34.
45. Saunders R. M. 1977. Potential food grade materials from rice bran. Intern. Rice Commission Newsletter, FAO. 26 (2), 19.
46. Saunders R. M., Connor M. A., Edwards R. H., Kohler G. O. 1975. Preparation of protein concentrates from wheat shorts and wheat millrun by a wet alkaline process. *Cereal Chem.*, 52, 93.
47. Saunders R. M., Kohler G. O. 1977. U.S. Patent 4064283.
48. Wu Y. V., Stringfellow A. C. 1973. Protein concentrates from oat flours by air classification of normal and high protein varieties. *Cereal Chem.*, 50, 489.
49. Wu Y. U., Cluskey J. E., Wall J. S., Inglett G. E. 1973. Oat protein concentrates from a wet-milling process: Composition and properties. *Cereal Chem.*, 50, 481.

14. БЕЛКИ ЛИСТЬЕВ

Н. В. Пирн

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

В соответствии с основными принципами МБП белки листьев изучались более полно, чем другие источники белка, уже обсуждавшиеся в этом сводном томе. Этой проблеме были посвящены исследования, проводившиеся в рамках МБП в Индии, Новой Зеландии, Нигерии, Швеции, Уганде и Великобритании, и совещание рабочей группы, результаты которого изложены в 20-м томе Руководства (Handbook), изданном МБП [17]. Исследования, имеющие отношение к этому вопросу, но конкретно не отмеченные в программах МБП, проводятся или проводились в Австралии, Бразилии, Канаде, Ирландии, Франции, Венгрии, Новой Гвинее, Пакистане, Шри-Ланка, США и на Ямайке.

История вопроса изложена в 20-м томе Руководства (Handbook) МБП, поэтому не будет повторяться. Основными аргументами, позволяющими полагать, что иногда было бы выгодно фракционировать листовые культуры вместо того, чтобы использовать их на корм скоту или засеивать занимаемые ими площади традиционными культурами, дающими съедобные семена или подземные органы, являются следующие.

1. Жвачные животные превращают в пищевые продукты, потребляемые человеком, от 10 до 30% содержащегося в корме белка, в то время как экстракцией из него можно выделить 40—60% белка. О преимуществах метода фракционирования листьев кормовых культур по сравнению с прямым использованием их в виде корма можно судить по данным, представленным на рисунке 14.1.

2. Белки в основном синтезируются в листьях, и при передвижении их в другие части растения часть белка теряется.

3. Если культура предназначена для выделения белка из листьев, ее убирают значительно раньше, чем если она будет использована на силос, сено или зеленый корм. Стоимость уборки при этом выше, однако культура не подвергается так долго риску поражения болезнями или вредителями.

4. Культуры, обладающие способностью отрастать после того, как их срезают на ранних стадиях развития, или многолетние культуры сохраняют зеленый покров на поверхности земли, что способствует более эффективно-му использованию солнечной энергии и защищает почву от эрозии.

5. После экстракции в волокнистом остатке сохраняется некоторое количество белка. В зависимости от способа обработки этот остаток может содержать в 2—5 раз больше веществ, чем исходный материал, и, следовательно, быть использован после высушивания для получения дешевого консервированного корма для жвачных животных.

Раньше всего внимание ученых привлекли соображения, изложенные в пунктах 1 и 2, что положило начало изучению белков листьев во многих странах. Однако работа велась в небольшом масштабе. Предприниматели и лица, определяющие основные направления научно-исследовательской работы на национальном и международном уровнях, относились к этим исследованиям скептически, так как сомневались в возможности использования белка листьев в качестве пищевого продукта и, не принимая во внимание мнение специалистов, работающих в этой области, полагали, что процесс выделения белка потребует больших затрат. Хотя в литературе не раз указывалось (см., например [13—15]), что отходы производства можно использовать в качестве корма для жвачных животных, важность этого положения была

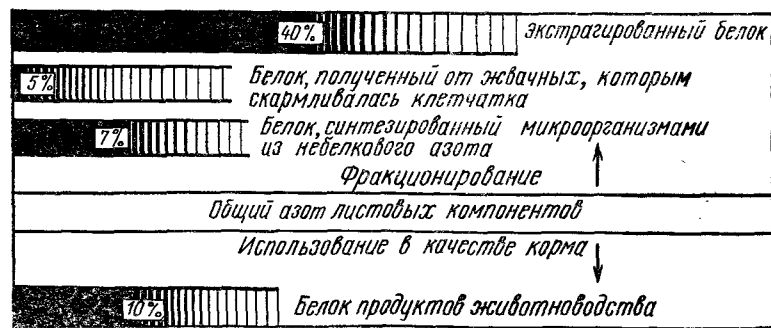


Рис. 14.1. Различия в выходе белка из культуры, скормливаемой животным в виде грубого корма или фракционированной для выделения белка.

осознана лишь недавно. В широких исследованиях, проведенных в различных странах, в первую очередь ставилась цель получить грубые корма для жвачных животных, которые можно было бы консервировать без особых затрат.

Экстрагированный белок рассматривался по существу как побочный продукт, предназначенный для скормливания свиньям и домашней птице. Лица, озабоченные недостатком пищевых продуктов в районах, где недоедание наблюдается повсеместно (особенно в странах с влажным тропическим климатом, где особую важность приобретают соображения, изложенные в пунктах 3 и 4), полагали, что отвлечение внимания исследователей от вопросов производства пищи на проблему приготовления корма нельзя признать правильным. Однако это позволит учесть все производственные затраты и с цифрами в руках опровергнуть один из старых доводов против механической обработки листьев. Еще в 1885 г. Лоуэс [11] писал: «Возможно с помощью каких-либо химических воздействий и удастся выделять из травы пригодные в пищу питательные вещества, однако пища, приготовленная таким образом, будет стоить значительно дороже, чем трава, из которой она получена, поэтому никому не придет в голову готовить таким образом корм для быков и овец».

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Виды или сорта, выведенные в результате отбора и предназначенные для производства семян или других целей, отличных от выделения белка из листьев, тем не менее служат основным сырьем для извлечения белка, содержащегося в листовом материале. Если бы были исследованы сорта, возможно даже тех видов, которые в настоящее время не используют как сельскохозяйственные культуры, вероятно, удалось бы получить гораздо более высокие урожаи. Тем не менее урожай, получаемые за год, уже теперь довольно высокие. Арколь и Фестенстейн [2] в Великобритании, не применяя орошения, получили урожай 2 т/га, чередуя озимую пшеницу (*Triticum aestivum*), кормовую редьку (*Raphanus sativus*) и горчицу (*Sinapis alba*). В Новой Зеландии люцерна (*Medicago sativa*) при орошении дает 1,95 т/га. В Орангабаде*

* Город в Индии, штат Бихар.— Прим. пер.

[8, 9] сравнивали урожайность многих видов растений в разное время года и при внесении различных удобрений. Вигна початковая (*Vigna unguiculata*) дала 895 кг/га за 80 дней, т. е. более 4 т в год при условии, что этот уровень урожайности сохраняется в течение всего года. В короткосрочных опытах удавалось достичь очень высокого выхода экстрагированного белка (до 17 кг/га·день).

При отборе видов для изучения следует иметь в виду следующее. Белок легче выделить из нежных, сочных листьев, чем из жилистых и сухих. Даже при измельчении с добавлением щелочи листья, содержащие много кислот, экстрагируются хуже, чем листья, дающие нейтральные экстракты. Также трудно работать с листьями, образующими клейкие или слизистые экстракты. Очевидно, что необходимо использовать листья, которые можно убирать механическим способом, и преимущественно тех видов, у которых они отрастают после скашивания, поэтому, вероятно, не следует использовать листья деревьев, хотя в принципе для этих целей пригоден подлесок [16]. В равной степени очевидно, что нет смысла выращивать на свободных землях смесь сорняков. Даже в том случае, если уборку зеленой массы сорняков механизировать и с помощью внесения удобрений обеспечить достаточно высокий урожай, следует использовать эти земли для выращивания сельскохозяйственных растений. Дикорастущие водные растения в этом смысле представляют исключение [4]. Они часто прекрасно растут, но пока мало известно об экстрагируемости из них белков. Хороший выход белка получается из листьев, которые являются побочными продуктами, например из листьев бобовых (*Phaseolus* spp. и *Vicia faba*), джута (*Corchorus* spp.), гороха (*Pisum sativum*), китайской белой крапивы (*Boehmeria nivea*), картофеля (*Solanum tuberosum*) и сахарной свеклы (*Beta vulgaris*).

ОТДЕЛЕНИЕ ЭКСТРАКТА ОТ КЛЕТЧАТКИ

Выход белка из листьев в приведенных выше данных определяли в образцах массой 4—5 кг, взятых от одной культуры, которые измельчали по методу, принятому в исследованиях, проводимых в рамках МБП [6]. Полученные образцы подвергали прессованию в установке, разработанной по заказу МБП [7], и определяли коли-

чество белка, осаждаемого из экстракта трихлоруксусной кислотой. Преимущество работы с мощным оборудованием заключается в возможности повторной экстракции клетчатки. При этом можно дополнительно получить половину того количества белка, которое удастся выделить при однократной обработке. Однако в лабораторных условиях при двукратной экстракции трудно получить воспроизводимые результаты. На рисунке 14.2 показано, как увеличивался сбор белка при усовершенствовании агрономических приемов и процессов обработки листьев на Ротамстедской опытной станции.

Среди специалистов нет единого мнения о том, какую установку для экстракции следует признать наилучшей в условиях крупного производства. В Ротамстеде была предпринята попытка улучшить конструкцию жестко закрепленного рабочего органа и незабывающегося пульпера, описанных в 20-м томе Руководства (Handbook), изданном МБП (см. [17]), и убедились, что в основном их конструкция лучше любой другой из испытанных. Мы не можем отдать предпочтение ни одному из прессов, используемых для этих целей. Наш ленточный пресс [5] не выжимает сок полностью, и, чтобы в конечном счете получить сухую клетчатку, можно подвергнуть массу повторному прессованию на более мощной установке [18]. Но поскольку концентрация белка в соке, который вытекает при небольшом давлении, в 3 или 4 раза выше, чем в соке, получаемом при высоком давлении, последнее не столь необходимо с точки зрения получения белка.

В промышленном производстве, развитом в США, применяются плющильные вальцы для сахарного тростника (см. стр. 174). Трехвальцовая мельница — прекрасное устройство для размалывания полых трубок, однако для такого вида работы она и предназначена. Ее трудно приспособить для перетира-

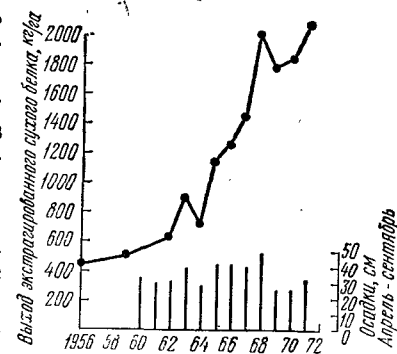


Рис. 14.2. Повышение ежегодного сбора экстрагированного из листьев белка на Ротамстедской опытной станции.

вождающегося освобождением из них сока; единственный способ — сделать так, чтобы вальцы вращались крайне медленно, тогда удастся поддерживать в течение достаточно долгого времени давление, необходимое для выделения сока из клетчатки. Следовательно, чтобы добиться удовлетворительного выделения сока, нужно многократно пропустить листья через трехвальцовую мельницу. При этом не только расходуется энергия, но и неизбежен длительный контакт листовой пульпы с выделенным соком, что уменьшает выход белка [7], создает благоприятные условия для образования комплекса между белком и полифенолами и подобными им веществами в экстрактах листьев, что нежелательно, и ведет к потере β -каротина. Считают, что можно получить хорошую пульпу путем пропуска массы через отверстия пуансона с диаметром 1 см.

Мощный редуктор дает высокоскоростным (от 800 до 1700 об/мин) пульперам, которые использовались в Ротамстеде, лишь кажущееся преимущество, так как половина потребляемой ими мощности теряется. Сейчас, когда начинают широко использовать низкоскоростные гидравлические машины, следует обратить внимание на их преимущества, поскольку с их помощью можно обеспечить медленную обработку [17]; производительность такой установки несколько тонн в час, хотя в любой момент времени обработке подвергается только несколько килограммов материала. На эти технические особенности следует обратить внимание, так как, за исключением выращивания самой культуры, получение пульпы является наиболее дорогостоящим процессом. За последние 12 лет энергетические затраты на получение 1 кг белка сократились на 25%, но здесь еще есть неиспользованные возможности.

ВЫДЕЛЕНИЕ БЕЛКА ИЗ ЭКСТРАКТА

Наиболее удовлетворительный метод получения белкового сгустка — тепловая коагуляция. Окрашенный в зеленый цвет, преимущественно «хлоропластный», белок коагулирует при 50—60°C. Если отделить его от бесцветного «цитоплазматического» белка, то последний коагулирует при 70°C. При дальнейшем повышении температуры никакие белки больше не коагулируют, однако, по-видимому, следует нагревать массу до 100°C.

Это дает возможность получать более стерильный продукт и осуществлять полную инактивацию ферментных систем листьев. При пропускании струи пара через поток сока нагревание происходит в течение одной-двух секунд, что приводит к образованию грубой, легко отделяемой фильтрованием творожистой массы и сводит к минимуму возможность проявления действия ферментов. Это особенно важно для таких богатых хлорофиллом растений, как люцерна и пшеница. Хлорофилл в белках листьев, полученных при нагревании до 80°C, был почти целиком гидролизован до хлорофиллида, тогда как при быстром нагревании до 100°C гидролиз почти не происходит [3]. При отмывании белка, полученного при медленном нагревании, в слабокислых растворах в результате потери магния образуется феофорбид. Белок из листьев, полученный при медленном нагревании сока люцерны [10], содержал феофорбид в количестве, достаточном для индукции светочувствительности у крыс, которым скармливали этот белок [12].

После коагуляции нагреванием белок может быть отделен от «сыворотки» и высушен или законсервирован с помощью стандартных химических методов, применяемых в промышленности. «Сыворотку» следует отделить, чтобы предотвратить местное загрязнение. Ее можно использовать в качестве удобрения, так как она содержит азот, фосфор, калий и 1—3% углеводов, которые способствуют улучшению структуры почвы. В идеальном случае ее можно было бы использовать в качестве среды для культивирования микроорганизмов.

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ

В 20-м томе Руководства (Handbook), изданном МБП [17], Вудхэм и Сингх рассмотрели результаты исследований по кормлению животных и питанию людей. Правильно приготовленный белок листьев превосходит по своим качествам любые белки семян, но уступает белку молока или яичному белку. Этого можно было ожидать исходя из результатов анализа его аминокислотного состава.

Хотя большинство препаратов содержало более 2 г метионина на 16 г N, во всех опытах крысы лучше росли при внесении в корм дополнительного количества этой аминокислоты. Вероятно, часть метионина белка

листьев не усваивается. Доказательства того, что это является следствием образования комплекса или окисления во время выделения белка, отсутствуют, но такую возможность надо иметь в виду. Следует также изучить препараты, приготовленные более тщательно и быстро, чтобы определить истинную ценность белков листьев. Видовые различия, наблюдаемые между препаратами, могли быть, вероятно, объяснены неодинаковым количеством повреждений, нанесенных им во время приготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allison R. M., Vartha E. W. 1973. Yields of protein extracted from irrigated lucerne. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 1, 35.
2. Arkcoll D. B., Festenstein G. N. 1971. A preliminary study of the agronomic factors affecting the yield of extractable leaf protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22, 49.
3. Arkcoll D. B., Holden M. 1973. Changes in chloroplast pigments during the preparation of leaf protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 1217.
4. Boyd C. E. 1971. Leaf protein from aquatic plants. In: Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook 20 (ed. N. W. Pirie), p. 44. Blackwell Scientific, Oxford.
5. Davys M. N. G., Pirie N. W. 1965. A belt press for separating juices from fibrous pulps. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 10, 142.
6. Davys M. N. G., Pirie N. W. 1969. A laboratory-scale pulper for leafy plant material. *Biotechnology and Bioengineering*, 11, 517.
7. Davys M. N. G., Pirie N. W., Street G. 1969. A laboratory-scale press for extracting juice from leaf pulp. *Biotechnology and Bioengineering*, 11, 528.
8. Deshmukh M. G., Gore S. B., Munikar A. M., Joshi R. N. 1974. The yields of leaf protein from various short-duration crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25, 717.
9. Dev D. V., Batra U. R., Joshi R. N. 1974. The yields of extracted leaf protein from lucerne (*Medicago sativa* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25, 725.
10. Hove E. L., Lohrey E., Urs M. K., Allison R. M. 1974. The effect of lucerne—protein concentrate in the diet on growth, reproduction and body composition of rats. *British Journal of Nutrition*, 31, 147.
11. Lawes J. B. 1885. Sugar as a food for stock. *Journal of the Royal Agricultural Society* (2nd Ser.) 21, 81.
12. Lohrey E., Tapper B., Hove E. J. 1974. Photosensitization of albino rats fed lucerne protein concentrate. *British Journal of Nutrition*, 31, 159.
13. Pirie N. W. 1972. Direct use of leaf protein in human nutrition. *Chemistry and Industry*, 61, 45.

14. Pirie N. W. 1951. The circumvention of waste. In: Four thousand million mouths (ed. F. LeGros Clark and N. W. Pirie), p. 180. Oxford University Press, London.
15. Pirie N. W. 1966. Fodder fractionation: an aspect of conservation. *Fertiliser and Feeding Stuffs Journal*, 63, 119.
16. Pirie N. W. 1968. Food from the forests. *New Scientist*, 40, 420.
17. Pirie N. W. 1971. Leaf protein: its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook 20. Blackwell Scientific, Oxford.
18. Pirie N. W. 1973. Plants as sources of unconventional protein foods. In: symposium on the Biological Efficiency of Protein Production (ed. J. G. W. Jones), p. 101, Cambridge University Press, London.

15. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО БЕЛКА ЛИСТЬЕВ В США

Г. О. Колер, Е. М. Биккофф

Идея о получении из белка листьев продуктов, пригодных для потребления человеком или для использования в качестве источника кормового белка, очень заманчива, однако она пока не нашла широкого применения в практике. При Министерстве сельского хозяйства США была создана промышленная группа, которая развернула упорные поиски возможности производства высококачественного кормового белкового концентрата из листьев (I фаза программы) как побочного продукта процесса обезвоживания люцерны. Эти работы базировались на следующих соображениях. 1. Для животных цвет и запах всего зеленого белкового концентрата из листьев, предназначенного на корм, не имеет значения. 2. Имеется рынок сбыта для ксантофилла, как источника пигмента для цыплят-бройлеров и кур-несушек. 3. Применение компьютерных систем, предназначенных для предсказания цен на новые составные части пищевых продуктов, уменьшает риск, связанный с появлением новых продуктов на рынке. 4. На основе промышленности по обезвоживанию грубых кормов была развита материально-техническая база для уборки и обработки больших количеств свежей молодой люцерны. Создание заводов по обезвоживанию, работающих круглосуточно в течение всего вегетационного периода, позволило снизить издержки производства до минимума. 5. Введение в технологию дегидратации еще одной

процедуры — удаления сока позволило снизить общий расход энергии на 25—30% [4]. 6. Если процесс прессования осуществлять под небольшим давлением (например, используя вальцы для плющения сахарного тростника), можно выделять белок из листьев как побочный продукт, получаемый при производстве высококачественной обезвоженной люцерны или травы. Это позволяет с минимальным риском развивать торговлю таким белком. Можно увеличить выход белка, применяя предварительное измельчение и (или) продавливание через двухшнековый пресс, если расчет подтвердит рентабельность этого способа. 7. После выяснения экономической целесообразности строительства фабрики для производства белкового концентрата из листьев как побочного продукта, являющегося высокопитательным кормом для домашней птицы (процесс I предварительной очистки ксантофилла), нужно было бы приступить к следующей фазе исследования, целью которого является изучение возможности введения в технологический процесс еще одной операции — разделения белка в полученном соке на фракции белка хлоропластов и растворимого (белого) белка (фаза II или процесс II предварительной очистки ксантофилла).

За последние несколько лет в связи с увеличением стоимости сырья для производства белка (соевого шрота и казеина) конкурентоспособность белкового концентрата из листьев еще больше возросла.

Исследования по I фазе программы по существу закончились. Большая промышленная компания, занимающаяся обезвоживанием растительного материала, производит в промышленном масштабе белковый концентрат из листьев как побочный продукт около 4 лет*. Прессованную люцерну получали без предварительного измельчения. Эту массу можно было более эффективно обезвоживать в соответствующем сушильном аппарате по сравнению с шинкованной люцерной, содержащей небольшие, легко сгорающие волокна клетчатки. Для обработки листьев люцерны решили использовать вальцы, предназначенные для плющения сахарного тростника. Этот выбор был сделан с учетом экономических со-

* Фирма Бэтли-Джанс Энтерпрайз, Инк., Броули, Калифорния (Batley-Janss Enterprises, Inc., Brawley, California) продает этот продукт под названием «X-Pro[®]».

ображений. При таком способе производства выход сока достигает 35%. Остающийся продукт содержит гарантированное количество белка и каротина, и при торговле этим стандартным продуктом коммерческий риск был устранен. Эти гарантии обеспечивались применением в качестве исходного сырья незрелой высококачественной люцерны. Получаемая на этой фабрике люцерна, содержащая 17% белка, была полностью эквивалентна по своей питательности люцерне, также содержащей 17% белка, но полученной из менее качественного исходного материала [4]. В условиях данного производства разбавленный коричневый сок, оставшийся после удаления белка, добавляют к прессованной люцерне. Следовательно, тот энергетический потенциал, который заложен в этом процессе, реализуется промышленностью еще не полностью. Эта компания и большинство других калифорнийских фабрик, производивших обезвоженную люцерну, в последние 4 года свернули производство из-за сокращения рынков сбыта и увеличения цен на топливо, что привело к снижению общей продукции обезвоженной люцерны в Калифорнии до уровня, меньшего 10%, по сравнению с 1969 г.

Недавние исследования показали, что наиболее желательным в экономическом плане является процесс, основанный на максимальном выходе концентрата белка листьев [8, 11]. В исследованиях, проведенных на экспериментальных предприятиях лабораториями Министерства сельского хозяйства США [10], выход продукта составлял 18% (в расчете на сухую массу) по сравнению с выходом 3—4%, полученным ранее фирмой Бэтли-Джанс Энтерпрайз [9].

Во Франции* для производства Pro-Xap была построена и в июне 1976 г. дала первую продукцию высокопроизводительная (40 т/ч) фабрика, оснащенная более современным оборудованием [7]. На этой фабрике используют отходы тепла для того, чтобы упарить коричневый сок, который затем добавляют обратно к прессованному жмыху перед обезвоживанием.

Производство Pro-Xap на новой фабрике с мощностью 30 т/ч запланировано начать в июне 1978 г.**

* France Luzerne, 11 Rue de Madrid, Paris 8, France.

** Valley Dehydrating Company, Box 788, Sterling, Colorado 80751, USA.

Колер и др. [5, 4] дали аннотированный указатель публикаций, содержащих детали I процесса предварительной очистки ксантифилла. Для уменьшения протеазной и липоксигеназной активности используют щелочные условия (рН от 8 до 8,5), которые, как известно, предотвращают также потерю хлорофилла и ионов магния.

Было бы интересно определить, уменьшается ли в этих условиях активность хлорофиллазы.

Недавно были определены условия для эффективного разделения зеленой и белой фракций белка листьев в лабораторном масштабе [1] и появилось описание экспериментального завода [2].

Современные исследования направлены на поиск таких способов очистки белой фракции белка листьев, при которой не происходила бы денатурация белка. В США проявляется большой интерес к промышленному производству как кормовых, так и пищевых концентратов из белка листьев, и вполне вероятно, что в последующие несколько лет будет наблюдаться дальнейший прогресс в развитии этого производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. de Fremery D., Miller R. E., Edwards R. H., Knuckles B. E., Bickoff E. M., Kohler G. O. 1973. Centrifugal separation of white and green protein fractions from alfalfa juice following controlled heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21, 886.
2. Edwards R. H., Miller R. E., de Fremery D., Knuckles B. E., Bickoff E. M., Kohler G. O. 1973. The production of edible white protein from alfalfa. Presented at the 166th ACS meeting, Chicago, Illinois, August 26—31. Abstracts of Papers, p. AGFD, Paper No. 78.
3. Fomin V. I. 1973. Mechanical dewatering of lucerne by repeated pressing. Proceedings of the First International Crop Drying Congress, Oxford, p. 341.
4. Kohler G. O., Bickoff E. M., de Fremery D. 1973. Mechanical dewatering of forage and protein byproduct recovery. Proceedings of the First International Green Crop Drying Congress, Oxford, p. 326.
5. Kohler G. O., Bickoff E. M., Spencer R. R., Witt S. C., Knuckles B. E. 1968. Wet processing of alfalfa for animal feed products. Proceedings of the Tenth Technical Alfalfa Conference (held at Reno, Nevada, July 11, 1968), ARS-74-46, p. 71.
6. Knuckles B. E., Bickoff E. M., Kohler G. O. 1972. PRO-XAN process: methods for increasing protein recovery from alfalfa. *Agricultural and Food Chemistry*, 20, 1055.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7. Gastineau C. 1975. The French Work. Proceedings of the Twelfth Technical Alfalfa Conference (held at Overland Park, Kansas, Nov. 6—7, 1974). p. 123. Western Regional Research Center, USDA, Berkeley, CA 94710.
8. Enochian R. V., Edwards R. H., Kuzmicky D. D., Kohler G. O. 1977. Leaf protein concentrate (Pro-Xan) from alfalfa: An economic evaluation. Presented at the 1977 Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Chicago, Illinois, Dec. 13—16. Paper No. 77—6538.
9. Kohler G. O., Knuckles B. E. 1977. Edible protein from leaves. *Food Technol.*, 31, 191.
10. Kohler G. O., Edwards R. H., Knuckles B. E., de Fremery D., Miller R. E. 1977. Means of increasing yields of leaf protein concentrate. Presented at the 1977 Annual Meeting, American Society of Agricultural Engineers, Raleigh, North Carolina, June 26—29. Paper No. 77—1058.
11. Vosloh C. J., Edwards R. H., Enochian R. V., Kuzmicky D. D., Kohler G. O. 1976. Leaf protein concentrate (Pro-Xan) from alfalfa: An economic evaluation. ERS, Agric. Econ. Rept. 346.

КОНЦЕНТРАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПУТЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

16. БЕЛКИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ОТ НЕОДОМАШНЕННЫХ ТРАВЯДНЫХ ЖИВОТНЫХ

К. Л. Блэкстер

Количество белка животного происхождения, получаемое населением земного шара от неодомашенных животных, точно неизвестно, хотя ФАО в своих ежегодных сводках потребления пищи в различных странах приводит данные о том, какое количество «другого мяса» потребляется в каждой стране. Очевидно, что во многих сельских общинах, где охотятся на диких животных, их мясо служит главным источником белка, но в городах мясо диких животных продается в виде деликатеса. Так обстоит дело не только в развивающихся странах, например Гане [1], но и в развитых странах Европы и Северной Америки. Так, в европейские страны ежегодно импортируется из Новой Зеландии и Шотландии около 5000 т мяса дикого благородного оленя. Помимо этого, они получают мясо диких животных и из местных ресурсов. Однако в развитых странах мясо дичи и диких животных следует рассматривать скорее как деликатес, чем как главный или существенный источник белка.

Возможность того, что некоторые крупные дикие травоядные животные характеризуются рядом свойств, которые вполне позволяют использовать их в некоторых специфических обстоятельствах в качестве основного источника мяса, приходила на ум многим, и МБП содействовала проведению некоторых исследований, дополняющих большую научную программу, субсидиро-

ванную или поддерживавшуюся другими организациями [13]. Доводы в пользу целесообразности использования мяса диких животных в основном носили экологический характер и касались сравнения продуктивности диких и домашних животных, ввезенных в определенные места обитания, большинство из которых представляют собой естественные пастбища или земли, поросшие кустарником и слабо использовавшиеся до сих пор для земледелия и скотоводства. Эти экологические аргументы рассматривались многими, в том числе Тальботом [32], Харкорном [15], Кроуфордом [7], Де Возом [11], Хопкрафтом [16], Кайлом [20] и, по-видимому, наиболее убедительно Дарлингом [9], который пришел к такому заключению: «Высокая степень биологического поглощения и обмена солнечной энергии может поддерживаться только в условиях естественных сообществ диких животных»*. Конечно, как указывал Кэй [17], в некоторых местах обитания, особенно в районах с очень сухим климатом или в бесплодных северных пустынных областях, вопрос об использовании домашних животных не стоит, потому что в отличие от диких животных они не могут приспособиться к местным климатическим условиям и имеющемуся там корму. Скиннер [30] пришел к такому общему выводу: «...не желая ни в коей мере приуменьшить тот вклад, который сделан зоологами, приходится признать, что на самом деле их чрезмерный энтузиазм и неадекватные научные доказательства слишком часто приводили к завышенным оценкам мясной продуктивности». Действительно, следует признать, что до настоящего времени было проведено слишком мало прямых долгосрочных сравнительных экспериментов по оценке продуктивности диких животных и домашнего скота в одних и тех же местах обитания, поэтому вопрос об их сравнительных свойствах остается открытым. Тем не менее накопилось много данных о физиологии, динамике популяции, пищевых потребностях, составе тела некоторых диких животных, которые не только позволяют реально определить потенциал их

* Эффективность усвоения солнечной энергии в процессе фотосинтеза у растений, обитающих в естественных условиях, пока выше, чем у культурных растений. Этим, по-видимому, объясняется и более высокая эффективность усвоения солнечной энергии (через ассимиляцию растительной пищи) дикими травоядными животными.—Прим. ред.

возможного использования, но также и облегчить косвенное сравнение их продуктивности с продуктивностью домашнего скота.

МЯСО ДИКИХ И ДОМАШНИХ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Разделанная туша — это тело убитого животного без шкуры, внутренних органов, головы, отрубленной на уровне затылка, и дистальных отделов конечностей, отрубленных ниже лучевой и локтевой и большой и малой берцовых костей. Показателем для оценки разделанной таким образом туши обычно служит убойный выход. В таблице 16.1 представлена средняя масса туш

Таблица 16.1. Живая масса и убойный выход некоторых домашних и диких жвачных животных*

Животные	Средняя живая масса, кг	Убойный выход, %	Источник информации
Домашние животные:			
крупный рогатый скот **	500	55	[10] [36, 37]
овца **	40	47	
коза	30	47	
лошади (казахские мясные лошади)	380	50	
Дикие животные — олени:			
благородный олень (европейский) (<i>Cervus elaphus</i>)	60	59	Fowler (1973)*** [24]
Семейство Вилороги:			
вилорог (самец) (<i>Antilocapra americana</i>)	54	56	[25]
Семейство Полорогие:			
канна (<i>Taurotragus oryx</i>)	508	59,1	[22]
африканский буйвол (<i>Synceus caffer</i>)	589	49,6	[41]
американский бизон (<i>Bison bison canadensis</i>)	577	54,1	[14]
голубой гну (<i>Connochaetes taurinus</i>)	230	57,7	[43]
спрингбок (<i>Antidorcas marsupialis</i>)	36	57,9	[35]
импала (<i>Aepyceros melampus</i>)	45	57,4	[42]

* В работе фон Ла Шевалье [38] представлена таблица, в которую сведены обширные данные, полученные по 32 видам африканских копытных.

** Средние значения; убойный выход увеличивается при ожирении.

*** Нет в списке литературы. — Прим. пер.

некоторых видов жвачных животных, пригодных с экономической точки зрения для производства мяса. Данные этой таблицы подтверждают на примере большого числа видов заключение, к которому пришли ученые в результате исследований, проведенных в Восточной Африке [22], что убойный выход туш многих диких жвачных животных немного выше, чем у домашних животных. Исключение составляет африканский буйвол и американский бизон. По-видимому, характерной чертой многих диких жвачных, особенно обитающих в субтропиках, является то, что их убойный выход относительно стабилен и на него не оказывают существенного влияния такие факторы, как возраст и пол животного.

Выход мяса, освобожденного от костей, из разделанных туш диких животных составляет 80—85%, что близко к аналогичным показателям для домашних животных, но отмечается тенденция к увеличению у диких животных по сравнению с домашними количества мяса в задней части туши. В таблице 16.2 суммированы ос-

Таблица 16.2. Убойный выход и общий состав мясных туш хорошо откормленных благородного оленя, крупного рогатого скота и овец*

Вид	Живая масса, кг	Убойный выход, %	Исчещенный подкожный жир**	Исчещенный брошенный и окопаченный жир**	Мясо без костей I сорта**	Мясо без костей II сорта**	Мясо I сорта, % живой массы	Разница между содержанием и экстрагированного из туши жира, %	Внутримышечный жир, %
Олень (6-месячный)	48	59,1	3,6	2,6	56,1	22,2	33,1	6,5	1,9
Олень (3-годовалый)	58	53,4	4,3	1,8	57,4	22,6	30,7	8,7	2,4
Европейские:									
крупный рогатый скот	500	55,0	8,2	3,5	45,6	28,5	25,1	22,1	5,5
овца	41	47,1	18,2	3,7	38,7	23,2	18,2	22,3	6,8

* По данным разделки туш и материалам, собранным Фуллером и др. в процессе работы, проводившейся в рамках Международной биологической программы (Fowler, 1973, неопубликованные данные).

** От массы разделанной туши.

новые сравнительные показатели для благородного оленя и некоторых видов домашних животных, из которых видно, что относительный выход мяса первого сорта со спины, задней ноги и лопатки у него выше, чем у овцы и крупного рогатого скота, разделанных подобным же образом.

Различия в выходе мяса, освобожденного от костей, и в его распределении по частям туши поражают, однако, в меньшей степени, чем сравнение доли постного мяса и жира. Это хорошо показано в серии разделок туш, проведенных Леджером [21, 22]. В тушах зебу (*Bos indicus*) (Восточная Африка) содержится $28,6 \pm 4,6\%$ жира, тогда как у канны (*Taurotragus oryx*) только $4,2 \pm 2,4\%$, а у импалы $2,0 \pm 1,3\%$. То же самое справедливо и для жвачных животных умеренного климата; их мясо типично постное, хотя содержание жира значительно варьирует и зависит от сезона. В таблице 16.2 приводятся данные о количестве жира в освобожденном от костей мясе благородного оленя, овцы и крупного рогатого скота, которые свидетельствуют о том, что между этими видами существуют большие различия. Из данных, приведенных в последней колонке таблицы, видно, что даже сами мышцы оленя, освобожденные от межмышечного жира, содержат меньше жира, чем мышцы крупного рогатого скота или овцы. Особенно примечательно, что выход мяса первого сорта с низким содержанием жира значительно выше у благородного оленя, чем у овцы, содержащейся на таком же подножном корме. В общем выход постного мяса на единицу живой массы у диких видов, вероятно, больше, чем у домашнего крупного рогатого скота, зебу и овцы.

Мани [23] и Кроуфорд [5] систематически изучали состав постного мяса различных видов диких животных. Они не обнаружили существенных различий в аминокислотном составе смеси белков из мышечной ткани у разных видов диких и домашних животных, а замеченные Манном незначительные различия в содержании витаминов комплекса В, по его мнению, вполне могут быть обусловлены трудностями, которые связаны со сбором, хранением и обработкой образцов. Мало изучались качественные показатели мяса диких животных. Фон Ла Шевалье [33] исследовал цвет, нежность, вкус и запах мяса семи диких южноафриканских копытных животных и установил, что эти показатели у разных

видов неодинаковы, лучше всего они у мяса спрингбока. Таким образом, эти результаты показывают, что постное мясо диких жвачных животных, вероятно, сходно с постным мясом домашних животных по своей питательности и в определенных пределах в приемлемости для питания. Показано, что мясо диких видов содержит больше полиненасыщенных жирных кислот по отношению к общему количеству жирных кислот, чем мясо домашних животных или диких видов, содержащихся в заповедниках [6]. Это может в значительной степени отражать повышенное отложение насыщенных и мононенасыщенных кислот, например триацилглицеринов, у домашних животных и у диких животных в заповедниках [8, 12]. Кроуфорд и др. в действительности обнаружили существование обратной зависимости между процентным содержанием липидов в мясе и полиненасыщенных кислот в этих липидах.

Следующий вопрос, касающийся мяса диких животных, связан с безопасностью его использования в питании человека. Под этим подразумевают отсутствие в мясе патогенных для человека организмов. Янг и др. [43] и Янг и Хивер [41], исследовавшие африканских буйволов и гну, обнаружили в съедобных тканях этих животных много паразитов, включая *Cysticercus regis* (которые не передаются человеку), поэтому с эстетической точки зрения эти части туши могли быть признаны непригодными для питания человека на том основании, что мясо «заражено финнами». Авторы также отмечают, что эти дикие животные могут быть переносчиками возбудителей таких опасных для человека заболеваний, как сибирская язва, болезнь Вессельсбронна, бруцеллез и паразитарная инвазия. Кроме того, при плохой обработке туш болезнетворные организмы, в частности *Salmonellae*, могут инфицировать их. Поэтому следует отстреливать диких животных, предназначенных в пищу, так, чтобы не повредить их шкуру. Однако подсчитано, что даже в тех случаях, когда их отстреливают из укрытий опытные стрелки, используя высокоскоростные винтовки, 10% мяса диких африканских животных бывает испорчено, и его выбраковывают [38]. В Шотландии, по-видимому, около 40% лучшего мяса дикого благородного оленя (соответствует мясу первого сорта в табл. 16.2) бывает испорчено неопытными стрелками [3]. К этому перечню нужно добавить потери за счет

убежавших раненых животных, на долю которых, по данным разных исследователей, приходится около 10%.

Вопросы борьбы с болезнями с целью обеспечения безопасности здоровья людей и проблемы, связанные с потерей мяса в период его сбора, имеют отношение к двум противоположным видам деятельности, направленным на то, чтобы включить мясо диких травоядных животных в возможные источники потребляемого человеком мяса. Один вид деятельности состоит в плановом размножении животных и бережном отношении к естественным популяциям. Другой сводится к частичному или полному одомашниванию видов, чтобы излишки животных можно было забивать в каком-то центральном пункте, а их туши обрабатывать в гигиенических условиях.

При изучении вопроса о том, в какой степени можно увеличить численность популяции диких животных с целью получения мяса, были выявлены некоторые любопытные детали. Результаты программ по уничтожению диких животных в рамках проведения мероприятий по борьбе с мухой цеце показывают, что численность одних видов, особенно бородавочника (*Phacochoerus aethiopicus*) и серого дукера (*Sylvicapra grimmia*) увеличилась, а других (зебра, жираф и носорог) так сильно сократилась, что над ними нависла угроза полного уничтожения [27]. В некоторых национальных парках поголовье животных поддерживают на одном и том же уровне, чтобы предотвратить полное уничтожение ими растительности. Тем не менее многие естественные популяции копытных сохраняют стабильную численность, не причиняя большого ущерба среде обитания. По мнению Харторна, поголовье уменьшается в результате хищничества, куда он включает и браконьерство. Численность популяции возрастает значительно медленнее, чем это должно было бы происходить по довольно оптимистическим теоретическим прогнозам Тальбота и др. [33], на основании которых общая численность популяции для видов животных, рождающих одного детеныша в год, должна ежегодно возрастать на 25%. Это несоответствие, по-видимому, объясняется бесплодием, выкидышами и смертностью в период постэмбрионального развития. Так, изучение уровня рождаемости и смертности в различных возрастных группах популяции североамериканского оленя (*Odocoileus* и *Cervus* spp.) по-

казало, что если поголовье животных каждый второй год будет возрастать на 20%, численность популяции должна оставаться стабильной [46]. Для многих видов подобной статистики не существует, но и здесь, по-видимому, можно утверждать, что поголовье ежегодно увеличивается на 10—15%. Медленное увеличение поголовья и низкая плотность заселения пространства животными (число животных/км²), такая же, как в районах Крайнего Севера и Юга материков, несомненно, создают большие технические трудности для получения мяса диких животных на промышленной основе.

Выход из этого положения — одомашнивать определенные виды животных, чтобы за ними было легче ухаживать и до известной степени «улучшать» их породу, используя сельскохозяйственные методы откорма и борьбы с болезнями. Многие исследователи отмечали, что доля одомашненных видов млекопитающих в общем числе известных видов чрезвычайно мала и что такой богатый травоядными млекопитающими континент, как Африка, не добавил ни одного вида к списку одомашненных животных. В последнее время предпринимаются попытки одомашнивания ряда новых видов, особенно обычной южноафриканской антилопы канны, котская, как следует из таблицы 16.1, по всем показателям подходит для этого. В исследованиях русских ученых, проводившихся с 90-х годов XIX века, было показано, что этих животных можно приручить [34]. Увеличение популяции на 12—14% в год — это те цифры, которые принимаются в расчет при обсуждении прироста диких видов. В 1954 г. Розельт [26] приручил в Лупани (Южная Родезия) стадо диких животных и описал его историю, где приводит следующий факт: дочернее стадо из 24 голов сократилось за 6 месяцев до 11 голов в результате нападения леопардов, хищников и браконьеров. Исходное стадо было передано Министерству национальных парков Родезии, где наблюдения за ним продолжаются [18, 19, 28, 29]. Кроме того, исследуется возможность приручения стада спрингбоков к ферме [31], чего можно достичь скорее, чем одомашнивания. В зоне умеренного климата, в Шотландии, в рамках МБП изучается возможность частичного одомашнивания благородного оленя [2, 4].

В заключение следует отметить, что в настоящее время рассматривается много различных способов по-

лучения мяса диких животных. Увеличения производства мяса можно достичь путем выборочной браковки диких животных, находящихся в резервациях, увеличения их поголовья, борьбы с хищниками, сочетания охотничьего промысла с производством мяса или совместного содержания диких и домашних животных при экстенсивном типе ведения фермерского хозяйства. В равной мере к этому же относится разработка методов одомашнивания и содержания диких животных на фермах. По-видимому, вполне разумно также обсудить вопрос об использовании земли, принадлежащей фермерам, в качестве пастбища для диких животных или об откорме таких животных на фермах, где они становятся достаточно смирными, а также вопрос об установлении твердых рыночных цен на мясо диких животных, которые должны превышать цены на мясо обычных сельскохозяйственных животных. Все эти подходы требуют решения комплекса экологических и технических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Asibey E. O. A. 1966. Why not bushmeat too? *Ghana Farmer*, 10, 165—170.
2. Bannerman M. M., Blaxter K. L. 1969. The husbanding of red deer. Highlands and Islands Development Board and Rowett Research Institute, Aberdeen.
3. Bland G. H. M. 1969. The potential market for venison and its possible operation. In: The husbanding of red deer (ed. M. M. Bannerman and K. L. Blaxter), pp. 13—16. Highlands and Islands Development Board and Rowett Research Institute, Aberdeen.
4. Blaxter K. L. 1972. Deer farming. *Scottish Agriculture*, 51, 225—230.
5. Crawford M. A. 1968a. Food selection under natural conditions and the possible relation to heart disease in man. *Proceedings of the Nutrition Society*, 27, 163—171.
6. Crawford M. A. 1968b. Fatty acid ratios in free living and domestic animals. Possible implications for atheroma. *Lancet*, i, 1329—1333.
7. Crawford M. A. 1968c. Possible use of wild animals as future sources of food in Africa. *Veterinary Record*, 82, 305—318.
8. Crawford M. A., Gale M. M., Woodford M. H., Casped N. M. 1970. Comparative studies on fatty acid composition of wild and domesticated meats. *International Journal of Biochemistry*, 1, 295—305.
9. Darling F. F. 1960. Wildlife in an African territory. *Scientific American*, 203, 123—128.
10. Devendra C., Burns M. 1970. Goat production in the tropics. Technical Communication No. 19. Commonwealth Bureau of Animal Breeding and Genetics, CAB Farnham Royal, England.
11. De Vos A. 1969. Ecological conditions affecting the production of wild herbivorous mammals on grassland. *Advances in Ecological Research*, 6, 137—183.
12. Garton G. A. 1969. Polyunsaturated fatty acids in ruminant tissues in relation to atheroma in man. *Lancet*, i, 1217—1218.
13. Golley F. B., Buechner H. K. 1968. A practical guide to the study of the productivity of large herbivores. Blackwell Scientific, Oxford.
14. Halloran A. F. 1957. Live and dressed weights of American bison. *Journal of Mammalogy*, 38, 139—140.
15. Harthoorn A. 1968. Cropping of wild herbivores. *World Review of Animal Production*, 4, 120—127.
16. Hopcraft D. 1970. East Africa: the advantages of farming game. *Span*, 13, 29—32.
17. Kay R. N. B. 1970. Meat production from wild herbivores. *Proceedings of the Nutrition Society*, 29, 271—278.
18. Kerr M. A., Roth H. H. 1970. Studies on the agricultural utilization of semi-domesticated eland. 3. Horn development and tooth eruption as indicators of age. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 8, 149—156.
19. Kerr M. A., Wilson V. J., Roth H. H. 1970. Studies on the agricultural utilization of semi-domesticated eland. 2. Feeding habits and food preferences. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 8, 71—77.
20. Kyle R. 1972. Meat production in Africa. University of Bristol.
21. Ledger H. P. 1963. A note on the relative body composition of wild and domesticated ruminants. *Bulletin of Epizootic Diseases of Africa*, 11, 163—165.
22. Ledger H. P. 1968. Body composition as a basis for a comparative study of some East African mammals. *Symposia of the Zoological Society of London*, 21, 289—310.
23. Mann I. 1964. Vitamin content and amino acid composition of some African game animals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 12, 374—376.
24. Mitchell B. 1972. Annual cycle of condition and body composition of red deer in the island of Rhum. *Deer, Journal of the British Deer Society*, 2, 904—907.
25. Mitchell G. J. 1971. Measurements, weights and carcass yields of pronghorns on Alberta. *Journal of Wildlife Management*, 35, 76—85.
26. Posselt J. 1963. The domestication of the eland. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 1, 81—87.
27. Riney T. 1964. The economical use of wildlife in terms of its productivity and development as an agricultural activity. FAO Regional Meeting, Addis Ababa, paper No. 49, March 1964.
28. Roth H. H. 1970. Studies on the agricultural utilization of semi-domesticated eland. 1. Introduction. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 8, 67—70.
29. Roth H. H., Osterberg R. 1971. Studies on the agricultural utilization of semi-domesticated eland. 4. Chemical composition of eland browse. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 9, 45—52.
30. Skinner J. D. 1970. Game ranching in Africa as a source of meat for local consumption and export. *Tropical Animal Health and Production*, 2, 151—157.

31. Skinner J. D., von la Chevallier M., van Zyl J. H. M. 1971. An appraisal of the springbok for diversifying animal production in Africa. *Animal Breeding Abstracts*, 39, 215—224.
32. Talbot L. M. 1963. Comparison of the efficiency of wild animals and domestic species in utilization of East African Rangelands *Publications of the IUCN NS*, 1, 328—335.
33. Talbot L. M., Payne W. J. A., Ledger H. P., Verdcourt L. D., Talbot M. H. 1965. The meat production potential of wild animals in Africa. A review of biological knowledge. Technical Communication No. 16 of the Commonwealth Bureau of Animal Breeding and Genetics, Edinburgh.
34. Treus V., Kravchenko D. 1968. Methods of rearing and economic utilization of eland in the Askaniya Nova Zoological Park. *Symposia of the Zoological Society of London*, 21, 395—411.
35. van Zyl J. H. M., von la Chevallier M., Skinner J. D. 1969. A note on the dressing percentage in the springbok and impala. *Proceedings of the South African Society of Animal Production*, 8, 199—200.
36. Венъярский А. Д. 1963. Эффективность нагула лошадей. Труды Семипалатинского зооветеринарного института, 3, 87.
37. Венъярский Д. 1959. О мясном нагуле лошадей. Коневодство, 7, 16—17.
38. von la Chevallier M. 1970. Meat production from wild ungulates. *Proceedings of the South African Society of Animal Production*, 9, 73—87.
39. von la Chevallier M. 1972. Meat quality of seven wild ungulate species. *South African Journal of Animal Science*, 2, 101—103.
40. Walters C. J., Bandy P. J. 1972. Periodic harvest as a method of increasing big game-yields. *Journal of Wildlife Management*, 36, 128—134.
41. Young E., van den Heever L. W. 1969. African buffalo as a source of food and by-products. *Journal of the South African Veterinary Medical Association*, 40, 83—88.
42. Young E., Wagener L. J. J. 1968. The impala as a source of food and by-products. *Journal of the South African Veterinary Medical Association*, 39, 81—86.
43. Young E., Wagener L. J. J., Bronkhorst P. J. L. 1969. The production potential, parasites and pathology of free living wildebeest of the Kruger National Park. *Journal of the South African Veterinary Medical Association*, 40, 315—318.

17. ПОТРЕБЛЕНИЕ НЕБЕЛКОВОГО АЗОТА ЖВАЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ

Т. Р. Престон

При каждом обсуждении на международном уровне мероприятий, направленных на устранение недостатка белка, обычно приходят к выводу, что решение этой

проблемы должно быть связано с выращиванием сельскохозяйственных культур как источников растительного белка, предназначенного для непосредственного потребления человеком. Что касается домашних животных, то их считают неэффективными производителями белка, которые навсегда останутся источником великолепных белков лишь для наиболее обеспеченной части населения земного шара, так как являются очень дорогостоящим продуктом.

Действительно, во многих районах земного шара, особенно тех, которые расположены в зоне умеренного климата, наиболее эффективный способ получения белка — выращивание зерновых и зернобобовых культур для непосредственного потребления или для экстракции белка из стеблей и листьев высокоурожайных злаковых и бобовых трав. Однако эти методы получения белка не являются оптимальными для большинства тропических районов особенно в зоне влажного тропического климата, в которых значительно лучше растут культуры с высоким содержанием углеводов, такие, как сахарный тростник и маниок. Указанные культуры содержат мало белка, но они являются прекрасным субстратом для микроорганизмов, которые могут продуцировать высококачественный белок, используя в качестве источника азота простые химические соединения, такие, как аммиак и мочевина. Было выдвинуто несколько предложений использовать эту способность микроорганизмов для промышленного производства белка, однако для большинства потребителей конечный продукт имеет неприятный вкус и представляет определенную опасность для здоровья, что зависит от того, какой субстрат использовался для сбраживания.

Брожение также имеет место в пищеварительном тракте животных, и особенно это присуще жвачным, поскольку микробный белок, полученный в процессе брожения, затем переваривается с помощью ферментов желудка. В результате этого процесса простые азотсодержащие соединения, находящиеся в пище, превращаются в белки тканей и молока, характеризующиеся высокой биологической ценностью и хорошими вкусовыми качествами. В этом отношении жвачные животные имеют большое преимущество по сравнению со свиньями и домашней птицей, которые не обладают такой способностью. Роль последних заключается в повышении био-

логической ценности низкокачественного кормового белка, причем эффективность процесса переработки белка невелика и колеблется при оптимальных условиях от 12% при мясном откорме свиней до 18% при производстве яиц [14].

Высказана также гипотеза, что жвачные животные благодаря наличию симбиотически живущей микрофлоры осуществляют синтез высококачественного белка из неорганического азота и разлагаемых микроорганизмами рубца углеводов. Данные, подтверждающие правильность этой гипотезы, были получены на Кубе, где 500 тыс. голов крупного рогатого скота откармливают ежегодно на рационах, 80% энергии которых приходится на долю мелассы (черной патоки) и свыше 60% азота — на долю мочевины ([15]; А. Молина, личное сообщение).

Эффективность этого процесса зависит от того, какое количество углеводов может быть использовано в качестве энергетического субстрата для роста микроорганизмов. На основании результатов, полученных Престоном [15], можно оценить этот процесс с практической точки зрения. В этом эксперименте крупный рогатый скот получал рацион, содержащий легко переваримые углеводы (главным образом мелассу) и небелковый азот. На 1 кг прироста живой массы приходилось 95 МДж обменной энергии (ОЭ), полученной за счет переваривания углеводов безбелкового рациона. Результаты других опытов, проводившихся на животных-аналогах с использованием сходных рационов [19], показывают, что в среднем на 1 кг прироста живой массы требуется 100 г сухого белка. Следовательно, в конечном итоге за счет 950 МДж ОЭ, поставляемой углеводами, образуется 1 кг белка мяса в расчете на сухое вещество.

Чтобы перевести эти данные в цифры, характеризующие выход белка с 1 га, было предложено взять в качестве примера сахарный тростник, который считается самой высокоурожайной культурой, возделываемой во влажных тропиках в промышленном масштабе. Хотя сахарный тростник до сих пор выращивался исключительно для производства сахара, недавно было показано, что часть растения, остающаяся после удаления непереваримой коры, является прекрасным источником углеводов для жвачных животных [3]. В опытах, про-

веденных в Барбадосе [18], было показано, что из сахарного тростника, потенциальная урожайность которого составляет 100 т/га*, после удаления коры можно получить (в пересчете на сухое вещество) 34,3 т корма. Установлено, что переваримость этого корма составляет 70% [12], и если предположить, что 1 кг переваримого сухого вещества корма эквивалентен 15 МДж ОЭ, то потенциальный выход ОЭ составит около 360 000 МДж/га. Ранее было подсчитано, что для синтеза 1 кг белка мяса в расчете на сухое вещество необходимо 950 МДж ОЭ, поэтому выход белка с 1 га составит 378 кг.

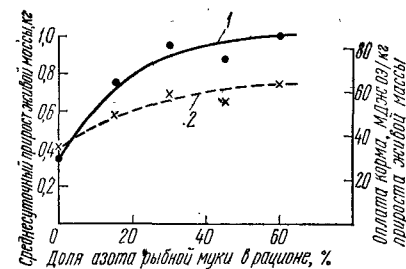


Рис. 17.1. Влияние замены азота мочевины азотом чистого белка (из рыбной муки) на потребление корма и среднесуточный прирост живой массы откормочного скота, находящегося на рационе, составленном на основе мелассы и мочевины [15]:

1 — среднесуточный прирост; 2 — расход корма.

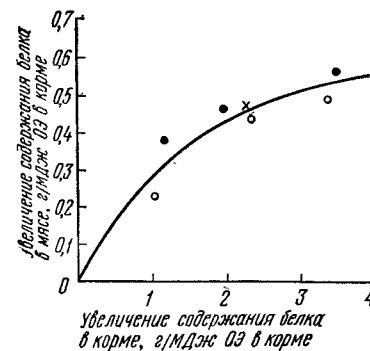


Рис. 17.2. Конечная эффективность выхода белка мяса при содержании коров на рационе, включающем мочевины, мелассу и добавки чистого белка [15].

* Средняя урожайность сахарного тростника в мире составляет около 50 т/га; при разумном использовании техники ее можно довольно легко повысить до 100 т/га, как это было сделано, например, в Перу и Эфиопии [5].

фективности усвоения корма, т.е. превращению содержащейся в нем энергии. Более того, при включении в рацион белковых добавок из расчета 6 г на 4,2 МДж ОЭ выход белка возрастает с 378 до 508 кг/га. На 360 000 МДж (см. выше) необходимо добавить 522 кг чистого белка. Полученный эффект такой добавки можно анализировать в двух направлениях: если сосредоточить внимание на чистом белке, т.е. на процессе превращения белковых добавок в животный белок, то 522 кг белковых добавок превратятся в 508 кг белка мяса, т.е. чистая эффективность этого процесса будет составлять 97%; но если рассматривать только конечную эффективность использования корма, то 522 кг белковых добавок дадут дополнительно 130 кг белка мяса (508—378 кг), т.е. эффективность составит 25% (см. рис. 17.2). Если и дальше увеличивать количество белка в рационе, то это будет способствовать увеличению эффективности процесса образования белка, но конечная эффективность трансформации кормового белка в белок мяса будет равномерно уменьшаться, в соответствии с общим законом уменьшающихся возмещений.

До сих пор не удается обнаружить подобные зависимости для процесса превращения мочевины в белок молока. Виртанен [17] опубликовал результаты эксперимента с ограниченным числом подопытных коров, содержащихся на полусинтетических рационах, в которых весь азот был представлен в небелковой форме. Его данные еще должны быть подтверждены в промышленном масштабе, но теоретически можно ожидать наличия подобных соотношений между содержанием поддающихся сбраживанию углеводов в урожае культуры и выходом белка молока.

Обсуждавшиеся выше вопросы касались использования мочевины в качестве источника небелкового азота. Логика этого подхода заключается в том, что, несмотря на то, что многие неорганические и органические вещества при гидролизе дают аммиак и поэтому могут служить субстратами для выращивания микробов, в промышленном масштабе до сих пор использовалась только мочевина. Из других веществ в опытах чаще всего использовали биурет, являющийся продуктом конденсации мочевины. Его главное преимущество по сравнению с мочевиной заключается в том, что процесс гидро-

лиза биурета протекает более медленно, и следовательно, меньше опасность проявления токсичности аммиака, а недостаток связан с тем, что в нормальной жидкости рубца, очевидно, содержится мало бактерий, необходимых для гидролиза биурета, поэтому, когда животных переводят на рацион, в который входит биурет, требуется период адаптации [10]. Более того, для рационов с высоким содержанием легко поддающихся сбраживанию углеводов медленное выделение аммиака из биурета может оказаться недостатком: в этом случае аммиак выделяется слишком медленно, чтобы обеспечить потребности быстрорастущих организмов в азоте. Так, Гонзалес и Харкус (*неопубликованные данные*) установили, что скорость роста откормочных быков, содержащихся на мелассовом рационе с ограниченным количеством фуража и рыбной муки, была на 50% выше, если в качестве дополнительного источника азота использовали мочевины, а не биурет.

По-видимому, все вышесказанное относится и к использованию азота, содержащегося в помете домашней птицы. Скорость роста скота, содержащегося на мелассовом рационе с добавкой небольшого количества рыбной муки и фуража, уменьшалась, если мочевины как главный источник вносимого азота (приблизительно 60% от общего количества азота в рационе) [16] заменяли птичьим пометом, взятым из клеток кур-несушек. По-видимому, определяющим фактором является количество азота в добавляемом в рацион помете. Так, в нескольких экспериментах помет домашней птицы, взятый либо из клеток кур-несушек, либо из подстилки, используемой при выращивании бройлеров и добавленный в количестве до 40% от рациона, обычно был столь же эффективен, как шрот семян масличных культур. Но во всех описываемых опытах остальную часть рациона составляло зерно, обычно кукуруза [4, 7, 8, 1, 2]. В этом случае по крайней мере 60% азота рациона составлял азот белка, полученного из семян зерновых культур, тогда как при использовании в качестве основного источника энергии мелассы или сахарного тростника в корм добавляли ничтожно малое количество уже готового белка.

Приведенное выше заключение относится главным образом к птичьему помету, использовавшемуся без предварительного сбраживания, тогда как в том слу-

чае, когда помет собирается с глубокой подстилкой, незначительное разложение его может иметь место. В настоящее время представляют интерес более усовершенствованные методы переработки отходов, полученных как от жвачных, так и от нежвачных животных. В этих отходах поддерживается аэробное брожение с целью получения белка, образующегося в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Жидкая фаза, возникающая при окислении свиного навоза в жижесборниках, содержит 3% сухого вещества, в котором обнаружено 49% белка, 1,42% лизина и все остальные заменимые и незаменимые аминокислоты. При добавлении этой жидкости к рациону свиней, содержащему очень мало белка и лизина, скорость роста и эффективность использования корма возрастали на 6—7% [9].

Последний метод очень перспективен, так как с его помощью можно осуществить синтез чистого белка из простых азотсодержащих веществ, имеющихся в отходах животных. Напротив, прямое использование отходов в рационах жвачных животных экономически обосновано только в тех случаях, когда оставшая часть рациона содержит значительные количества белка (обеспечивающие более чем 60% потребностей). Использование отходов для кормления нежвачных животных может быть рекомендовано лишь в редких случаях, поскольку их продуктивность снижается, если содержание отходов в рационе превышает 10% [6]. Таким образом, необработанные отходы животных, используемые для кормления как жвачных, так и нежвачных животных, по-видимому, правильнее всего оценивать по их энергетической ценности. Согласно Полину и др. [13], помет кур-несушек содержит 5,5 МДж ОЭ/кг на 90% сухого вещества и приближается по этому показателю к таким обычным грубым кормам, как сухая зеленая масса люцерны и пшеничные отруби.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cuesta P. M., Martinez M. C., Serrano J. T., Gutiérrez A. J. 1972. Urea y gallinaza en alimentación de corderos. (Urea and poultry litter in the feeding of lambs). In: Second World Congress of Animal Feeding, Madrid.
2. Cullinson A. E., McCampbell H. C., Warren E. P. 1973. Use of dried broiler feces in steer rations. *Journal of Animal Science*, 36, 218.

3. Donefer W. 1973. Comfith as an animal feed. In: CIDA seminar on sugar cane as livestock feed, Barbados. Canadian International Development Agency, Ottawa.
4. El-Sabban F. F., Bratzler J. W., Long T. A., Frear D. E. H., Gentry R. F. 1970. Value of processed poultry waste as a feed for ruminants. *Journal of Animal Science*, 31, 1.
5. FAO 1971. *Production Yearbook*, 1970—1971. FAO, Rome.
6. Flegal C. J., Dorn D. A. 1971. The effects of continually recycling dehydrated poultry waste (DPW) on the performance of SCWL laying hens; a preliminary report. Research Report No. 152, Farm Science, Michigan Agricultural Experiment Station, East Lansing, Michigan.
7. Fontenot J. P., Tucker R. W., Harmon B. W., Libke K. G., Moore W. E. C. 1970. Effects of feeding different levels of broiler litter to sheep. *Journal of Animal Science*, 30, 2.
8. Galmez J., Santisteban E., Haardt E., Crempien C., Villalta L., Torrel D. 1970. Performance of ewes and lambs fed broiler litter. *Journal of Animal Science*, 31, 1.
9. Harmon B. G., Day D. L., Baker D. H., Jensen A. H. 1973. Nutritive value of aerobically or anaerobically processed swine waste. *Journal of Animal Science*, 37, 510.
10. Johnson R. R., Clemens E. T. 1973. Adaptation of rumen microorganisms to biuret as an NPN-source to low quality roughage rations. *Journal of Nutrition*, 103, 494.
11. Miller R. B. 1973. Theory and practice of sugar cane separation. In: CIDA seminar on sugar cane as livestock feed, Barbados. Canadian International Development Board, Ottawa.
12. Pigden W. J. 1973. Evaluation of comfith as a commercial livestock feed in the Caribbean. In: CIDA seminar on sugar cane as livestock feed, Barbados. Canadian International Development Board, Ottawa.
13. Polin D., Verghese S., Neff M., Gomez M., Flegal C. J., Zindel H. 1971. The metabolizable energy value of dried poultry waste. Research Report No. 152, Farm Science, Michigan Agricultural Experiment Station, East Lansing, Michigan.
14. Preston T. R. 1971. The use of urea in high molasses diets for milk and beef production in the humid tropics. Report of *ad hoc* consultation on the value of non-protein nitrogen for ruminants consuming poor herbage. FAO, Rome.
15. Preston T. R. 1972. Molasses as an energy source for cattle. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 17, 250.
16. Preston T. R., Willis M. B., Elias A. 1970. The performance of two breeds given different amounts and sources of protein in a high molasses diet. *Animal Production*, 12, 457.
17. Virtanen A. I. 1966. Milk production of cows on a protein-free feed. *Science*, 153, 1603.
18. Warnars B. C. 1973. Growing of sugar cane as an animal feed. In: CIDA seminar on sugar cane as livestock feed, Barbados. Canadian International Development Agency, Ottawa.
19. Willis M. B., Preston T. R., Martin J. L., Velazquez M. 1968. Carcass composition of Brahman bulls fed high energy diets and slaughtered at different live weights. *Revista cubana de Ciencia agrícola*, 2, 87. (English edition).

18. НЕБЕЛКОВЫЙ АЗОТ В ПИТАНИИ СВИНЕЙ

Р. Брауде

Для оценки доли азотсодержащих веществ в рационе был предложен простой термин — «сырой белок» ($N \times \times 6,25$): определяли общее содержание в рационе азота (N) и умножали его на поправочный коэффициент (6,25). Этот способ широко использовался при определении состава кормов и потребностей животных в белке. Он применялся как в научных исследованиях, так и в практике кормления, хотя уже достаточно давно было установлено, что полученные цифры не соответствуют истинному положению вещей.

Важность включения небелкового азота в форме свободных незаменимых аминокислот в рационы животных с однокамерным желудком общепризнана, но существуют разногласия по вопросу о том, в каких масштабах могут использоваться аминокислоты, не относящиеся к разряду незаменимых, и другие азотсодержащие вещества, включаемые в «сырой белок».

Недавно Эггум и Кристиансен [12] всесторонне рассмотрели вопрос о роли небелкового азота в кормлении животных с однокамерным желудком. Данные этих авторов, касающиеся свиней, согласуются с полученными ранее результатами других исследователей [1, 15, 9, 25, 27]. Во всех этих опытах изучалась возможность использования мочевины для кормления свиней и были получены противоречивые результаты, поэтому вопрос оставался открытым. Дискуссия продолжалась, и в последнее десятилетие Бурксер и др. [10], Корнеги и др. [20, 21], Мичем и Томас [22], Байа и др. [4] и Корнеги [19] пришли к выводу, что при некоторых условиях мочевина усваивалась растущими свиньями, в то время как Боуленд [8], Мичем и др. [23], Пастушевская [24], Хинтц и др. [18], Гримсон и Боуленд [16] и Тайлечек и др. [30] получили противоположные результаты.

В последние годы внимание исследователей переключилось с мочевины на другие источники небелкового азота. Барбер и др. [6] безуспешно пытались улучшить зерновой рацион, дополненный лизином, путем включения в него диаммонийфосфата. Веласкес и др. [31], используя диаммонийфосфат, и Вербейн и др. [32] в опытах с включением в рацион диаммонийфосфата и цитрата ам-

мония обнаружили, что эти добавки не имеют никакой питательной ценности. С другой стороны, Гаранина и Кошаров [14] оценивали включение этих веществ в рацион положительно.

Таким образом, вопрос о том, усваивается ли небелковый азот свиньями, остается открытым и продолжает привлекать внимание исследователей.

Акулинин и Цинговатов [2], вставив двум свиньям желудочные фистулы, обнаружили, что при внесении в рацион мочевины (в количестве, эквивалентном $\frac{1}{5}$ содержания сырого белка) протеолитическая активность желудочного сока и прирост живой массы уменьшаются. Алиев и Кошаров [3] поместили катетер в воротные вены двум свиньям и прямо через канюлю вводили в слепую кишку ^{15}N -глицин и ^{15}N -мочевину. Они пришли к заключению, что азот глицина, мочевины и солей аммония использовался для синтеза аминокислот и белков. Гримсон и др. [17], включив в рацион ^{15}N -мочевину, также показали, что она используется свиньями для синтеза белка. Флам и Беднарова [13] пришли к заключению, что утилизация части азота синтетической мочевины, возможно, осуществляется за счет деятельности бактерий, находящихся в пищеварительном тракте свиней. Рерат и Омэйтр [26] скормливали растущим свиньям хорошо сбалансированный корм с добавкой мочевины и без нее и изучали различия в уровне содержания мочевины и аммиака в крови, взятой из воротной вены и периферических сосудов, чтобы проследить продвижение этих веществ по пищеварительному тракту, всасывание в кишечнике и прохождение через печень.

Недавно научные сотрудники лондонского госпиталя Гая и Роветтского научно-исследовательского института опубликовали ряд статей, посвященных метаболизму пуринов у свиней [11, 28, 29], в которых представили данные о ферментативной активности и метаболических путях, которые смогут помочь в решении проблемы использования небелковых азотсодержащих веществ свиньями.

В настоящее время, когда проблема обеспечения человека и животных белком обостряется, необходимо понять роль азотсодержащих небелковых веществ в общем метаболизме и возобновить изучение относительно дешевых простых азотсодержащих веществ, которые полезно было бы добавлять в пищу.

Интерес к небелковым азотсодержащим соединениям возрастает, о чем свидетельствуют следующие примеры.

В поисках источников белка для свиней мы заинтересовались вырабатываемыми промышленностью дрожжами и бактериальным белком. Среди прочих источников мы выделили ВР-дрожжи [7] и ICI-белок [34] и обнаружили, что они по своим питательным свойствам подходят для кормления растущих свиней, однако ВР-дрожжи содержат около 8—10% и ICI-белок около 14—16% (иногда даже 24%) нуклеиновых кислот, и мы вынуждены были признать, что наши знания об использовании свиньями этих азотсодержащих соединений фактически близки к нулю. В литературе утверждается, что вследствие высокого содержания нуклеиновых кислот богатые белком одноклеточные микроорганизмы не могут быть использованы в качестве пищи для человека и что различные виды животных с однокамерным желудком могут по-разному реагировать на потребление относительно большого количества нуклеиновых кислот с кормом (см. [33]). Действительно, руководство по питательной ценности нуклеиновых кислот для свиней и по безопасности их включения в рацион в больших дозах отсутствует.

Второй пример относится к проблеме, которая возникла, когда мы заинтересовались экстракцией сока из люцерны и изучили его питательную ценность для свиней [5, 35]. Было установлено, что очень быстро после механического выделения сока из растения находящиеся в нем азотсодержащие вещества претерпевают изменения, которые, по-видимому, обусловлены деятельностью ферментов и бактерий. Стало совершенно ясно, что при определении питательной ценности того или иного кормового продукта таких показателей, как общий азот и сырой белок, недостаточно. Поэтому, чтобы прийти к правильным заключениям, необходимо изучать состав и питательную ценность фракций небелковых азотсодержащих веществ, а это — смесь веществ. Часть его должна быть азотом аминокислот и пептидов и, следовательно, обычно полезна; часть должна быть азотом нуклеиновых кислот, вопрос о питательной ценности которых зависит от ряда обстоятельств; а часть должна быть просто бесполезной. В действительности мы еще раз убеждаемся, что в настоящее время не располагаем необходимыми данными для решения этой проблемы.

1. Abderhalden E., Lampe A. E. 1913. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, 84, 218.
2. Акулинин А., Цинговатов В. А. 1967. *Научные труды Омского ветеринарного института*, 24, 109.
3. Алиев А. А., Кошаров А. Н. *Вестник сельскохозяйственной науки*, 16, 27.
4. Baia G., Arisanu I., Vintila M., Gheorghiu V. 1967. *Lucr. stiint. Inst. Cerc. Zooteh.*, 25, 597.
5. Barber R. S., Braude R., Florence E., Mitchell K. G., Newport M. J. 1973. *Proceedings of the British Society of Animal Production*, 2, 89.
6. Barber R. S., Braude R., Mitchell K. G. 1969. *Animal Production*, 11, 292.
7. Barber R. S., Braude R., Mitchell K. G., Myres A. W. 1971. *British Journal of Nutrition*, 25, 285.
8. Bowland J. P. 1967. 46th Annual Feeders Day, Department of Animal Science, University of Alberta, p. 20.
9. Braude R., Foot A. S. 1942. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 32, 70.
10. Бурксер Г. В., и др. 1965. *Свиноводство*, 19, 28.
11. Cameron J. S., Simmonds H. A., Hatfield P. J., Jones A. S., Cadenhead A. 1973. *Israel Journal of Medical Sciences*, 9, 1087.
12. Eggum B. O., Christensen K. D. 1973. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 31, 332.
13. Flam F., Bednarova M. 1971. *Zivocisna Vyroba*, 16, 889.
14. Гараина Н. А., Кошаров А. Н. 1972. *Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук*, (11), 33.
15. Grafe E. 1913. *Zeitschrift für Physiologische Chemie*, 84, 69.
16. Grimson R. E., Bowland J. P. 1971. *Journal of Animal Science*, 33, 58.
17. Grimson R. E., Bowland J. P., Milligan L. P. 1971. *Canadian Journal of Animal Science*, 51, 103.
18. Hintz H. F., Pond W. G., Visek W. J. 1969. *Animal Production*, 11, 553.
19. Kornegay E. T. 1972. *Journal of Animal Science*, 34, 55.
20. Kornegay E. T., Miller E. R., Ullrey D. E., Vincent B. H., Hoefer J. A. 1965. *Journal of Animal Science*, 24, 951.
21. Kornegay E. T., Mosanghini V., Snee H. D. 1970. *Journal of Nutrition*, 100, 330.
22. Meacham T. N., Thomas H. R. 1966—1967. Virginia Polytechnic Institute Research Division, Livestock Report No. 122, p. 36.
23. Meacham T. N., Thomas H. R., Horsley W. E., Jr. 1967—1968. Virginia Polytechnic Institute Research Division, Livestock Report No. 126, p. 82.
24. Pastuszevska B. 1967. *Rocznik nauk Rolniczych*, Ser. B, 89, 503.
25. Piepenbrock A. 1927. *Fortschr. Landw.*, 2, 650.
26. Rerat A., Aumaitre A. 1971. *Annales de Biologie animale, Biochimie et Biophysique*, 11, 348.
27. Shelton D. C., Beeson W. M., Mertz E. T. 1950. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 29, 446.

28. Simmonds H. A., Hatfield P. J., Cameron J. S., Jones A. S., Cadenhead A. 1973a. *Biochemical Pharmacology*, 22, 2537.
29. Simmonds H. A., Rising T. J., Cadenhead A., Hatfield P. J., Jones A. S., Cameron J. S. 1973b. *Biochemical Pharmacology*, 22, 2553.
30. Tylecek J., Skalova J., Zednik M. 1971. *Biologizace Chem. Vyz. Zvir.*, 7, 165.
31. Velasquez M., Preston T. R., Macleod N. A. 1970. *Revista Cubana de Ciencia Agricola* (English edition), 4, 105.
32. Wehrbein G. F., Viperman P. E., Jr, Peo E. R., Jr, Cunningham P. J. 1970. *Journal of Animal Science*, 31, 327.
33. Worgan J. T. 1973. In: The biological efficiency of protein production (ed. J. G. W. Jones), p. 339. Cambridge University Press, London.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

34. Braude R., Hosking Z. D., Mitchell K. G., Plonka S., Sambrook I. E. 1977. *Livestk Prod. Sci.* 4, 91.
35. Braude R., Jones A. S., Houseman R. A. 1976. *Proc. Symp. Green Crop Fractionation* (Ed. R. J. Wilkins, British Grassland Society), 47.

19. ДОМАШНИЕ НЕЖВАЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ КАК ИСТОЧНИК И ПОТРЕБИТЕЛЬ БЕЛКА

А. А. Вудхэм

В 1966—1971 гг. две основные группы нежвачных домашних животных — свиньи и домашняя птица — обеспечивали значительную часть (около $\frac{1}{3}$) мирового запаса пищевого белка животного происхождения (табл. 19.1). К сожалению, одновременно с этим большое количество высококачественного белка, который мог бы быть использован с большей эффективностью непосредственно человеком, расходовалось на корм для этих животных. Точно рассчитать эффективность процесса превращения растительных белков в животные в организме нежвачных трудно, но установлено, что у кур по отношению к продукции яиц она составляет около 25—30%. При производстве мяса эффективность этого процесса достигает 20—25% у кур и 10—20% у свиней [3, 15, 18]. По-видимому, такое использование зерна и концентрированных белков — расточительство, но следует помнить, что яичный белок и белок мяса превосходят по своей питатель-

Таблица 19.1. Мировое производство белка мяса, молока и яиц в 1966—1971 гг., млн. т*

Год	Мясо крупного рогатого скота, включая буйволов		Мясо свиней		Мясо птицы		Куриные яйца		Молоко		Общее количество во пищевом белке	Доля, %			
	производство	пищевой белок	производство	пищевой белок	производство	пищевой белок	производство	пищевой белок	производство	пищевой белок		свинина	мясо птицы	яйца	мясо нежвачных животных
1966	34,8	5,74	31,1	3,17	13,9	2,59	17,7	2,28	379,9	13,3	27,08	11,7	9,56	8,42	29,7
1967	36,1	5,96	32,3	3,29	14,7	2,74	18,9	2,44	387,0	13,5	27,93	11,8	9,81	8,74	30,4
1968	37,8	6,24	32,9	3,36	15,0	2,79	19,4	2,50	395,0	13,8	28,69	11,7	9,72	8,71	30,1
1969	38,6	6,37	32,9	3,36	15,9	2,96	20,1	2,59	396,9	13,9	29,18	11,5	10,14	8,88	30,5
1970	39,0	6,44	34,3	3,50	17,4	3,24	21,0	2,71	398,5	13,9	29,79	11,7	10,88	9,10	31,7
1971	38,9	6,42	35,6	3,63	Данных нет		21,6	2,79	400,9	14,0	—	—	—	—	—

По данным ФАО (1966—1971 гг.).

* Коэффициенты пересчета на пищевой белок для говядины, телятины и буйволиного мяса — 16,5; свинины — 10,2; мяса домашней птицы — 18,6; яиц — 12,9; молока — 3,5 (Panel on the World Food Supply, 1967).

ной ценности белки хлебных злаков и многие съедобные белковые концентраты растительного происхождения. Более того, эффективность процесса превращения кормового белка в белок своего тела у нежвачных животных выше, чем у жвачных. Так, согласно уже упомянутым исследованиям, для крупного рогатого скота этот показатель составляет 5—10%, а для овец—10—13%. Более поздние данные аналогичны приведенным. Байерли [4] пришел к выводу, что при оптимальных условиях молодые животные каждого вида домашнего скота могут превращать около $\frac{1}{3}$ переваримого пищевого белка в белок тканей. Приблизительно половина этого количества может оказаться пригодной в пищу, и, следовательно, общая эффективность составляет около 15%. Куры-несушки могут превращать до 30% кормового белка в пищевой, а молочный скот—до 50%. В целом, для того чтобы получить 1 кг пищевого белка в форме мяса, молока или яиц, требуется 7,5 кг переваримого белка. Лодж [20] подтвердил правильность этого соотношения для крупного рогатого скота, овец и свиней. По мере старения животных эффективность снижается: для производства 1 кг мышечного белка крупному рогатому скоту необходимо 13 кг кормового белка, а овцам—10 кг. Выше всего эффективность у молодых свиней: 5-месячным животным нужно только 6,5 кг кормового белка, чтобы выработать 1 кг мышечного белка. Если принять в расчет пищевые потребности свиноматки, то превосходство поросят над жвачными животными становится еще более ощутимым. В силу того, что численность потомства, приходящегося на свиноматку, значительно превышает аналогичный показатель у жвачных животных, дополнительный корм, который требуется для последних, оказывает весьма незначительное влияние на общее превращение белка. По данным Лоджа, как 5-, так и 7-месячным свиньям нужно 8 кг кормового белка для производства 1 кг мышечного белка. При расчете аналогичных показателей по данным, имеющимся в литературе, были получены следующие значения для производства свинины, яиц и мяса птицы: 8,0; 4,3 и 5,5 соответственно.

Все возрастающая нехватка белка и необходимость оптимального использования земельных ресурсов будут способствовать усиленному развитию в ближайшее время свиноводства и птицеводства, как отраслей живот-

новодства, наиболее пригодных в условиях интенсивного ведения хозяйства. Следовательно, значение этих животных будет повышаться до тех пор, пока человечество будет потреблять продукты животного происхождения. Приведенные выше значения эффективности основаны только на данных по превращению кормового белка. С точки зрения эксплуатации земли эффективность интенсивного выращивания домашних нежвачных животных и бройлеров еще больше превосходит аналогичный показатель для жвачных.

Нежвачные животные нуждаются в высококачественном белке, так как не могут синтезировать определенные аминокислоты (названные впоследствии незаменимыми). Кормовые продукты с достаточно высоким содержанием этих аминокислот, особенно лизина и метионина, необходимы для питания человека, так что нежвачные животные конкурируют с ними в этом отношении. Рационы нежвачных животных содержат разнообразные растительные белки. Они отличаются друг от друга по аминокислотному составу, способности связываться с ядами, ингибиторами роста и другими антиметаболитами и по способу их обработки. До сих пор точно не известно, какие факторы оказывают влияние на питательную ценность для жвачных даже таких традиционных кормов, как соевый (*Glycine max*) и арахисовый (*Arachis hypogaea*) шрот. Однако считают, что в процессе промышленного производства шрота из семян этих наиболее распространенных масличных культур пищевая ценность, как правило, не утрачивается, если строго поддерживать соответствующие условия (температура, время обработки, влажность и т.д.), подобранные с помощью простого метода проб и ошибок. Пока не решены проблемы, связанные с использованием менее распространенных масличных культур и особенно потенциально важных растений из семейства крестоцветных. Хотя их белки по своему аминокислотному составу подобны многим обычно используемым растительным белкам, эти растения требуют специальной обработки для того, чтобы удалить токсичные вещества, которые в настоящее время ограничивают их включение в рационы для нежвачных животных. Однако в последние годы был достигнут значительный прогресс в этих исследованиях. Применявшиеся раньше жесткие способы детоксикации, направленные на разрушение или инактивацию токси-

нов без учета возможного влияния обработки на белки, сменились более мягкими процедурами, которые, как считают, оказались столь же эффективными. Например, раньше токсины рапса (*Brassica napus*) инактивировали путем обработки сухим жаром при 130°С [13], что приводило к их разрушению, но также, без сомнения, сильно повреждало белок. Подобное же действие оказывала на токсин, содержащийся в сменах крамбе (*Crambe abyssinica*), обработка аммиаком [17], но вкусовые качества при этом необратимо ухудшались, и в конечном счете был разработан другой метод детоксикации [22]. Также необходимо обезвреживать шрот, получаемый из семян хлопчатника (*Gossypium herbaceum*), содержащих госсипол. Его присутствие может ограничивать включение шрота в рационы для нежвачных животных. Как и при поиске способов обработки растений семейства крестоцветных, основное внимание было сконцентрировано на методах экстракции растворителями, при использовании соответствующей комбинации которых были получены продукты удовлетворительного качества [21, 28]. Часто высказывают мнение, что животные могут выступать в роли «фильтров токсинов», используя пищу, которая не может непосредственно потребляться человеком, и превращая ее в безвредные продукты. В результате тщательно проведенных исследований было показано, что животным и особенно нежвачным лучше всего скармливать высококачественные корма и что с экономической точки зрения использование недоброкачественных продуктов чревато серьезными последствиями. Из-за опасности поражения афлатоксином нельзя кормить животных плесневелым зерном, хотя одно время считали, что такой корм вполне приемлем для некоторых групп животных. Большинство растительных токсинов подавляет рост или вызывает повреждение в жизненно важных органах, хотя может и не оказывать влияния на продуктивность.

Максимально повысить ценность выпускаемых в настоящее время белковых концентратов можно только путем совершенствования методов их обработки. Однако после того как идеальные условия обработки достигнуты, дальнейший прогресс возможен только на основе повышения качества используемого сырья. В последние годы усилия селекционеров были направлены в основном на выведение линий и сортов зерновых и маслич-

ных культур, обладающих повышенной устойчивостью к болезням, высокой урожайностью и рядом свойств, облегчающих уборку. Только недавно внимание было обращено на улучшение качества белка этих культур. Решение этого вопроса имеет особое значение для нежвачных, которые в значительной степени отличаются по своим пищевым потребностям от других животных.

В настоящее время продолжается работа по определению потребности животных в отдельных аминокислотах, так как имеющиеся в литературе данные не позволяют сделать окончательные выводы. Расхождения между цифрами, полученными разными авторами, по-видимому, объясняются тем, что нет единой методики оценки потребностей животных. Известно, что потребность в данной аминокислоте зависит также от уровня содержания других компонентов корма, в особенности аминокислот, как заменимых, так и незаменимых [16]. Например, селекционеров можно легко убедить в том, что необходимо попытаться увеличить содержание лизина в семенах масличных культур, чтобы они стали пригодными для скармливания нежвачным животным. Однако, если не контролировать содержание аргинина в рационе, включающем «улучшенные» семена, эффект от увеличения содержания лизина может быть сведен к нулю. Цифры, представленные в таблице 19.2, показывают оптимальное содержание аминокислот в корме. Они получены в различных сериях экспериментов по выяснению потребностей в аминокислотах, результаты которых бы-

Таблица 19.2. Потребности цыплят и растущих свиней (до 50 кг живой массы) в аминокислотах, % от рациона

Аминокислота	Свинья	Цыпленок
Треонин	0,5	0,65
Глицин	—	0,85
Валин	0,4	0,80
Цистин + метионин	0,5	0,72
Изолейцин	0,5	0,50
Лейцин	0,6	1,20
Тирозин + фенилаланин	0,5	1,30
Лизин	0,8	1,12
Гистидин	0,2	0,35
Аргинин	0,2	1,00
Триптофан	0,2	0,20

ли опубликованы в последнее десятилетие (для цыплят см. [1, 6, 7, 9, 11, 19, 23, 25, 27]; для свиней см. [2, 24]). Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что небольшие изменения в аминокислотном составе могут оказывать достаточно сильное влияние на питательную ценность корма для нежвачных животных.

Отклонения от нормы могут быть сглажены путем добавления к рациону свободных аминокислот, но эта операция, если осуществлять ее в больших масштабах, требует дополнительных затрат и к тому же она может оказаться неэффективной, если поглощение синтетических аминокислот и аминокислот, являющихся частью обычной белковой цепи, будет различно. Отсюда следует, что наилучших результатов можно достичь, разумно сочетая естественные белоксодержащие корма с добавками отдельных аминокислот, присутствующих в корме в минимальных количествах. В настоящее время (март 1973 г.) 1 кг лизина и метионина стоят соответственно 1,90 и 1,60 фунтов стерлингов. Таким образом, их добавка к рациону бройлеров или растущих свиней обходится соответственно в 75 и 60 фунтов стерлингов на тонну, а при добавке в количестве 0,1% от рациона затраты должны составлять около 2 фунтов на тонну. Дефицит аминокислот будет, конечно, определяться составом рационов, но возможно, что в связи с быстрым увеличением цен на белки животного происхождения будет возрастать и доля растительных белков, используемых для их замены в рационах, поэтому, возможно, придется восполнять дефицит аминокислот в 0,2%. В настоящее время, когда в мире не хватает белка, цены на белковые кормовые добавки находятся на беспрецедентно высоком уровне. В 1971 г. 1 т арахиса и сои стоила около 50 фунтов стерлингов, а в 1973 г. — 125 фунтов, цена на рыбную муку возросла за тот же период с 70 до 200 фунтов. Можно легко подсчитать, что для того, чтобы за счет внесения рыбной, соевой или арахисовой муки повысить содержание метионина в корме до 0,2%, необходимо затратить соответственно 13—17 и 5—10 фунтов стерлингов (табл. 19.3).

Такая разница между ценами на синтетические аминокислоты и белковые концентраты может сохраняться не всегда, и, следовательно, необходимо постоянно расширять ассортимент доступных источников растительного белка, чтобы предоставить большие возможности

Таблица 19.3. Стоимость добавок 0,2% метионина или 0,2% лизина к 1 т корма за счет внесения рыбной, соевой или арахисовой муки (март 1973 г.)

	Цена 1 т (март 1973 г.), фунты	Сырой белок (N×6,25), %	Метионин+цистин, г/16 г N	Лизин, г/16 г N	Масса муки, в которой содержится 2 кг метионина, кг	Масса муки, в которой содержится 2 кг лизина, кг	Стоимость дополнения рационов 2 кг метионина, фунты	Стоимость дополнения рационов 2 кг лизина, фунты
Рыбная мука	200	65	2,8	7,3	110	42	17,3	6,6
Соевая мука	125	45	2,7	6,8	164	65	13,7	5,5
Арахисовая мука	125	50	2,0	3,2	200	125	16,7	10,4

составителям кормов для свиней и домашней птицы. Конечно, желательно было бы получить новые линии сои с высоким содержанием метионина, кунжута *Sesamum indicum* с высоким содержанием лизина и зерновых культур с высоким содержанием обеих аминокислот, не ухудшив при этом других хозяйственно-полезных признаков.

Некоторые успехи в этом направлении уже достигнуты. В последние годы в экспериментах по кормлению животных были испытаны линии кукурузы (*Zea mays*) с высоким содержанием лизина — Опейк-2 и новая линия ячменя (*Hordeum vulgare*) — Хайпроли, которые дали хорошие результаты. При изучении имеющихся промышленных сортов ячменя были обнаружены значительные различия в аминокислотном составе зерна, что имеет значение для его питательной ценности [31, 32]. Исследуя семена масличных культур, А. К. Чопра (личное сообщение) установил, что содержание лизина в сортах, произрастающих в Индии и США, колеблется от 2,47 до 4,20 г/16 г N. Различия в аминокислотном составе арахиса, выращиваемого в различных районах, описаны Доусоном и Мак-Интошем [5], а Весселс сообщил, что питательная ценность рационов для цыплят, в состав которых входил арахис, выращенный в Валенсии, повышалась, если к ним добавляли треонин, в то время как при использовании других сортов арахиса подобный эффект отсутствовал, что не было результатом применения различных методов анализа. В отношении рап-

са было установлено, что семена польского и аргентинского сортов отличаются по содержанию в них лизина и по реакции на тепловую обработку [14]. Дейо и Шелленбергер [8] описали различия в аминокислотном составе сортов сорго, выращенных в разных местностях. Различия в результатах многих опубликованных в литературе анализов, касающихся всех типов семян масличных культур, могут быть частично обусловлены использованием разных методов анализа, но нельзя исключить и того, что по крайней мере некоторые истинно межсортовые различия действительно имеют место. Мы не можем пока точно охарактеризовать диапазон таких различий в отношении используемых в питании источников белка, но они существуют и на них можно влиять с помощью методов селекции растений.

Проблема токсичных компонентов в семенах также может быть решена путем отбора соответствующих линий. Обнаружение хлопчатника с семенами, лишенными железа, а следовательно, и госсипола, по-видимому, имеет большое значение, так как появилась возможность использования их в качестве корма для нежвачных животных при условии, что удастся повысить устойчивость этой линии, обладающей высокой питательной ценностью [12], к болезням.

Хотя данные аминокислотного анализа позволяют сделать вывод о пригодности данного белкового сырья для кормления нежвачных животных, эта информация должна подкрепляться результатами соответствующих токсикологических исследований новых источников пищи. Эта проблема уже упоминалась в связи с семенами крестоцветных. С другой стороны, белковый концентрат, получаемый из листьев, является таким материалом, кормовой потенциал которого, вероятно, зависит исключительно от его аминокислотного состава. Однако дрожжи, особенно выращивавшиеся на углеводородах, полученных из нефти, не оправдали возлагавшихся на них надежд в отношении получения заведомо хорошего спектра аминокислот [30]. Никакого токсического материала в этом случае выявлено не было, и объяснение плохого качества дрожжей следует искать либо в наличии веществ, подавляющих рост, либо в непригодности части белка для усвоения. Полагают, что нуклеиновые кислоты, которые в большом количестве содержатся в дрожжах, обладают малой питательной ценностью или

вовсе не имеют ее и даже могут оказывать ингибирующее действие на рост. Это нуждается в дополнительной проверке.

В настоящем обзоре была сделана попытка показать, что нежвачные животные являются не только источником высококачественного белка для питания людей, но и потребителем его. Чтобы повысить роль свиней и домашней птицы в производстве животного белка, необходимо достичь оптимальной эффективности превращения растительного белка в животный. Только в этом случае использование столь ценного сырья для их кормления будет оправдано. Хотя опасность того, что в конце концов потребуется постепенно исключить нежвачных животных из источников пищевого белка, сохранится.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ARC (Agricultural Research Council). 1963. Nutrient requirements of farm livestock. No. 1: Poultry. HMSO, London.
2. ARC (Agricultural Research Council). 1967. Nutrient requirements of farm livestock. No. 3: Pigs. HMSO, London.
3. Boyd D. A. 1951. *British Journal of Nutrition*, 5, 255.
4. Byerly T. C. 1967. *Science*, 157, 890.
5. Dawson R., McIntosh A. D. 1973. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 1217.
6. Dean W. F., Scott H. M. 1962. *Poultry Science*, 41, 1640.
7. Dean W. F., Scott H. M. 1965. *Poultry Science*, 44, 803.
8. Deyoe C. W., Shellenberger J. A. 1965. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 13, 446.
9. Dobson D. C., Anderson J. O., Warnick R. E. 1964. *Journal of Nutrition*, 82, 67.
10. FAO. 1966—1971. *Production yearbooks*, vols. 20—25. FAO, Rome.
11. Fisher H. 1973. Methods of protein evaluation: assays with chicks and rabbits. In: *Proteins in human nutrition* (ed. J. W. G. Porter, B. A. Rolfs), p. 263. Academic Press London and New York.
12. Fisher H., Quisenberry J. H. 1971. *Poultry Science*, 50, 1197.
13. Frölich A. 1953. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, Uppsala, 20, 105.
14. Gray J. A., Hill D. C., Branion H. D. 1957. *Poultry Science*, 36, 1193.
15. Halnan E. T. 1941. *Nature*, London, 148, 336.
16. Harper A. E. 1964. In: *Mammalian protein metabolism*, vol. 11 (ed. H. N. Munro, J. B. Allison), p. 87. Academic Press, London and New York.
17. Kirk L. D., Mustakas G. C., Griffin E. L. 1966. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 43, 334, 550.
18. Leitch I., Godden W. 1953. *Imperial Bureau of Animal Nutrition Technical Communication No. 14*, 2nd edition, p. 46, Aberdeen, Scotland.

19. Lewis D. 1967. In: Proceedings of the nutrition conference for feed manufacturers, p. 24. Nottingham.
20. Lodge G. A. 1970. Quantitative and qualitative control of proteins in meat animals. In: Proteins as human food (ed. R. A. Lawrie), p. 41. Butterworths, London.
21. Mann G. E., Carter F. L., Frampton V. L., Watts A. B., Johnson C. 1962. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 39, 86.
22. Mustakas G. C., Kirk L. D., Griffin E. L., Clanton D. C. 1968. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 45, 53.
23. NRC (National Research Council). 1960, 1971. *Nutrient requirements of domestic animals*. No. 1: *Nutrient requirement of poultry*, 6th edition. National Academy of Science, Washington, DC.
24. NRC (National Research Council). 1968. *Nutrient requirement of domestic animals*. No. 2. *Nutrient requirement of swine*, 6th edition. National Academy of Science, Washington, DC.
25. Packham R. G., Payne C. G. 1972. Proceedings of the 1972 Australian poultry science convention, p. 109.
26. Panel on the World Food Supply. 1967. *The world food problem*. Report of the President's Science Advisory Committee, vol. 2, p. 338. The White House, Washington, DC.
27. Payne C. G., Lewis D. 1966. *British Poultry Science*, 7, 199.
28. Pons W. A., Eaves P. H. 1967. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 44, 460.
29. Wessels J. P. H. 1967. *South African Journal of Agricultural Science*, 10, 113.
30. Woodham A. A., Deans P. S. 1971. *Proceedings of the Nutrition Society*, 30, 59A.
31. Woodham A. A., Savić S., Ayyash B. J., Gordon S. J. 1927b. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 1055.
32. Woodham A. A., Savić S., Hepburn W. R. 1972a. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 1945.

20. ПРЕВРАЩЕНИЕ В ПИЩУ ШЕРСТИ И ПЕРА

Ф. Б. Шорланд

За год, предшествовавший июлю 1972 г., мировое производство шерсти, которая является почти чистым белком, составило 1,55 млн. т [24] по сравнению с 0,53 млн. т белка, содержащегося в мясе ягнят, овец и коз, если исходить из предположения, что его доля в мясе составляет 11% [38]. Учитывая, что в 1970 г. было произведено 17,4 млн. т мяса домашней птицы, можно рассчитать (если исходить из того, что масса разделанных тушек, т.е. мяса и съедобных внутренних органов, составляет 51% от живой массы, а перьев — 8,4% [37] и что в них содержится соответственно 20 и 90% белка [16]), что в

мясе и съедобных внутренних органах должно было содержаться 1,77 млн. т белка, а в перо — 1,31 млн. т. Шорланд уже подчеркивал [30], что шерсть более богатый источник белка, чем мясо ягнят и овец. В 1952 г. Уилдер [43] также указывал, что 600 млн. бройлеров, ежегодно выращиваемых в США, дают 64 тыс. т пера. При оценке превращения кормового белка в животный белок образование кератина никогда не учитывают. Уилке [44], например, подсчитал, что эффективность бройлеров в превращении поглощенного белка в пищевую составляет 18%. Однако если в этот расчет включить данные о произведенном перо, то эффективность возрастет до 32%.

Что касается шерсти, то предлагается ее двукратное использование, состоящее сначала в изготовлении из нее шерстяной одежды и ковров, а затем в регенерации из них шерсти с целью применения ее в качестве корма для животных. В далеком будущем представится возможность прямого превращения как перьев, так и шерсти в пищу для человека.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КЕРАТИНОВ

Как видно из таблицы 20.1, все кератины по сравнению со стандартным белком ФАО содержат недостаточное количество метионина. В то время как в волосе крупного рогатого скота содержится необходимое количество лизина, в шерсти и особенно в перьях его недостаточно. Содержание триптофана во всех кератинах, по-видимому, немного ниже нормы. Точно так же в некоторых источниках растительного белка наблюдается нехватка незаменимых аминокислот. Пшеница и кукуруза содержат мало лизина, а в пшенице, кроме того, недостаточно метионина. В то время как процесс химической переработки шерсти в переваримый продукт почти не влияет на аминокислотный состав, горячая обработка перьев до некоторой степени разрушает цистин. Большинство кератинов содержит недостаточное количество не только ряда аминокислот, указанных в стандартном белке ФАО, но и гистидина, необходимого для роста крыс в количестве 2,3 г на 100 г аминокислот [22]. В то же время потребности в глицине, необходимом для индюшат и цыплят в раннем возрасте [15], могут быть полностью удовлетворены за счет этих источников белка.

Таблица 20.1. Содержание незаменимых аминокислот в белках пищевых продуктов и потенциальных источников пищи, г/100 г аминокислот

Аминокислота	Шерсть		Волосы крупного рогатого скота [19]		Свиная щетина [18]		Перья [4]		Пшеница [17]	Кукуруза [44]	Соя [12]	Баранина [11]	Стандартный белок ФАО [9]
	необработанный [5]	обработанный [34]	необработанные	обработанные	необработанный	обработанный	необработанные	обработанные					
Аргинин*	9,8	—	9,9	9,8	9,3	8,0	8,0	7,5	4,2	4,8	—	6,9	—
Гистидин	1,2	0,9	2,1	0,8	1,1	1,1	0,6	0,8	2,2	—	—	—	—
Изолейцин	3,7	3,8	3,4	4,0	3,6	4,3	6,4	5,3	4,2	6,4	4,8	4,8	4,2
Лейцин	8,9	8,4	8,1	9,5	7,9	8,0	8,5	9,2	7,0	15,0	7,3	7,4	4,8
Лизин	3,3	3,8	5,1	3,6	3,5	2,9	1,8	2,2	1,9	2,3	5,8	7,7	4,2
Метионин	0,6	0,6	0,4	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5	1,5	3,1	1,4	2,3	2,2
Фенлаланин	4,0	3,5	1,9	2,1	2,8	3,4	5,5	5,6	5,5	5,0	4,8	3,9	2,8
Тирозин	5,5	4,0	2,4	1,9	3,5	3,3	2,3	3,0	—	6,0	3,0	3,2	2,8
Треонин	6,5	6,4	7,1	7,2	6,0	5,2	4,6	4,4	2,7	3,7	3,8	4,9	2,8
Триптофан	0,9	—	—	—	—	—	0,7	0,7	0,8	0,6	1,7	1,3	1,4
Валин	5,7	5,3	5,2	5,9	5,8	6,5	8,9	9,2	4,1	5,3	5,0	5,0	4,2
Цистин	5,2	5,9	5,3	2,9	11,0	3,5	8,7	3,3	—	4,8	—	1,3	2,0

* Предельная потребность.

ПРЕВРАЩЕНИЕ КЕРАТИНОВ В ПЕРЕВАРИМЫЕ БЕЛКИ

Обработка кератинов, необходимая для превращения их в переваримую форму, включает перемалывание их в мельчайший порошок, взаимодействие с химическими веществами, применение ферментов и тепловой обработки. Промышленное использование кератинов до настоящего времени ограничивается главным образом производством гидролизованной (автоклавированной) муки из перьев, которую применяют для частичной замены мясной муки и других белков в рационах, скормливаемых домашней птице (сравни [8]).

Влияние тонкости помола

Роут и Люис [29] обнаружили, что шерсть, измельченная в порошок на шаровой мельнице, легко переваривается трипсином и пепсином. Этот результат согласовывался с наблюдением Кюне, сделанным около 60 лет назад [13], что волосы становятся чувствительными к пепсину при увеличении обрабатываемой поверхности путем механического измельчения. Олкотт [25] также обнаружил, что копыта крупного рогатого скота, лошадей и свиней после измельчения их в порошок перевариваются панкреатином. Роут [26] отмечал, что при измельчении шерсти на шаровой мельнице содержание цистина уменьшалось и образовывался неорганический сульфат. Невелл и Элведжем [23] обнаружили, что в процессе измельчения кератина на шаровой мельнице в тонкий порошок без использования тепловой обработки получается продукт, питательная ценность которого выше, чем у аналогичного продукта, полученного с применением тепловой обработки. Таким образом, это должно означать, что повышенная переваримость кератинов зависит от степени измельчения, а не от химических изменений, обусловливаемых этим процессом.

Роут [27] установил, что измельченная в порошок шерсть, используемая в качестве единственного источника белка, добавленная в количестве 15% к рациону, сбалансированному во всех других отношениях, и обогащенная добавками триптофана, метионина, гистидина и лизина, обеспечивает умеренное увеличение массы (1,5 г в день) крысят-сосунков. Подобные результаты были получены с порошком из перьев дылят [28]. При

использовании рационов с добавкой 5—8% казеина не было обнаружено различий в питательной ценности порошкообразных шерсти и перьев, но при добавлении 3% казеина скорость роста на рационе, составленном на основе измельченной в порошок шерсти, была выше.

По данным Вагнера и Элвэнджема [39], цыплята и крысы, которым скормливали в качестве источника белка тонко измельченные копыта свиней в количестве 24 и 30% от рациона соответственно, росли нормально. Они также обнаружили [40], что измельченные в порошок копыта свиней были хорошей заменой мясной муки и рыбных отходов в стартовых рационах для цыплят. В дальнейшем было показано [23], что цыплята и крысы при скормливании им в больших количествах тонко измельченной свиной щетины в качестве единственного источника белка росли умеренно, в то время как использование тонко измельченных перьев цыплят обеспечивало лишь незначительный прирост.

В противоположность вышеизложенным результатам Слинджер и др. [36] сообщили, что тщательно измельченная смесь кератина из копыт и рогов (75% смеси просеивалось через сито 100 меш), используемая в сочетании с обычными источниками растительного белка, такими, как соевый шрот, не представляет для цыплят никакой питательной ценности.

Химическая обработка

В патентной литературе, которая здесь в деталях не рассматривается, можно найти ссылки на химические методы экстракции белка из кератина. Например, Анкер [2] недавно предложил использовать для выделения белка из кератина сульфид натрия (Na_2S) с последующим осаждением его 6 н. HCl при pH 4,2. Подобная процедура ранее использовалась Корнером и др. [11]. Другие методы заключались в нагревании кератинов, например перьев, в водной среде с буфером, поддерживающим pH 8—10, в закрытых сосудах при 115—135°С в течение 10—30 минут [41] и в переваривании кератина в водной среде, содержащей 0,1—5,0% кератиназы и 0,5—3,0% восстанавливающих агентов, таких, как $\text{HSCH}_2\cdot\text{CH}_2\text{OH}$ и Na_2SO_3 при 10—70°С [42].

Драпер [7] показал эффективность обработки перьев сульфидом натрия с целью превращения кератинов в

усвояемую форму. Он установил, что перья, обработанные сульфидом натрия, так же как автоклавированные и измельченные перья, будучи добавленными к основному зерновому рациону, вызывают у цыплят и крыс более значительное увеличение массы, чем при использовании рациона без такой добавки.

Моран и др. [20] обрабатывали перья такими восстанавливающими агентами, как тиогликолат натрия и сульфид натрия. При этом происходило восстановление $\frac{1}{4}$ молярного содержания цистина из расчета, что на 10 400 г кератина перьев приходилось 4 моля цистина. Сначала реакционную смесь подщелачивали до pH 11, а через 3 часа подкисляли с помощью HCl до pH 6. Осажденную муку фильтровали, отмывали дистиллированной водой и высушивали. Было обнаружено, что мука, полученная при самых низких концентрациях восстановителей, после добавления к ней метионина, гистидина, триптофана, лизина и глицина и использованная в качестве единственного источника белка в количестве 15% от рациона, обеспечивает такой же прирост живой массы, как и соевая мука или приготовленная из перьев автоклавированная мука с такими же добавками аминокислот. Когда при производстве муки из перьев применяли более высокие концентрации тиогликолата натрия, рост угнетался, вероятно, из-за наличия токсичных веществ. В другом эксперименте, который включал предварительную обработку перьев 0,1 н. NaOH при pH 11 в течение 12 ч, полученный продукт не обладал никакой питательной ценностью и не давал прироста. Это наводит на мысль, что питательная ценность продукта зависит от условий его приготовления.

Шорланд и Мэттьюс [35] и Шорланд и Грэй [33, 34], обратив особое внимание на оптимизацию условий приготовления переваримого белка шерсти по методу, предложенному Корнером и др. [11], смогли увеличить выход белка до 91% от общего количества белка в необработанной шерсти. Переваримый белок шерсти был также приготовлен с помощью папаина [32] согласно методам, описанных Крютером и др. [6], в которых они использовали предложенные Ленноксом [14] условия, оптимальные для протекания реакции с папаином.

Питательная ценность переваримого белка шерсти определялась на крысах-сосунках линии Wistar. Белок шерсти был единственным источником белка в

рационе, сбалансированном во всех остальных отношениях, и использовался как 10%-ная добавка. Без аминокислотных добавок переваримый белок шерсти не поддерживал роста. Как видно из данных, представленных в таблице 20.1, за исключением метионина, уровень которого колеблется от 0,49 до 0,66 г/100 г белка, переваримый белок шерсти в целом соответствовал стандартному белку ФАО, но содержание в нем изолейцина и лизина было незначительно. Для удовлетворения специфических потребностей крыс-сосунков, в корм вносили гистидин в количестве 2,3 г/100 г белка [22]. При добавлении одного метионина в количестве 2,0 г/100 г аминокислот прирост массы составлял 1,6 г/день. Внесение триптофана было неэффективным, но в тех случаях, когда к корму добавляли лизин до общего его содержания, равного 6,0 г/100 г, ежедневный прирост массы увеличивался до 2 г (показатель использования белка при этом составлял 1,8). Его можно сравнить с аналогичными показателями, полученными при скормливании сухого обезжиренного яичного порошка — 4,0, обезжиренного сухого молока — 2,28 и хлеба — 0,1 [3]. Подобные результаты были получены для растворенных обрезков окрашенной шерстяной материи и для переваримого белка шерсти, полученного с помощью папайна. По-видимому, по сравнению с порошкообразными кератинами, описанными выше, усвояемый белок шерсти содержит почти полный набор незаменимых аминокислот.

В недавних исследованиях Морана и др. [20] было показано, что гидролизованная мука из перьев (автоклавируемая при 142°С в течение 30 минут), обогащенная DL-метионином, L-лизином, L-гистидином, L-триптофаном и глицином, при скормливании ее цыплятам как единственного источника белка в количестве 15% к рациону, сбалансированному во всех других отношениях, обеспечивает такой же прирост массы, как соевый белок. Подобные результаты были получены с гидролизованными свиной щетиной [21] и волосом крупного рогатого скота [19]. Наряду с результатами, полученными на цыплятах, Мак-Кэслэнд и Ричардсон [16] обнаружили, что при скормливании крысам-сосункам гидролизованной муки из перьев в количестве 10 и 20% к рациону с добавкой лизина, метионина, триптофана и гистидина они росли хуже, чем на рационе, состоящем из эквивалентного количества очищенного

соевого белка. Они также показали, что определение питательной ценности гидролизованной муки из перьев по росту крыс, переваримости этой муки пепсином и путем количественной микроскопии помета крыс дает согласующиеся между собой данные.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЕРАТИНОВ В КАЧЕСТВЕ ПИЩИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Шорланд и Бентли [31, 32] исследовали возможность замены $\frac{2}{3}$ обычной муки мукой, полученной из шерсти. Для этих целей обычно использовали муку, полученную путем растворения шерсти папайном, так как применение $\text{Na}_2\text{S} - \text{NaHSO}_3$ требовало тщательного удаления остатков серы и других побочных продуктов, придающих муке неприятный запах. Чтобы добиться приемлемости этого продукта, нужно было размолоть муку из шерсти так же мелко, как и обычную муку, устранив зернистость.

Проверке были подвергнуты такие обычные продукты, как бисквиты, пышки, хлеб (выпеченный из муки, полученной без отсева отрубей) и имбирное печенье, при выпечке которых обычная мука была частично заменена не только мукой, приготовленной из шерсти, но и другой высокобелковой мукой, например соевой, казеином, а также мукой из травы и субпродуктов.

Бисквиты, выпеченные из опарного теста, полученного из муки, которая на 37% состояла из упомянутых выше видов белковой муки, не уступали по своим свойствам обычным бисквитам. Наличие остаточного хлорофилла в опарном тесте из «травяной» муки, несмотря на экстракцию муки 95%-ным спиртом, приводило к занижению вкусовых качеств, приготовленных из нее бисквитов, если дегустаторам не завязывали глаза. При дальнейшем детальном исследовании бисквитов, выпеченных из «шерстяной» муки, комиссией из 12 дегустаторов, сравнивающих «шерстяные» бисквиты с обычными, 10 членов комиссии не обнаружили различий, а двое даже отдали предпочтение бисквитам, выпеченным из «шерстяной» муки. Сходные результаты были получены с пышками, но в одной партии шерстяного белка, приготовленного химическим путем, был отмечен серный привкус, который был результатом плохой отмывки примесей. Текстура «шерстяного» хлеба оказалась несколько

более твердой, что рассматривалось одними дегустаторами как недостаток, а другими как достоинство.

Результаты исследований вопроса о том, каков верхний предел замены пшеничной муки шерстяной белковой мукой при изготовлении имбирного бисквита, показали, что при 60%-ной замене продукт становится менее пригодным в пищу. При полной замене пшеничной муки шерстяной имбирный бисквит рассыпался, это означает, что пшеничная мука способствует в большей мере сцеплению компонентов теста, чем приданию продукту вкусовых качеств. Некоторые свойства кератинов представляют интерес для технологов пищевой промышленности. Так, Чери и др. [45] показали, что гидролизованная мука из перьев дает такую же белую пену, как яичный белок и в сочетании с растительным маслом образует плотную, стабильную, вязкую эмульсию.

Вышеперечисленные исследования позволили определить основные способы производства пищевого белка из кератина. По-видимому, нет сомнений в том, что добавка метионина к растворенному белку шерсти или метионина, лизина и триптофана к растворенному белку перьев, что требует затрат в размере нескольких центов на килограмм, — прямой путь использования этих белков непосредственно в питании человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AMRF 1964. Summary of nutrient content of meat. American Meat Research Foundation Bulletin No. 57.
2. Anker C. A. 1969. British Patent No. 1143556.
3. Bender A. E. 1969. *British Journal of Nutrition*, 10, 135—143.
4. Block R. J., Bolling D. 1951. The amino acid composition of proteins and foods. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
5. Corfield M. C., Robson A. 1955. *Biochemical Journal*, 59, 62—68.
6. Crewther W. G., Fraser R. D. B., Lennox F. G., Lindley H. 1965. The chemistry of keratins. *Advances in Protein Chemistry*, 20, 191—346.
7. Draper C. I. 1944. Iowa Agricultural Experiment Station Research Bulletin No. 326.
8. Ewing W. R. 1963. *Poultry nutrition*, 5th edition. Ray Ewing Co., Pasadena, California.
9. FAO. 1957. FAO nutrition studies No. 16. FAO, Rome.
10. FAO. 1971. *Production yearbook*. FAO, Rome.
11. Koerner E. C., Ehrhardt H., Haigh P., Kirchof J. 1962. US Patent No. 2591945.
12. Kohler G. O. 1966. Safflower; a potential source of human food. In: World protein resources. *Advances in Chemistry series* No. 57. American Chemical Society, Washington, DC.

13. Kuhne W. 1878. *Untersuchungen der Heidelberg Physiologischen Institut*, 1, 219 (Quoted by Routh, 1940).
14. Lennox F. G. 1952. *Australian Journal of Scientific and Industrial Research*, 5, 189—209.
15. Long C. 1961. *Biochemists' handbook*. E. and F. Spon, London.
16. McCasland W. E., Richardson L. R. 1966. *Poultry Science*, 45, 1231—1236.
17. Masek J. 1966. *Proceedings of the International Congress on Nutrition*, 4, 780—796.
18. Moran E. T., Jr., Bayley H. S., Summers J. D. 1967. *Poultry Science*, 46, 548—553.
19. Moran E. T., Jr., Summers J. D. 1968. *Poultry Science*, 47, 570—576.
20. Moran E. T., Jr., Summers J. D., Slinger S. J. 1966. *Poultry Science*, 45, 1257—1266.
21. Moran E. T., Jr., Summers J. D., Slinger S. J. 1967. *Poultry Science*, 46, 456—465.
22. NRC. 1963. National Research Council Publication No. 1100. Washington, DC.
23. Newell G. W., Elvehjem C. A. 1947. *Journal of Nutrition*, 33, 673—683.
24. New Zealand Meat and Wool Board Economic Service. 1971—1972. Annual Review of the sheep industry, Publication No. 1595.
25. Olcott H. S. 1943. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 54, 210.
26. Routh J. I. 1940. *Journal of Biological Chemistry*, 135, 175—181.
27. Routh J. I. 1941. *Journal of Nutrition*, 23, 125—130.
28. Routh J. I. 1942. *Journal of Nutrition*, 24, 399—404.
29. Routh J. I., Lewis H. B. 1938. *Journal of Biological Chemistry*, 124, 725—731.
30. Shorland F. B. 1968. *Food Technology in New Zealand*, 3, 10—11.
31. Shorland F. B., Bentley K. W. 1968. *New Zealand Journal of Science*, 11, 722.
32. Shorland F. B., Bentley K. W. 1969. *Food Technology, Australia*, 21, 218—220.
33. Shorland F. B., Gray J. M. 1969. *New Zealand Journal of Science*, 12, 647.
34. Shorland F. B., Gray J. M. 1970. *British Journal of Nutrition*, 24, 717—725.
35. Shorland F. B., Matthews J. R. 1968. *New Zealand Journal of Science*, 11, 131—136.
36. Slinger S. J., Evans E. V., Kellam W. I., Marcellus F. N. 1944. *Poultry Science*, 23, 431—436.
37. Stewart G. F., Abbott J. C. 1961. Marketing guide No. 4. FAO, Rome.
38. USDA 1972. Foreign agriculture circular: livestock and meat consumption. United States Department of Agriculture, Washington, DC.
39. Wagner J. R., Elvehjem C. A. 1942. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 51, 394—396.
40. Wagner J. R., Elvehjem C. A. 1943. *Poultry Science*, 22, 275—277.
41. Weeks L. E. 1971. French Patent No. 2065014.
42. Weeks L. E., Wildi B. S. 1970. German Patent No. 1962207.

43. Wilder O. H. M. 1953. *Poultry processing and Marketing*, 59, 11, 27.
44. Wilke H. L. 1966. General outlook for animal protein in food supplies for developing areas. In: World protein resources. Advances in Chemistry series No. 57. American Chemical Society, Washington, DC.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

45. Cherry J. P., McWatters K. H., Miller Josephina, Sheufelt A. Z. 1977. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 86B, 503—530.

21. УВЕЛИЧЕНИЕ ПРЯМОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ РЫБЫ

Г. Х. О. Бургесс

РЫБА КАК ПИЩЕВОЙ ПРОДУКТ

На каждого человека, выходящего с рыбаками в море и видящего лежащий на палубе улов, не может не произвести впечатление громадное разнообразие морской фауны и флоры. Термин «рыба» часто используют слишком широко — для обозначения не только настоящих костистых (Teleostei) и пластиножаберных (Elasmobranchii) рыб, т. е. представителей двух классов позвоночных с разным строением и составом, но и животных, имеющих панцирь и раковину: ракообразных (Crustacea) и моллюсков (Mollusca). В некоторых районах промысловое значение имеют представители других классов и типов — от иглокожих (морской еж, *beche-de-mer*) и даже многощетинковых кольцецов (черви Палоло) до представителей примитивного класса позвоночных (круглоротых) — миног.

Очевидно, что в одной главе невозможно детально рассмотреть все эти группы, поэтому основное внимание здесь будет уделено настоящим костистым рыбам, на долю которых в 1976 г. приходилось свыше 90% мирового улова; пластиножаберным рыбам, таким, как акулы, скаты и химеры (меньше 1%); ракообразным и моллюскам (7%) и водным животным и растениям. Даже при этом ограничении рассматриваемое число видов огромно. Только в северо-западной Европе в морях, реках и

озерах обитает около 400 видов рыб, в основном костистых, около 60 из которых являются промысловыми и используются в пищу. В масштабе всего земного шара число таких видов составляет несколько тысяч, поэтому трудно обобщить их состав и питательные свойства.

По-видимому, по питательной ценности белки рыбы не уступают белкам мяса наземных животных, а возможно, даже превосходят их [8]. Состав мышц рыбы, однако, варьирует от вида к виду и внутри видов от сезона к сезону [7].

На основании данных, представленных в таблице 21.1, можно сделать вывод, что химический состав мяса

Таблица 21.1. Приблизительный состав рыбного филе, % [25]*

Показатель	Вода	Белок	Жир	Зола
Среднее значение	74,8	19	5	1,2
Амплитуда колебания	28—90	6—28	0,2—64	0,4—1,5
Отношение высшего значения к низшему	3,2	4,7	320	3,8

* Приведенные данные статистически достоверны.

рыбы очень непостоянен, поэтому средние цифры почти ни о чем не говорят. Внутри вида содержание белка в мясе — показатель довольно постоянный, хотя сильные стрессы, такие, например, как нерест после продолжительного голодания, могут приводить к увеличению содержания воды, которое при чрезвычайных обстоятельствах может превышать 90%.

У разных видов содержание липидов в мясе неодинаково. Например, у трески (*Gadus morrhua*) в мясе содержится мало жира, так как главным образом он откладывается в печени, а у сельди (*Clupea harengus*) содержание жира в мясе может превышать 25%. Однако Ловерн и Вуд в своем классическом труде показали, что содержание липидов резко менялось в зависимости от сезона. Такие изменения наблюдались и у других видов. У большинства костистых рыб запасные жиры представлены триглицеридами, хотя у некоторых видов это в основном эфиры углеводов парафинового ряда. Своеобразие пластиножаберных рыб проявляется и в биохимических особенностях, в частности в жировом обмене.

Некоторые из них обычно наряду с триглицеридами утилизируют алкохолдиглицериды. У ряда видов [22] в печеночном жире встречается в значительных количествах углеводород сквален. Запасные жиры костистых рыб обычно содержат сложную смесь жирных кислот, имеющих цепи длиной от 14 до 22 углеродных атомов, среди которых много высоконенасыщенных компонентов. Так как такие жиры легко окисляются при разделке и обработке рыбы, содержащей много жира и предназначенной для использования в пищу, нужно предпринимать соответствующие меры, чтобы предупредить прогоркание.

Рыба может содержать витамины А и D и ряд водорастворимых витаминов группы В. Витамины А и D обычно накапливаются в жире внутренних органов, хотя у некоторых видов заметные количества этих веществ содержатся и в мясе. Однако многа, по-видимому, совершенно исключительна в этом отношении; по данным Хигаши [17], один вид миног содержит от 14 000 до 63 000 ИЕ витамина А (4,2—18,9 мг) на 100 г мяса. В печеночном жире в больших количествах содержится витамин D, особенно богаты им некоторые виды тунца — от 25 000 до 250 000 ИЕ на 1 г жира (что эквивалентно 0,625—6,25 мг витамина D₃) [16]. Небольшое количество витамина D содержится в мясе рыб. Некоторые виды рыб являются ценным источником витаминов (табл. 21.2), но их сохранность в значительной степени зависит от процесса обработки.

Темные мышцы отмечены преимущественно у тех видов рыб, которые долгое время находятся в состоянии

Таблица 21.2. Содержание водорастворимых витаминов в мясе рыбы [17]*

Вид	Часть мяса	В ₁ , мг/г	В ₂ , мг/г	В ₃ , мг/г	В ₁₂ , мг/100 г	ПК, мг/г	ФК, мг/100 г	Ниацин, мг/100 г
Макрель	Светлая	0,8	0,3	14	0,9	1,6	1,9	21,4
	Темная	8,8	2,8	10	8,0	16	5,8	19,8
Королевская макрель	Светлая	1,5	0,8	—	0,3	—	—	—
	Темная	3,3	7,8	—	7,8	—	—	—
Тунец скипджек	Светлая	0,6	0,3	10,5	2,5	—	—	24,5
	Темная	5,2	6,9	9,0	16,5	—	—	12,2

* ПК — пантотеновая кислота; ФК — фолневая кислота.

движения. Такие виды, как треска, которая активно плавает в течение сравнительно коротких периодов времени, имеют относительно мало темных мышц. Брейккен [4] дал полную сводку о содержании витамина В в рыбе, ракообразных и моллюсках.

Раковина моллюсков и панцирь ракообразных могут составлять значительную часть их общей массы. Белок ракообразных выдерживает сравнение с казеином, бычьим и яичным альбумином. Общее содержание белка в тканях ракообразных примерно в два раза выше, чем у моллюсков. Однако в пищу используют не только мышечную ткань ракообразных и моллюсков, и некоторое несоответствие в цифрах объясняется тем, что нет единого метода анализа (этот вопрос подробно обсуждает Боргстром [3]).

РЕСУРСЫ РЫБЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

Мировой улов морской рыбы равномерно увеличивался до 1970 г., но с этого времени он колеблется на уровне 70 млн. т. По-видимому, период постоянного роста улова заканчивается, если только в ближайшем будущем не будут найдены пути широкого использования нетрадиционных рыбных ресурсов (рис. 21.1). Оценки максимально возможных уловов варьируют в большой степени. Прогнозы подобного рода всегда вызывают много сомнений. Кроме того, существует еще одно обстоятельство, обуславливающее вариабельность имеющихся данных: до сих пор нет единого мнения о том, следует или нет при оценке ресурсов учитывать источники, запасы которых в настоящее время используют недостаточно или вовсе не используют, но в отношении которых есть надежда, что в будущем их в какой-то мере будут использовать. Прекрасным примером такого источника, который из-за трудности лова и обработки в настоящее время фактически не используется, является антарктический криль. Ежегодно можно вылавливать свыше 50 млн. т только одного вида криля, *Euphausia superba* [14]. Согласно данным, приведенным в той же работе, потенциальный улов обычной рыбы может достигать 100 млн. т. Интересно отметить, что десять лет назад потенциальный ежегодный общий улов морской рыбы оценивался в 115 млн. т [13]. В 1976 г. около 70% ми-

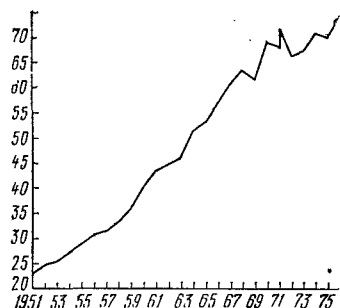


Рис. 21.1. Мировой номинальный улов в 1951—1976 гг. [10, 26].

рошенной трески (*Gadus morghua*) составляют голова и хребет, которые при приготовлении филе удаляют. В 1976 г. в Японии на долю непищевых субпродуктов приходилось 7,5% общего улова (801 тыс. т от 10 639 тыс. т соответственно) [21]. Различия в использовании рыбы в разных странах объясняются не только разнородностью вылавливаемых видов, но и особенностями национальной кухни, а также, в ряде случаев, умением рационально использовать субпродукты.

На рисунке 21.2 показано распределение мирового улова 1976 г. по способам использования продукта. В последние десять лет количество рыбы, заготавливаемой обычными методами (сушка, посол или копчение), оставалось удивительно постоянным, составляя примерно 8 млн. т. Количество консервированной, замороженной и проданной свежей рыбы медленно повышалось.

Учитывая опыт развитых стран, где особое внимание уделяется хранению рыбы в замороженном и охлажденном виде, можно предположить, что эта тенденция сохранится и в будущем.

рового улова непосредственно использовалось человеком в пищу, а 30% перерабатывалось в рыбную муку и другие продукты, предназначенные в основном на корм скоту. Значительная часть улова, предназначенная для потребления человеком, также была переработана в муку, так как не все части рыбы, как и наземных животных, считаются пригодными в пищу. Около половины массы выпотрошенной трески

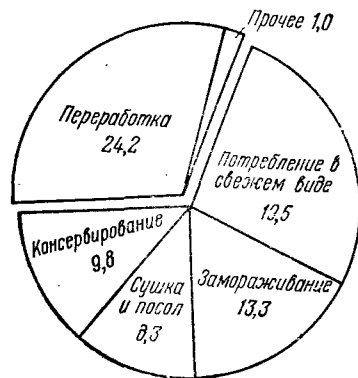


Рис. 21.2. Распределение мирового улова 1971 г., тыс. т [26].

Современное состояние рыбных запасов требует рассмотрения ряда вопросов о наиболее эффективном их использовании для питания человека. Во-первых, следует выяснить, каков оптимальный уровень эксплуатации этих ресурсов и как можно регулировать нормы улова. Эти вопросы не имеют прямого отношения к данной главе, но они исключительно важны при определении способов наиболее рационального использования рыбных запасов. Количество рыбы, непосредственно используемой для питания человека, возрастает. Однако до 1971 г. более быстрыми темпами увеличивалось количество рыбы, предназначенной для промышленной переработки. В 1966 г. на ее долю приходилось 33% мирового улова, а в 1971 г. — 36%, в 1972 г. она сократилась до 30%, а в период 1973—1976 гг. колебалась от 27 до 31%. Установить оптимальную пропорцию между этими двумя формами потребления нелегко, так как с теоретической точки зрения совершенно очевидно, что прямое использование рыбы в пищу человека более эффективно, чем скормливание ее свиньям и домашней птице. Однако вследствие технологических и экономических трудностей в некоторых ситуациях производство рыбной муки может стать более выгодным. Совершенно ясно, что в настоящее время необходимо всемерно повышать эффективность использования рыбы для питания человека, так как в процессе ее разделки есть много операций, во время которых происходит потеря белка хорошего качества, которой можно было бы избежать. Необходимо искать новые пути и формы использования существующих и новых источников рыбы. Новые продукты необходимо создавать на основе детального изучения запросов рынка и потребностей тех групп населения, для которых они предназначены.

Последний вопрос относится к тем, которые человек должен срочно задать сам себе. Указывалось, что, помимо 100 млн. т традиционных морепродуктов (так оценивается ежегодный улов традиционных видов), в будущем можно будет ожидать получения такого же количества продукции за счет необычных видов, включая криль, кальмаров и более мелкую океаническую рыбу [14]. Добыча и использование в большом количестве таких необычных видов потребует развития новой технологии. Если на разрешение этой проблемы не будут направлены значительные людские и материальные ре-

сурсы, маловероятно, чтобы человечеству удалось много увеличить существующий ежегодный улов. По мнению Гулланда, большая часть мировых рыбных промыслов, особенно в развивающихся странах, будет по-прежнему базироваться на привычных видах рыбы. Характерное для послевоенных лет расширение промысловых видов — удвоение каждые десять лет — не может продолжаться слишком долго [14].

АКВАКУЛЬТУРА

Следует также упомянуть о возможности увеличения производства и, следовательно, потребления рыбы с помощью аквакультуры, или, используя более известную терминологию, путем ее разведения на рыбных фермах. Было высказано предположение, что к 1985 г. количество рыбы, выращенной таким образом, возрастет в 5 раз [11] и, по-видимому, к 2000 г. составит 30 млн. т. Из-за недостатка места мы лишь коротко прокомментируем некоторые основные проблемы, полагая, что для получения более полной информации читатель может обратиться к одной из многих работ, посвященных искусственному разведению рыбы (см., например [1]). Пресноводные и морские позвоночные рыбы, моллюски, ракообразные и другие обитающие в воде организмы могут выращиваться и, конечно, выращиваются в промышленных масштабах в различных районах земного шара.

Пластинжаберные моллюски, такие, как устрицы и мидии, фильтруют воду, содержащую различные пищевые частицы. Скорость их роста при условии обеспеченности воды достаточным количеством соответствующих видов фитопланктона и поддержания оптимальной для данных видов или близкой к оптимальной температуры воды довольно высока, и за год они могут достигать товарных размеров.

Многие виды рыб, относящиеся к позвоночным, являются плотоядными, поэтому для того, чтобы они быстро росли, значительную часть их рациона должен составлять белок животного происхождения. Имеющиеся в продаже рационы обычно содержат по крайней мере 30% такого белка от сухой массы, а для некоторых видов рыб его необходимо вдвое больше. Рыбная мука обладает высокой питательной ценностью, и ее часто ис-

пользуют в качестве источника белка. Конечно, в природных условиях рыба, занимающая место в верхней части цепи питания, поедает живые организмы, состоящие в основном из белка, жира и воды. В современных кормовых рационах в качестве источника энергии используют углеводы, хотя поддержание надлежащего баланса белок/энергия важно для достижения максимальной скорости роста [19]. В зонах с умеренным климатом, особенно в западном полушарии, на рыбных фермах в основном выращивают плотоядных позвоночных рыб, таких, как различные виды лососевых, например радужная форель (*Salmo irideus*), и, следовательно, здесь не создается новый белок, а один его вид превращается в другой, поэтому в известном смысле рыбоводство конкурирует со свиноводством и птицеводством. Эффективность превращения одного вида белка в другой при правильно сбалансированном рационе и оптимальных условиях культивирования может достигать в расчете на сухое вещество значения 3:1 или 4:1. Однако литературные данные могут быть противоречивыми, поскольку некоторые авторы при расчете этого соотношения используют цифру, характеризующую сухую массу корма, необходимого для получения единицы живой массы рыбы, а при таком способе расчета можно получить значения, даже превышающие 1:1.

В тропических и субтропических областях, особенно в Азии, практикуется выращивание таких пресноводных растительноядных видов, как тилапия (*Tilapia*). В Китае в течение многих столетий выращивают различные виды всеядных карпов. На Дальнем Востоке часто совмещают рыбоводство и другие отрасли сельского хозяйства, например рыбу разводят на залитых водой рисовых полях. Используют также и более интенсивные методы. При высокой температуре воды и интенсивности освещения появляется возможность получать товарную рыбу один и более одного раза в год. Продуктивность прудов зависит не только от того, какой вид разводят, но и от многих других факторов: применение удобрений, внесение добавочного корма, а также от вида выращиваемых рыб. Хиклинг [15] приводит в качестве примера водоем в Малакке, рыбопродуктивность которого обычно составляла 22 кг/га в год, а максимальная достигала 55 кг/га. Применение удобрений в течение двух лет позволило повысить рыбопродуктивность до 1680 кг/га.

Хиклинг, ссылаясь на Лю [21], приводит исключительно высокую цифру — 7530 кг/га для водоема площадью 0,6 га при выращивании рыбы традиционными китайскими методами.

Эффективность превращения белка для растительно-ядных видов определить труднее. Бардах и др. [1], по-видимому, основываясь на массе сырого вещества, приводят соотношение 48 : 1 для *Tilapia srr.*, выращиваемой в Замбии на смеси растительного корма, состоящего из травы и измельченных листьев различных растений, таких, как банан, сладкий картофель, капуста, но нет сомнения, что при скормливания рыбам более концентрированных кормов эффективность этого процесса будет выше.

СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБЫ

Контроль за рыбными промыслами часто требует выборочного ограничения улова рыбы. Цель такого контроля, по крайней мере в идеальном случае, заключается в том, чтобы получать максимально возможный улов. В этой главе мы не будем останавливаться на этой проблеме, а рассмотрим вопрос о том, как лучше использовать пойманную рыбу.

Порча улова, которая начинается сразу же после того, как рыба погибает, в основном обусловлена деятельностью бактерий. Одновременно происходят каталитические изменения, вызванные ферментативной активностью. Оба эти процесса зависят от температуры. Во многих работах общего характера эти изменения описаны более детально [6, 20, 24]. Видовой состав бактериальной флоры зависит от района, в котором поймана рыба. В Арктике и в водах умеренного климата встречаются преимущественно холодолюбивые бактерии, которые в субтропических и тропических водах в основном уступают свое место мезофильным микроорганизмам. Традиционные способы хранения рыбы — посол, сушка, ферментация и копчение — появились очень давно. Современные способы разработаны на основе достижений технического прогресса: например, для консервирования используют контейнеры, которые можно герметически запечатывать и стерилизовать нагреванием, а при замораживании и торговле свежей рыбой применяется машинное охлаждение. Были предложены раз-

личные новые методы, такие, как лиофилизация или ионизирующее облучение, но по ряду причин они пока не используются в сколько-нибудь широком промышленном масштабе. В определенных случаях важное значение могут приобрести другие способы, такие, как обработка ферментами или производство рыбных белковых концентратов. При таком богатом выборе способов, естественно, встает важный вопрос, как лучше всего использовать на месте пойманную рыбу. Например, может быть выгоднее всего превратить ее в рыбную муку. Однозначно ответить на эти вопросы нельзя, так как «лучшего» способа использования рыбы, этого уникального пищевого продукта, не существует, и прежде, чем принять решение, необходимо взвесить все достоинства и недостатки доступного метода. В недавнем обзоре Бургесса [5] этот вопрос рассматривался более полно, чем это можно сделать здесь.

ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ

Свыше 10% мирового улова рыбы до сих пор предохраняют от порчи с помощью таких традиционных способов, как посол и вяление. Обработанная таким образом рыба обычно не нуждается в специальных способах хранения, а сами процессы, хотя они нередко сложны и требуют специальных навыков, осуществляются с помощью простого оборудования. Рыбу заготавливают прямо на месте, поэтому успех промысла зависит от того, насколько правильно выбран способ консервирования, который должен быть пригоден для местных видов рыб и учитывать местные условия.

К сожалению, традиционные продукты часто бракуются, так как при этих способах обработки неизбежна потеря питательных веществ, кроме того, в столь примитивных условиях обработки трудно контролировать потери, обусловленные, например, заражением насекомыми. Треска, находящаяся в солевом растворе, может терять до 30% массы [2] в основном за счет уменьшения содержания воды, белка, вероятно, водорастворимых витаминов и веществ, от которых зависят вкусовые свойства продукта. Потери массы в процессе тепловой обработки, например горячего копчения, могут превышать 20%. Жидкость, получаемая в процессе прессования тунца содержит от 2,5 до 5% сухого вещества [9], ве-

роятно, столько же теряется в процессе обычной варки рыбы. Более того, способы получения некоторых традиционных продуктов включают разделку рыбы; перед посолом трески удаляют внутренности, голову и часть позвоночника. При посоле сельди рыбу частично потрошат. Однако многие продукты готовят из целой невыпотрошенной рыбы, и приготовление ряда сброженных продуктов (типичных для Юго-Восточной Азии) зависит от присутствия ферментов, содержащихся во внутренностях.

В ходе самого процесса консервирования может происходить некоторая потеря питательных веществ, но это вполне допустимо, если стремиться к тому, чтобы консервированные продукты стали доступны тем, кто в них нуждается. Тем не менее традиционные рыбные блюда, пригодные главным образом для здоровых взрослых людей, обычно неприемлемы для грудных детей, больных и пожилых людей или, другими словами, для групп населения, наиболее часто подвергающихся риску в обездоленных слоях общества.

Традиционные способы обработки не гарантируют от заражения продуктов гельминтами, плесневыми грибами и бактериями, что приводит к огромным потерям; во многих случаях это неизбежно, поэтому необходимо учитывать, что в некоторых районах хранение рыбы затруднено вследствие высоких температур и большой влажности, нехватки упаковочного материала и оборудования, необходимого для хранения продуктов.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ

Это главным образом способы, используемые в настоящее время при доставке свежей рыбы в порты, ее последующей перевозке, а также замораживание и консервирование. К ним же, возможно, следует отнести производство таких продуктов, как рыбная колбаса, маринованная рыба и рыбные пасты, которые не теряют своей питательной ценности в течение нескольких дней, недель и даже месяцев, если их хранить при пониженной температуре. Свежая рыба, конечно, всегда была доступна людям, живущим на морских побережьях, у озер и рек, но доставка ее в другие районы — это современное достижение.

Важно подчеркнуть, что свежая и правильно замороженная рыба обладает высокой питательной ценностью.

Во время хранения сырой рыбы ткани могут терять жидкость, содержащую 5% белка. По данным некоторых авторов, эти потери белка могут превышать 10%. Плохо замороженная и неправильно хранящаяся рыба может терять более 15% белка за счет «сока», образующегося при оттаивании. Эти цифры, конечно, характеризуют максимальные потери, но, если даже принять, что при оттаивании теряется 7% белка, это не так уж мало.

Хотя замораживание и консервирование не снижают питательную ценность продуктов, эти методы часто используют только для обработки наиболее мясистых частей.

Если рыба разделяется для приготовления филе, то до 50% массы внутренностей выбрасывают. Остаток может быть использован для производства рыбной муки и, следовательно, не полностью потерян, но тем не менее пока не доказано, что такой способ использования этого первоклассного белкового продукта является наилучшим.

Современные продукты широко используются и пригодны для всех групп общества. Однако их производство и сбыт требуют оборудования для охлаждения, приготовления льда, замораживания, хранения на холоду, консервирования; для этого необходимы не только опытные операторы и инженеры-эксплуатационники, но и значительные капиталовложения.

Использование льда дает возможность расширить радиус действия рыболовецких судов в тропических и субтропических районах и ловить рыбу хорошего качества, но расходы на замораживание здесь выше, чем в умеренных широтах, так как требуется больше льда и потери от таяния выше, даже в том случае, когда теплоизоляция на судах хорошая. Некоторые суда, обслуживающие прибрежные рыболовные промыслы, слишком малы для того, чтобы иметь возможность использовать лед. Кроме того, развитие промышленности, использующей свежую или замороженную рыбу, требует транспортной сети, предназначенной для быстрой доставки рыбы. Свежая рыба быстро портится, и операции по транспортировке мороженой рыбы из одного холодильника в другой и доставке ее потребителю должны осуществляться быстро. Тем не менее современная рыбная промышленность создается и в ряде развивающихся стран, например в Западной Африке.

По-видимому, развитию современной рыбной индустрии в некоторых районах скорее препятствует отсутствие капитальных вложений, чем нерешенные технологические проблемы. Нет сомнения в том, что если предоставить людям выбор, они отдадут предпочтение современным продуктам, а не традиционным. Некоторые относительно несложные технологические проблемы еще ждут своего решения.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ

Ряд способов находится пока на стадии экспериментальной разработки. К ним относится пастеризация облучением, которая вряд ли когда-нибудь найдет применение, и лиофилизация, которая хотя и имеет преимущества по сравнению с обычными методами сушки, так как дает возможность получать продукты лучшего качества, очевидно, не настолько хороший способ, как его рекламируют создатели. Применение любого из этих способов не влечет за собой существенного изменения питательной ценности рыбы, хотя и влияет на ее вкусовые качества, но эти способы не нашли пока сколько-нибудь широкого применения в силу больших производственных затрат, необходимости соблюдения условий безопасности (во время облучения) и высокой стоимости оборудования (при лиофилизации).

Наиболее перспективное направление — разработка различных типов рыбных белковых концентратов. В недавнем обзоре, посвященном этому вопросу, они были определены как «продукты, полученные из рыбы и содержащие больше белка, чем исходный сырой материал» [18]. Это название охватывает, следовательно, широкий круг продуктов — от различных типов рыбной муки и продуктов, приготовленных путем экстракции рыбы растворителями, до продуктов, полученных путем ферментативной обработки. Концентраты имеют некоторые общие черты, такие, как отсутствие функциональных свойств, и считаются скорее белковыми добавками, чем собственно пищей.

В некоторых районах Африки рыбную муку используют для питания человека; она имеет сильный запах, который там находят приятным. Предпринимаются различные попытки выпускать высококачественную и безопасную в бактериологическом отношении муку для про-

дажи в этих районах, в надежде, что рынок сбыта рыбной муки будет расширяться. В ряде стран, особенно в Северной Америке, уже примерно в течение 10 лет изучается возможность приготовления безвкусного, лишенного запаха, нежного рыбного белкового концентрата путем экстракции рыбы растворителями с использованием на одной из стадий изопропилового спирта. Технологические трудности производства были преодолены, но попытки построить заводы по переработке рыбы этим способом в основном окончились неудачей в силу ряда причин, в том числе политического и экономического характера. По сравнению с большинством других продуктов рыбные белковые концентраты имеют одно большое потенциальное преимущество. Их можно готовить даже из такой мелкой рыбы, как перуанский анчоус, которая для других целей непригодна. Их применение ограничивается главным образом использованием в качестве кормовых добавок и, следовательно, они, вероятно, наиболее приемлемы для субсидируемых кормовых программ.

В последнее время огромный интерес вызвало изучение функциональных белковых изолятов*, которые могут быть использованы для расширения ассортимента рыбных и других продуктов [27]. Они находят значительно более широкое применение, чем рыбные белковые концентраты, не обладающие функциональными свойствами.

Разнообразные продукты можно получать, обрабатывая рыбное филе ферментами. До сих пор их изготавливали промышленным путем и предназначали в основном для замены молока при выкармливании телят, но они могут найти и другое применение. Кости и жир при ферментативной обработке удаляют, а продукт, получающийся после добавления гидрогенизированного жира,

* Они получили такое название потому, что в процессе их приготовления функциональные свойства белков остаются относительно неизменными, в результате чего как питательная ценность, так и усвояемость продукта сохраняются. С технологической точки зрения функциональные изоляты обладают очень важным свойством — они набухают при помещении в воду, увеличиваясь в объеме в несколько раз, благодаря чему их можно включать в различные пищевые продукты, изготавливаемые промышленным путем. Широкое распространение эти изоляты получили в Японии, Англии, Швеции и ряде других стран (см. Научные отчеты ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии по теме: «Получение новых видов пищевых продуктов из малоценных рыб». М., 1971, 1973, 1977). — *Прим. ред.*

высушивают. Лучшие из полученных таким образом продуктов представляют собой белый порошок со слабым рыбным запахом, хорошо диспергируемый в воде [28].

СТОИТ ЛИ ПРОИЗВОДИТЬ РЫБНУЮ МУКУ?

С точки зрения отдаленной перспективы, очевидно, что производство рыбной муки — не лучший способ использования рыбы, которую люди могли бы употреблять непосредственно в пищу. Тем не менее перевод рыболовства на промышленную основу дает развивающимся странам ряд преимуществ и может рассматриваться как шаг на пути к созданию пищевой рыбной промышленности. Хотя технология производства муки довольно сложна, этот процесс может с успехом осуществлять небольшое количество обученного персонала на сравнительно мелких предприятиях, располагаемых в портах. В связи с тем, что во всем мире ощущается резкая нехватка высококачественного кормового белка, рыбная мука пользуется большим спросом в развитых странах. Поэтому, по всей видимости, экономически выгодно развивать ее производство в тех районах, где постоянно есть запасы подходящей рыбы, а пищевая рыбная промышленность только создается. Производимую рыбную муку можно экспортировать, а взамен ввозить необходимые продукты. Альтернативный вариант — использование муки на корм скоту внутри страны.

УВЕЛИЧЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЫБЫ

Чтобы иметь возможность более широко применять рыбу для питания человека, необходимо уменьшить потери при обработке и транспортировке и активизировать работу по поиску путей использования новых видов рыбы, особенно глубоководных рыб, потребляемых пока в незначительных масштабах.

В тех районах, где население может быть обеспечено рыбой, приготовленной в традиционно приемлемых формах, или налажено промышленное производство свежей или свежемороженой рыбы, по-видимому, не существует серьезных трудностей в увеличении ее потребления. Тем не менее пока не будут разработаны специальные продовольственные программы, нельзя пренебрегать имею-

щимися трудностями в обеспечении продуктами тех групп населения, для которых качество пищи особенно важно, а именно маленьких детей, кормящих матерей и больных. Разработка таких программ зависит от внимания к ним со стороны государства и от денежных ассигнований.

Однако, прежде чем разворачивать продовольственные программы, нужно выяснить, для каких групп населения потребление тех или иных продуктов связано с риском, определить, какие виды рыбы или рыбных продуктов наиболее пригодны для них, решить, каким образом лучше наладить производство и доставку этих продуктов, как лучше субсидировать программу, для того, чтобы поддержать развитие наиболее перспективных отраслей рыбной промышленности.

В тех странах, где правительство планирует развивать рыбную индустрию, необходимо решить, как будет использоваться улов. Должны быть рассмотрены следующие вопросы: наличие средств, учреждение местной экспертизы, требования, предъявляемые населением к пищевым продуктам, наличие транспортной системы и структура существующей промышленности. Вероятно, в будущем будет вылавливаться значительно больше мелкой рыбы и мелких ракообразных, для ручной обработки и промышленной переработки которых современная техника не годится. Они служат сырьем для производства рыбного белкового концентрата, но, как уже указывалось, сфера применения продуктов, не обладающих функциональными свойствами, ограничена. Другая возможность для их переработки — использование различного рода уже существующих машин, с помощью которых можно отделять мясо от костей, кожи, раковины и т. д. Хотя текстура мяса при такой обработке может быть отчасти нарушена, этот способ имеет большие потенциальные возможности.

Наконец следует подчеркнуть, что увеличение потребления рыбы населением зависит скорее от решения ряда организационных и экономических, чем технологических проблем. Некоторые технологические проблемы еще требуют своего решения, хотя разнообразие существующих продуктов огромно и часть из них используется повсеместно. Таким образом, рыболовство нуждается в капиталовложениях и значительно большем внимании к его развитию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bardach J. E., Ryther J. H., McLarney W. O. 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience, New York.
2. Beatty S. A., Fougère H. 1957. The processing of salt fish. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada No. 112.
3. Borgstrom G. 1962. Shellfish protein — nutritive aspects. In: Fish as food (ed. G. Borgstrom), vol. 2, pp. 115—147. Academic Press, New York.
4. Braekkan O. R. 1962. B-vitamins in fish and shellfish. In: Fish in nutrition (ed. E. Heen and R. Kreuzer), pp. 132—140. Fishing News (Books) Ltd., London.
5. Burgess G. H. O. 1971. The alternative uses of fish. FAO Fishery Report No. 117. FAO, Rome.
6. Burgess G. H. O., Cutting C. L., Lovern J. A., Waterman J. J. 1965. Fish handling and processing. HMSO, Edinburgh.
7. Burgess G. H. O., Shewan J. M. 1970. Intrinsic and extrinsic factors affecting the quality of fish. In: Proteins as human food (ed. R. A. Lawrie), pp. 186—199. Butterworths, London.
8. Connell J. J. 1970. Properties of fish proteins. In: Proteins as human food (ed. R. A. Lawrie), pp. 200—212. Butterworths, London.
9. Dollar A. M., Goldner A., Olcott H. S. 1967. Temperature, weight and drip changes during pre-cooking of tuna. *Fishery Industrial Research*, 3, 19—23.
10. FAO 1964. Catches and landings 1963. Yearbook of Fishery Statistics No. 16. FAO, Rome.
11. FAO 1970. Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development. Summary and Main Conclusions. FAO, Rome.
12. FAO 1972. Catches and landings 1971. Yearbook of Fishery Statistics No. 32. FAO, Rome.
13. Graham H. W., Edwards R. L. 1962. The world biomass of marine fishes. In: Fish in nutrition (ed. E. Heen and R. Kreuzer), pp. 3—8. Fishing News (Books) Ltd., London.
14. Gulland J. A. 1971. The fish resources of the ocean. Fishing News (Books) Ltd., London.
15. Hickling C. F. 1962. Fish culture. Faber and Faber, London.
16. Higashi H. 1961. Vitamins in fish. In: Fish as food (ed. G. Borgstrom), vol. 2, pp. 411—486. Academic Press, New York.
17. Higashi H. 1962. Relationship between processing techniques and the amount of vitamins and minerals in processed fish. In: Fish in nutrition (ed. E. Heen and R. Kreuzer), pp. 125—131. Fishing News (Books) Ltd., London.
18. Knobl G. 1973. Fish protein concentrates: the state of the art. Reprint from 5th annual offshore technology conference, Houston, Texas.
19. Lee D. J., Putnam G. B. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *Journal of Nutrition*, 103, 916—922.
20. Liston J., Stansby M. E., Olcott H. S. 1963. Bacteriological and chemical basis for deteriorative changes. In: Industrial fishery technology (ed. M. E. Stansby), pp. 350—361. Van Nostrand Reinhold, New York.

21. Liu Chein-kang 1955. On the productivity of two experimental fishponds managed with traditional method of Chinese pisciculture. *Acta Hydrobiologica Sinica* No. 1. (Chinese with English summary).
22. Lovern J. A. 1962. The lipids of fish and changes occurring in them during processing and storage. In: Fish in nutrition (ed. E. Heen and R. Kreuzer), pp. 85—111. Fishing News (Books) Ltd., London.
23. Lovern J. A., Wood H. 1937 Variations in the chemical composition of herring. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 22, 281—293.
24. Shewan J. M. 1961. The microbiology of sea water fish. In: Fish as food (ed. G. Borgstrom), vol. 1, pp. 487—544. Academic Press, New York.
25. Stansby M. E., Olcott H. S. 1963. Composition of fish. In: Industrial fishery technology (ed. M. E. Stansby), pp. 339—349. Van Nostrand Reinhold, New York.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

26. FAO 1977. Fishery Commodities 1976. Yearbook of Fishery Statistics No. 43. FAO, Rome.
27. Spinelli J., Groninger H., Koury B., Miller R. 1975. Functional protein isolates and derivatives from fish muscle. *Process Biochemistry*, 10, 31—42.
28. Taubert P. 1973. Les-concentres de proteine de poisson dans l'alimentation humaine. *L'Alimentation et la Vie*, 61, 32—40.

22. ГРИБЫ

В. Е. Тревельян

Если спору гриба, которая по своим размерам является типично микроскопическим телом с диаметром всего лишь в несколько микрон, поместить в водную среду, содержащую необходимые ей питательные вещества, она выбрасывает зародышевую трубку, которая быстро превращается в сильно разветвленную нить (гиф); совокупность таких нитей в культуре называют мицелием (грибницей). Нитевидная форма роста отличает грибы от таких одноклеточных организмов, как дрожжи, которые в других отношениях, например биохимическом, очень схожи с ними*. Мицелий может образовывать хо-

* По существующей классификации дрожжи также относят к грибам порядка Endomycetales, класса Ascomycetales. Мицелий дрожжей, легко распадается на отдельные, самостоятельно живущие, почкующиеся клетки.—Прим. ред.

рошо видимые пленки или тяжи, часто механически очень прочные. Со временем из-за истощения питательных веществ или по другим причинам [42] мицелий дифференцируется в специальные спорообразующие структуры, или спорофоры, которые могут быть микроскопической величины (как у плесневых грибов) или весьма большими (как у шляпочных грибов).

Споры грибов, по-видимому, непереваримы, но макроскопические спорофоры определенных типов грибов, например съедобные и несъедобные шляпочные грибы, которые собираются человеком с незапамятных времен [33], и мицелий некоторых отобранных линий этих грибов пропагандируются в качестве потенциально ценных источников белка как для человека, так и для домашних животных [15]. По историческим и другим причинам производство, даже в небольшом масштабе, спорофоров и мицелия базируется на использовании двух совершенно различных технологий. На Западе [3, 15, 40], так же как и на Востоке [15, 41], шляпочные грибы выращивают в питомниках, а производство мицелия, которое пока ведется только в масштабах экспериментальных заводов, является или должно стать промышленным процессом брожения, напоминающим производство пива или дрожжей. Следует отметить, что огромное количество грибного мицелия уже сейчас вырабатывается как побочный продукт при производстве (путем ферментации) антибиотиков, лимонной кислоты и т. д. Но по данным Хастингса [16], этот продукт имеет «очень неприятную» тенденцию к автолизу и обычно содержит слишком много фосфатов, чтобы с успехом использовать его даже на корм скоту. Сообщалось, что мыши сначала плохо поедали корм, содержащий отмытый от пенициллина мицелий *Penicillium chrysogenum*, но позднее привыкли к нему и росли так же хорошо, как животные, содержащиеся на стандартной диете [29]. При выращивании шляпочных грибов мицелий является отходом, тогда как в процессе промышленного производства нитчатых грибов методом брожения подбираются такие условия, при которых спорообразование не происходит.

Обычные шляпочные грибы или, вернее, разнообразие их — шампиньоны *Agaricus bisporus* впервые начали культивировать в XVII веке во Франции. Сейчас в умеренных широтах Европы и Северной Америки их вы-

ращивают в промышленном масштабе. В США ежегодно производят по крайней мере 70 млн. кг грибов [15, 40], а в Великобритании около 25 млн. кг на сумму 12 млн. фунтов стерлингов (оптовая цена) [40]. В 25 кг шляпочных грибов содержится около 1 кг белка* [18]. Хейс [17] опубликовал данные (см. табл. 22.1) о мировом производстве шляпочных грибов, он указывает, что продукция *Agaricus bisporus* увеличивается ежегодно в среднем на 25%. В Великобритании за счет производства шампиньонов ежегодно получают по 70 000—80 000 кг белка/га по сравнению с 80 кг, получаемыми за счет откорма крупного рогатого скота, и 650 кг, получаемыми в рыбоводческих хозяйствах [10, 18].

Таблица 22.1. Мировое производство шляпочных грибов, тыс. т сырого вещества [17]

Страна	Год		
	1950	1960	1966
США	30,0	50,0	77,4
Франция	10,0	30,0	49,0
Тайвань	—	1,0	36,8
Великобритания	5,6	17,5	33,8
Нидерланды	0,3	3,0	15,0
Канада	1,5	3,0	7,5
Дания	0,7	2,5	6,0
ФРГ	0,6	2,5	13,0
Бельгия	0,8	2,0	4,0
Швейцария	0,5	1,5	2,8
Швеция	0,4	1,5	2,8
Ирландия	0,2	0,8	1,6

Посадочную грибницу шампиньонов выращивают в производственных лабораториях под строгим научным контролем. Ее размножают на грядках, в качестве питательной среды используют конский навоз с большим содержанием соломенной подстилки, который подвергают специальной обработке (компостирование, пастеризация). Правильное компостирование — секрет успеха, поскольку в процессе неполной микробной деградации, осуществляемой рядом микроорганизмов, и в особенности

* Нужно учитывать, что переваримость белков, содержащихся в шляпочных грибах, значительно ниже, чем большинства других белков животного и растительного происхождения, поэтому к таким оценкам следует относиться с осторожностью. — Прим. ред.

термофильными бактериями, разрушаются легко сбраживаемые углеводы, накапливаются органические формы азота и в целом создаются условия, более благоприятствующие росту *Agaricus bisporus*, чем его возможных конкурентов, которые в принципе растут быстрее.

Для коммерческих целей выращивается лишь несколько видов грибов. Как уже отмечалось, на Западе культивируют шампиньоны (*Agaricus bisporus*), в восточном полушарии — шиитаке (*Lentinus edodes*), растущий на мертвой древесине, и вольвариеллу (травяной шампиньон, *Volvariella volvaceae*), растущую на рисовой соломе. Шляпочные грибы довольно хороший источник белка; по данным Грея [15], *Agaricus bisporus* содержит 27% белка в расчете на сухое вещество, однако в нем недостаточно одной или более незаменимых аминокислот. Интересен тот факт, что случаи, когда грибы не переносятся организмом, крайне редки. Недавно в литературе был описан один из таких случаев [6], обусловленный плохим усвоением сахара трегалозы, который находят во многих нитчатых грибах (и в дрожжах). Гилберт и Робинсон [14] отмечают, что, по-видимому, нигде в мире нет религиозного запрета на включение в пищу грибов.

К сожалению, выращивание шляпочных грибов в промышленном масштабе связано с определенными трудностями, пожалуй даже риском, и существенными затратами, поэтому маловероятно, что грибы могут стать дешевой белковой добавкой к диете, хотя было предложено выращивать их на различных отходах [15]. В настоящее время грибы следует относить к деликатесам или вкусовым приправам, добавляемым к консервированным супам, суповым концентратам, соусам и т. д. В США таким образом используют около $\frac{2}{3}$ производимых грибов [40]. Во время второй мировой войны были созданы большие ферментеры, снабженные мешалками и устройствами для аэрирования, при использовании которых возможность микробного заражения исключалась, и, естественно, были предприняты попытки решить некоторые проблемы, связанные с производством шляпочных грибов путем приспособления ферментеров для размножения мицелия этих или родственных им линий грибов. Результаты значительной части исследований, посвященных этому вопросу, были рассмотрены в обзорах Литчфилда [24] и Воргана [52].

По крайней мере один промышленный концерн в США продает мицелий грибов семейства сморчковых (видов рода *Morchella*), однако он также используется как приправа к супам и т. д. (под названием грибная приправа Мореля). Литчфилд [25] приводит таблицу, в которой представлены данные о содержании в мицелии белка (общий N $\times 6,25$), составляющего до 50% сухой массы грибницы, и его аминокислотном составе. Как и в белках всех изученных микроорганизмов, в нем меньше серосодержащих аминокислот — метионина и цистина, чем в стандартном белке ФАО. Впервые это обнаружил Скиннер [39], работающий с мицелием плесневых грибов.

Мицелий, полученный промышленными методами брожения, часто теряет способность к образованию спорофор с характерным нежным вкусом, что позволяет рассматривать этот процесс как производство богатой белком пищи и компонентов корма, но другие виды грибов, известные под общим названием плесени, по-видимому, более пригодны для этой цели. В действительности изучение пищевой ценности грибного мицелия, выращиваемого с помощью промышленных методов брожения, осуществлялось безотносительно к производству шляпочных грибов вначале главным образом немецкими исследователями, которые были вынуждены обратиться к этому способу из-за недостатка пищи, вызванного блокадой во время обеих мировых войн.

Первоначально основное внимание уделялось производству микробного жира [47]. Линднер [23], который разработал способ, основанный на использовании дрожжей *Trichosporon pullulans*, называвшихся в то время *Endomyces vernalis*, увидел путь к решению проблемы белка в аммиачно-мелассовом способе культивирования дрожжей (Mineralhefe), предложенном Дельбрюком, Хайдуком и другими. Оба способа были разработаны в Институте бродильной промышленности в Берлине, в котором в 30-е годы было освоено [51] производство *Candida utilis* (дрожжей торула) и высказано предположение, что пищевые дрожжи можно выращивать на углеводородах [21].

Линднер полагал, что интенсивный биосинтез жира происходит только в поверхностной культуре. Возможно, что именно это представление позднее побудило исследователей к поиску возможности использования нит-

чатых грибов, поскольку до второй мировой войны плесневые грибы культивировались исключительно этим методом. В статье Варда и др. [49] описываются необходимые для этого оборудование и приборы. Поверхностная культура требовала большого количества обслуживающего персонала, поэтому впоследствии предпочтение было отдано погруженной культуре, которую первоначально выращивали порциями [7, 8, 9]. Было обнаружено, что как в поверхностной, так и в погруженной культуре высокое соотношение усвояемого азота к углероду (N/C) благоприятствует биосинтезу белка, а обратное — накоплению жира [47]. Интерес к микробному жиру вскоре ослабел, и внимание исследователей было сосредоточено на производстве грибного белка.

В 1943 г. английский исследователь Фоунз мог мало что сказать о возможности использования нитчатых грибов в качестве источников белка [13], но в Германии профессор Лембке (как сообщали, например, Гилберт и Робинсон [14]) уже изучал потребление съедобных микроскопических грибов, особенно мицелия видов *Rhizopus* и *Fusarium*, оба из которых, как указывалось выше, являются сравнительно хорошими источниками метионина и цистина. Обнадеживающие результаты были получены на Восточно-мюнхенской молочной станции, где мицелий гриба *Fusarium* выращивали на сыворотке. Однако мицелий плесневых грибов вызывал сильное расстройство желудка до тех пор, пока его не стали вначале подвергать полному автолизу с помощью нагревания.

Промышленное производство дрожжей было развито и хорошо изучено уже давно [20], поэтому возникает вопрос, почему надо было уделять столько внимания производству в больших масштабах нитчатых грибов. По-видимому, это объясняется тем, что дрожжи, особенно рода *Saccharomyces*, чрезвычайно чувствительны к наличию в среде определенных витаминов, особенно витамина С, источником которого может служить небольшое число соединений. (Дрожжи торула — *Candida utilis*, которые наименее требовательны в обоих отношениях, были выделены только в 1926 г.) Так, Прингсгейм и Лихтенштейн [32], изучали размножение *Aspergillus fumigatus* на обработанной щелочью соломе, так как из-за блокады, вызванной войной, использование для культивирования дрожжей мелассы не представлялось

возможным. (Погруженная культура этого гриба недавно была исследована Роджерсом и др. [36].) Многие линии грибов могут разлагать крахмал — свойство чрезвычайно важное, учитывая широкое распространение этого углевода. Поэтому амилалитические ферменты, выпускаемые бродильной промышленностью, производятся на базе использования видов *Aspergillus* или *Rhizopus*.

При разработке промышленного метода брожения можно исходить из того, что необходимо получить какой-то продукт (например, пекарские дрожжи) и подыскивать наиболее подходящий субстрат и метод брожения, пригодный для этой цели, или, напротив из того, что имеется субстрат, обычно какой-нибудь отход сельскохозяйственного производства, и искать подходящий продукт, например дрожжи или плесневые грибы, которые могут служить источником пищевого белка. Второй подход способствовал проведению огромного числа исследований по культивированию плесневых грибов (например, работа Чёрча и др. [12]) и на первый взгляд кажется очень привлекательным. Но использование отходов для этих целей может оказаться не таким уж выгодным делом из-за необходимости затрат на их сбор, консервацию и очистку [25], и, кроме того, всегда есть опасность абсорбции токсичных веществ из субстратов, состав которых сложен и иногда изменчив [38].

По-видимому, впервые в широких масштабах промышленное производство пищевого белка грибов было осуществлено английской фирмой Рэнк Ховис Мак-Дугалл (PXM) (Rank Hovis McDougall). В связи с этим следует отметить, что использование белка грибов не только желательно, но и экономически выгодно [45], так как для его производства можно использовать дешевые крахмалсодержащие субстраты. Первому соображению придаётся, по-видимому, особое значение. Уже в 1945 г. Винсон и др. [48] установили, что в качестве добавки к диете лучше использовать высушенный мицелий гриба *Fusarium lini* (выращенный в поверхностной культуре), чем пивные дрожжи. Авторы были более озабочены содержанием в добавке витамина В, чем белка, хотя последнему также было уделено внимание, но, по-видимому, их интерес к *Fusarium* первоначально был связан с промышленным производством спирта (сравни [28]).

Так как фирма РХМ занимается производством пищи в больших масштабах, особое внимание было уделено таким свойствам мицелия, как текстура и нежность вкуса. Благодаря наличию именно этих свойств грибной мицелий считается гораздо более перспективным компонентом пищевых продуктов, чем дрожжи. В результате многократных проверочных испытаний была выбрана линия *Fusarium graminearum*, которая обладала исключительно высокой скоростью роста: при 30°С удвоение массы происходило за 2,4 ч (Г. Л. Соломонс, *личное сообщение*). Это опровергает утверждение [25], что все грибы растут медленнее, чем дрожжи [43]. Однако для того, чтобы более полно использовать способность этой линии к быстрому росту, питательную среду лучше готовить на сахарах. Крахмал должен быть гидролизован до глюкозы, в то время как для промышленного производства мицелия больше подходит меласса. В питательную среду нужно добавлять некоторые витамины. Наконец, высокая скорость роста у грибов сопровождается пропорциональным увеличением содержания нуклеиновой кислоты, как и у дрожжей (азот пуринов составляет около 10% от общего азота); количество нуклеиновых кислот необходимо уменьшить, чтобы грибной белок стал пригоден для использования человеком.

Данные таблиц, приведенных в работах Литчфилда [25] и Грэя [15], свидетельствуют о большом диапазоне колебаний продуктивности и содержания белка в различных типах грибов, выращиваемых в погруженной культуре. Неясно, представляют ли эти данные большой интерес, поскольку на ранней стадии разработки любого промышленного метода должны быть проведены отборочные эксперименты и найден организм, удовлетворительный в обоих отношениях. Аналитические проблемы, с которыми столкнулись исследователи, пытаясь достичь более высокого содержания белка, суммированы в работе Андерсона и др. [1], в которой, кроме того, представлены данные об аминокислотном составе нескольких линий микроскопических грибов. Что касается эффективности процесса превращения углеводов в грибной белок, то было показано, что при оптимальных условиях продуктивность разнообразных микроорганизмов, выращенных на различных углеродсодержащих субстратах, удивительно постоянна. Эта закономерность выражается различными способами. Например, Белл [5]

предлагает считать, что единица продуктивности, выражаемая в граммах сухого вещества, обычно может быть равна 1,1 г на 1 г С, имеющегося в субстрате. При промышленных методах выращивания грибов на углеводах выход должен составлять 0,5 г сухого вещества на 1 г углеводов.

Под *оптимальными условиями* подразумевается, что в среде в достаточных количествах присутствуют все необходимые питательные вещества (источники С и N, фосфаты, ионы металлов, витаминopodobные ростовые факторы), поддерживают аэробные условия и в субстрате не протекают вторичные реакции. Скорость роста грибов при использовании таких субстратов, как целлюлоза, вероятно, лимитируется на стадии гидролиза самого субстрата, и в этом случае имеется некоторая опасность того, что при его ассимиляции в вещества клетки процесс может пойти по пути образования таких продуктов, как этанол. При использовании в качестве субстрата сбраживаемых сахаров в культуре целесообразно постоянно поддерживать низкую концентрацию этих веществ. При производстве дрожжей [11] такая концентрация на любой стадии процесса создается в том случае, если добавлять мелассу к суспензии аэрируемых дрожжей в количестве, пропорциональном содержанию находящихся в ферментере дрожжей. При выращивании плесневых грибов следует, вероятно, исходить из условий, необходимых для поддержания непрерывного процесса их культивирования [44].

Выращивать нитчатые грибы методом непрерывного культивирования даже в лабораторном масштабе довольно сложно [37]. Много неприятностей доставляет способность нитчатых грибов прилипать к поверхностям, закупоривать выходы или загрязнять мешалки. Любопытен тот факт, что методы непрерывного культивирования плесневых грибов разрабатывают с тех самых пор, как начали работать с этими грибами. Теоретические положения, используемые при разработке этих методов, базируются главным образом на данных, полученных с истинно одноклеточными организмами, такими, как бактерии, где число микробных клеток строго пропорционально всей массе организмов. Поэтому полученные для этой модели данные могут применяться к нитчатым грибам только в том случае, если разрывать мицелий по достижении им определенных размеров. Для

этого можно использовать генетически закрепленную «ломкость» мицелия, но не лишен смысла и метод, предложенный Роули и Буллом [37], которые рекомендовали применять очень высокую скорость размешивания, при которой не только достигается хорошая аэрация, но и механически разрушается мицелий. При этом, очевидно, возникают вопросы, касающиеся потребности в энергии и возможности повреждения растущей грибницы.

Столь же важным, как продуктивность на единицу массы субстрата, является вопрос о максимальной концентрации микробной массы, которой можно достичь в ферментере и которая явно зависит от эффективности использования его объема. В исследованиях, проведенных на экспериментальных предприятиях фирмы РХМ, удалось получить 30 г сухого вещества на литр среды (Г. Л. Соломонс, личное сообщение). Реология густых суспензий мицелиальных нитей представляет трудности, особенно в связи с необходимостью эффективной аэрации.

Плесневые грибы, по-видимому, легче извлекать путем фильтрования и центрифугирования, чем дрожжи и тем более бактерии [45]. В настоящее время неясно, связано ли высушивание мицелия с какими-либо особыми трудностями.

Рентабельное предприятие по производству белка грибов должно быть достаточно большим (с производительностью 10—100 тыс. т продукции в год). Мак-Ленан и др. полагают, что минимальная производительность заводов по производству микробного белка — 50 тыс. т в год. Однако еще сохраняется некоторый интерес к возможности использования небольших предприятий и более простых методов. Так, например, Рид и др. [34] предложили выращивать грибы партиями на суспензии, состоящей из ячменя с добавками источников неорганического азота. Весь продукт, получаемый в результате брожения, используется на корм скоту. Однако мицелий после удаления остатков ячменя содержит в целом лишь немного больше белка, чем исходный продукт (в котором 10—12% белка), поэтому вопрос о степени обогащения белком в этом случае довольно проблематичен.

Маловероятно, чтобы выращивание мицелия на поверхности жидкой среды можно было использовать для производства грибного белка, потому что пленка мицелия

неоднородна по своему составу и частично состоит из автолизированных клеток. Однако во многих тропических странах сброженные продукты готовят, размножая плесень на природных твердых материалах с высоким содержанием влаги, таких, как соевые бобы или зерновые культуры. Много внимания уделялось таким традиционным сброженным продуктам [15, 19, 30], которые способствуют улучшению пищевых свойств некоторых форм белка (пример «биологического облагораживания» согласно Платту [31]), даже если фактическое количество белка при этом не увеличивается.

Стэнтон и Уоллбридж [46] предложили приспособить этот привлекающий своей простотой способ к сбраживанию влажных субстратов, составленных на основе бедной белком муки из маниока с добавкой солей аммония или мочевины. Подразумевалось, что сброженный продукт будет использоваться в пищу без дальнейшей очистки. Это напоминает способ, предложенный Принсгеймом и Лихтенштейном во время первой мировой войны, однако они считали, что сброженный продукт вследствие наличия в нем остаточных количеств минеральных солей пригоден только на корм скоту. С этим заключением трудно не согласиться. Дальнейшее изучение размножения *Rhizopus oryzae* на муке маниока, которая увлажнялась раствором фосфата аммония и мочевины, проведенное в Институте тропических продуктов, показало, что рост плесени прекращается, когда из 100 г исходного материала образуется 4,5 г белка мицелия. Это означает, что 25% сухого вещества субстрата (главным образом крахмала) теряется, поэтому процесс превращения углеводов в белок следует считать довольно неэффективным. Подобные цифры были получены Барнесом и др. [4], которые использовали этот метод для выращивания *Sporotrichum thermophile* на влажной целлюлозе (бумажные отходы).

Широко распространенное потребление шляпочных грибов, изготавливаемых в тропиках продуктов, полученных путем брожения с применением плесневых грибов, сыров с плесенью и т. д. (см., например, [45]) — аргумент в пользу возможности применения и безвредности белка мицелия вообще. Питательная ценность, безвредность и приемлемость микробного белка рассмотрены в последних работах Килберга [22] и многих других исследователей. По-видимому, нет оснований сомневать-

ся в том, что при тщательном отборе линий и постоянном совершенствовании методов культивирования можно получать из мелассы и, возможно, из других источников углеводов (добавляя к ним соли аммония) сухой грибной белок (использование чистого белка — около 70 [45]), который имеет приемлемый вид, вкус и функциональные свойства.

Открытым остается вопрос о том, какое действие оказывает на человека небелковая часть мицелия, которая составляет около 50% от его сухой массы. Любые заявления на этот счет будут оставаться на уровне предположений до тех пор, пока не станет доступен стандартизированный продукт и не будут тщательно изучены все его свойства. Несомненно, что для производства такого продукта под жестким контролем и для проверки, необходимой для установления его безвредности, нужны средства и оборудование, которыми может располагать, по-видимому, только большая и технически хорошо оснащенная организация.

Вероятно, следует сказать несколько слов и о микотоксинах. Бесспорно, не может не настораживать такой факт, что *Fusarium graminearum* продуцирует эстрогенный грибной яд [27]. То, что у этого продуцента яда такое же видовое название, как и у гриба, применяемого фирмой РХМ, или линии, изученной Винсоном и др. в 1945 г., не должно наводить читателей на мысль, что эти плесневые грибы имеют сходные биохимические свойства. Микотоксин был выделен из линии *Penicillium roqueforti* [50], но любители сыра не должны непременно приходить от этого в отчаяние. Соломонс [43] изучил несколько сотен микроскопических грибов, но обнаружил только одну токсичную линию (*Alternaria*). В любом случае при непрерывном культивировании при высокой скорости роста и относительно высокой температуре создаются условия, не благоприятствующие образованию микотоксина (Соломонс, личное сообщение).

В настоящее время трудно оценить, какую роль будут играть грибы в обеспечении населения земного шара белком. По-видимому, в будущем дефицит пищевого белка будет расти, тем не менее мало внимания уделяется выяснению связи дефицита белка с недостатком других веществ, который также может проявиться в ближайшее время. Очень много энергии нужно затратить, чтобы синтезировать аммиак, управлять аэрационным

оборудованием, мешалками, центрифугами и т. д., не говоря уже о транспорте, который нужен для перевозок. Предполагается, что в распоряжении имеется вода нужного качества. На самом деле никто не может сказать, насколько экономически выгодно будет в отдаленном будущем производить так называемый «белок одноклеточных» (хотя, вероятно, более правильно было бы сказать «внутриклеточный белок одноклеточных организмов»). По-видимому, было бы неплохо, если бы самым большим достижением использования грибов стало получение ферментов, способных расщеплять целлюлозу до более легко усвояемых веществ [35].

Между тем искусственное выращивание шляпочных грибов будет способствовать увеличению их скромного, но ценного вклада в нашу пищу. Выпускаемый промышленностью мицелий плесневых грибов, благодаря усилиям работников пищевой промышленности развитых стран, несомненно, скоро появится в качестве наполнителя мясных продуктов. Одна фабрика может производить за год столько же белка, сколько все фермерские хозяйства страны, специализирующиеся на выращивании шляпочных грибов. Будет продолжаться обсуждение планов производства кормов для крупного рогатого скота из отходов. Прогресс в этой области, конечно, будет достигнут, но не очень скоро.

ДОПОЛНЕНИЕ (АПРЕЛЬ 1978 г.)

Наиболее важным событием за время, прошедшее с тех пор, как была написана эта статья, является ввод в эксплуатацию крупного завода по производству сухого грибного мицелия (*Paecilomyces variotii*, Рeкiло белок), производительность которого 10 тыс. т/год. В Тампере (Финляндия) была спроектирована фабрика стоимостью 9 млн. американских долларов по производству кормовых добавок на основе жидких сульфитных отходов бумажной фабрики (Jamsankoski pulp mill of United Paper Mills Ltd); изучается возможность использования в качестве субстрата и других субпродуктов углеводной природы.

Непрерывный процесс сбраживания проводится в стерильных условиях, при этом, как было показано в серийных опытах, длящихся до 2000 ч, исключается возможность заражения культуры. Подчеркивается лег-

кость сбора нитчатых грибов по сравнению с дрожжами или бактериями [58]. Полагают, что производство будет рентабельно, если предприятие будет выпускать от 4 до 20 тыс. т продукта в год. Получаемый продукт (который пока появился на рынках только Финляндии) является хорошей кормовой добавкой [54], но вопрос о возможности использования его в пищу остается пока открытым, и потребуются дальнейшее усовершенствование процесса производства и тщательный анализ получаемой продукции.

Не удалось получить никакой информации о положении дел в настоящее время в фирме Рэнк Ховис Мак-Дугалл, развивающей сейчас производство в содружестве с фирмой Дюпон (США). Однако РХМ-группа опубликовала статью о природе азотсодержащих компонентов микроскопических грибов, где подчеркивается опасность подсчета количества «белка» по формуле $N \times 6,25$ [53].

В литературе по-прежнему появляются описания лабораторных и экспериментально-производственных исследований, касающихся размножения микроскопических грибов на тех или иных отходах. Сантос и Гомез [59] подвели итог опытов по производству из маниока корма, являющегося белком одноклеточных организмов, выращиваемых в нестерильных условиях. Эти опыты проводились на экспериментальной фабрике в Колумбии. Вызывает некоторое беспокойство возможная опасность для здоровья, связанная с аспергиллезом.

Развитие исследований, связанных с получением белка одноклеточных грибов, включает поиск мутантных линий, например аспорогенных мутантов. Старон [60] дает весьма детальное описание трудоемкой процедуры, которую необходимо осуществить, чтобы выделить удовлетворительную линию гриба *Trichoderma*.

Хейс и Наир [56] на основании большого числа публикаций написали обзор о культивировании шляпочных грибов. Работа Льюиса [57] посвящена одному из основных вопросов, связанных с производством белка одноклеточных организмов, — энергетическим затратам. Расчеты, представленные Грантом и др. [55], хотя и были сделаны для процессов дрожжевого и бактериального брожения, показывают, что для развития этого производства необходимы значительные капиталовложения.

Производство белка одноклеточных грибов можно увеличить двумя способами. Первый из них связан с разработкой процесса, протекающего в нестерильных условиях и предназначенного для получения белковой кормовой добавки из отходов; в этом случае микроскопические грибы имеют преимущество по сравнению с дрожжами и бактериями благодаря легкости их культивирования и наличию широкого круга субстратов, на которых они развиваются. Но затраты, необходимые для организации производства (особенно в развивающихся странах), велики.

Второй способ заключается в совершенствовании производства, осуществляемого в стерильных условиях на хорошо изученных субстратах. В этом случае продукт, даже если он приемлем по вкусовым и функциональным свойствам, должен пройти ряд испытаний, прежде чем его можно будет использовать в пищу. До сих пор не разработан удовлетворительный способ уменьшения содержания нуклеиновых кислот в получаемом продукте. Все предложенные для этой цели способы обработки приводят к потере до 30% сухого вещества, в состав которого входят и ценные питательные компоненты [61]. Пока еще остается открытым вопрос о том, в каком виде следует включать значительные количества микробного белка в пищу человека — в виде сухих микробных клеток или белковых изолятов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anderson C., Longton J., Maddix C., Scammell G. W., Solomons G. L. 1973. The growth of micro-fungi on carbohydrates. Paper presented at 2nd International Symposium on Single-Cell Protein, Massachusetts Institute of Technology, 29—31 May.
2. Anderson R. F., Jackson R. W. 1958. Essential amino acids in microbial proteins. *Applied Microbiology*, 6, 369—373.
3. Atkins F. C. 1966. Mushroom growing to-day, 5th edition. Faber and Faber, London.
4. Barnes T. G., Eggins H. O. W., Smith E. L., 1972. Preliminary stages in the development of a process for the microbial upgrading of waste paper. *International Biodeterioration Bulletin*, 8, 112—116.
5. Bell G. H. 1972. Yield factors and their significance. *Process Biochemistry*, 7 (4), 22—25, 34.
6. Bergoz R. 1971. Trehalose malabsorption causing intolerance to mushrooms. *Gastroenterology*, 60, 909—912.
7. Bernhauer K., Neithammer A., Rauch J. 1948. Beiträge zur mikrobiologischen Eiweiss- und Fettsynthese. II. Vergleich

- chende Untersuchungen über die Eiweiss- und Fettbildung durch verschiedene Mycelpilze in der Submers-Kultur. *Biochemische Zeitschrift*, **319**, 94—101.
8. Bernhauer K., Rauch J. 1948a. Beiträge zur mikrobiologischen Eiweiss- und Fettsynthese. I. Die grundlegenden Bedingungen für die Eiweiss- und Fettproduktion durch Mycelpilze in der Submers-Kultur. *Biochemische Zeitschrift*, **319**, 77—93.
 9. Bernhauer K., Rauch J. 1948b. Beiträge zur mikrobiologischen Eiweiss- und Fettsynthese. III. Zur Methodik der submersen Mycelzüchtung in der «Rührkultur» und deren Anwendung zur Erzeugung von Fettmycel. *Biochemische Zeitschrift*, **319**, 102—119.
 10. Brian P. W. 1972. The economic value of fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, **58**, 359—375.
 11. Burrows S. 1970. Baker's yeast. In: The yeasts (ed. A. H. Rose and J. S. Harrison), vol. 3, Yeast technology, pp. 349—420. Academic Press, London.
 12. Church B. D., Erickson E. E., Widmer C. M. 1973. Fungal digestion of food processing wastes. *Food Technology (Chicago)*, **27** (2), 36—42.
 13. Fawns H. T. 1943. Food production by microorganisms. I. Protein production. *Food Manufacture*, **18**, 194—198.
 14. Gilbert F. A., Robinson R. F. 1957. Food from fungi. *Economic Botany*, **11**, 126—145.
 15. Gray W. D. 1970. The use of fungi as food and in food processing. The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.
 16. Hastings J. J. H. 1971. Development of the fermentation industries in Great Britain. *Advances in Applied Microbiology*, **14**, 1—45.
 17. Hayes W. A. 1969a. New techniques with mushroom composts. *Span*, **12**, 162—166.
 18. Hayes W. A. 1969b. Mushrooms, microbes and malnutrition. *New Scientist*, **44**, 450—452.
 19. Hesseltine C. W. 1965. A millenium of fungi, food and fermentation. *Mycologia*, **57**, 149—197.
 20. Johnson M. J. 1971. Fermentation—yesterday and tomorrow. *Chemical Technology*, **1**, 338—341.
 21. Just F., Schanbel W., Ullmann S. 1951—1952. Submerse Züchtung von Kohlenwasserstoffehrenden Hefen und Bakterien. II. Die Brauerei (Wissenschaftliche Beilage), **4**, 57—60, 71—75, 100—103; **5**, 8—13.
 22. Kihlberg R. 1972. The microbe as a source of food. *Annual Review of Microbiology*, **26**, 427—466.
 23. Lindner P. 1922. Das Problem der biologischen Fettbildung und Fettgewinnung. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, **35**, 110—114.
 24. Litchfield J. H. 1967. Submerged culture of mushroom mycelium. In: *Microbial technology* (ed. H. J. Peppler), pp. 107—144. Van Nostrand Reinhold, New York.
 25. Litchfield J. H. 1968. The production of fungi. In: Single-cell protein (ed. R. I. Mateles and S. R. Tannenbaum), pp. 309—329. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
 26. MacLennan D. G., Gow J. S., Stringer D. A. 1973. Methanol-bacterium process for SCP. *Process Biochemistry*, **8** (6), 22—24.
 27. Mirocha C. J., Christensen C. M., Nelson G. H. 1971. F-2 (zearalenone) estrogenic mycotoxin from *Fusarium*. In: *Microbial toxins*, vol. VII, Algal and fungal toxins (ed. S. Kadis, A. Ciegler and S. J. Ajl), pp. 107—138. Academic Press, New York.
 28. Nord F. F., Mull R. P. 1945. Recent progress in the biochemistry of *Fusaria*. *Advances in Enzymology*, **5**, 165—205.
 29. Pathak S. G., Seshadri R. 1965. Use of *Penicillium chrysogenum* as animal food. *Applied Microbiology*, **13**, 262—266.
 30. Pederson C. S. 1971. Microbiology of food fermentations. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
 31. Platt B. S. 1964. Biological ennoblement: improvement of the nutritive value of foods and dietary regimes by biological agencies. *Food Technology*, **18**, 662—676.
 32. Pringsheim H., Lichtenstein S. 1920. Versuche zur Anreicherung von Kraftstroh mit Pilzeiweiss. *Cellulosechemie*, **1**, 29—39.
 33. Ramsbottom J. 1953. Mushrooms and toadstools. A study of the activities of fungi. Collins, London.
 34. Reade A. E., Smith R. H., Palmer R. M. 1972. The production of protein for non-ruminant feeding by growing filamentous fungi on barley. *Biochemical Journal*, **127**, 32P.
 35. Reese E. T., Mandels M., Weiss A. H. 1972. Cellulose as a novel energy source. *Advances in Biochemical Engineering*, **2**, 181—200.
 36. Rogers C. J., Coleman E., Spino D. F., Purcell T. C., Scarpino P. V. 1972. Production of fungal protein from cellulose and waste cellulotics. *Environmental Science and Technology*, **6**, 715—719.
 37. Rowley B. I., Bull A. T. 1973. Chemostat for the cultivation of moulds. *Laboratory Practice*, **22**, 286—289.
 38. Scrimshaw N. S. 1973. The future outlook for feeding the human race. The PAG's recommendations Nos. 6 and 7. In: *Proteins from Hydrocarbons* (ed. H. G. de Pontanel), pp. 189—213. Academic Press, London.
 39. Skinner C. S. 1934. The synthesis of aromatic amino acids from inorganic nitrogen by molds and the value of mold proteins in the diet. *Journal of Bacteriology*, **28**, 95—106.
 40. Smith J. 1969. Commercial mushroom production. *Process Biochemistry*, **4** (5), 43—46, 52.
 41. Smith J. 1972. Commercial mushroom production—2. *Process Biochemistry*, **7** (5), 24—26.
 42. Smith J. E., Galbraith J. C. 1971. Biochemical and physiological aspects of differentiation in the fungi. *Advances in Microbial Physiology*, **5**, 45—134.
 43. Solomons G. L. 1974. Food from fungi. Microbiology Group symposium, March 1972. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**, 637—638.
 44. Solomons G. L. 1974. Submerged culture production of mycelial biomass. In: *Industrial utilization of mycelial fungi* (ed. J. E. Smith and D. Bury), Edward Arnold, London. (In press).
 45. Spicer A. 1971. Protein production by microfungi. *Tropical Science*, **13**, 239—250.
 46. Stanton W. R., Wallbridge A. 1969. Fermented food processes. *Process Biochemistry*, **4** (4), 45—51.

47. Thatcher F. S. 1954. Food and feeds from fungi. *Annual Review of Microbiology*, 8, 449—472.
48. Vinson L. J., Cerecedo L. R., Mull R. P., Nord F. F. 1945. The nutritive value of *Fusaria*. *Science*, 101, 388—389.
49. Ward G. E., Lockwood L. B., May O. E., Herrick H. T. 1935. Production of fat from glucose by molds. Cultivation of *Penicillium javanicum* van Beijma in large-scale laboratory apparatus. *Industrial and Engineering Chemistry*, 27, 318—322.
50. Wei Ru-Dong Still P. E., Smalley E. B., Schnoes H. K., Strong F. M. 1973. Isolation and partial characterization of a mycotoxin from *Penicillium roqueforti*. *Applied Microbiology*, 25, 111—114.
51. Wiley A. J. 1954. Food and feed yeast. In: Industrial fermentations (ed. L. A. Underkofler and R. J. Hickey), vol. 1, pp. 307—343. Chemical Publishing Co., New York.
52. Worgan J. T. 1968. Culture of the higher fungi. *Progress in Industrial Microbiology*, 8, 73—139.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

53. Anderson C., Longton J., Maddix C., Scammell G. W., Solomons G. L. 1975. The growth of microfungi on carbohydrates. In: Single Cell Protein II (ed. S. R. Tannenbaum and D. I. C. Wang), pp. 314—329. MIT Press, Cambridge, Mass.
54. Barber R. S., Braude R., Mitchell K. G. 1977. The Value of 'Pekilo Protein' for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 2, 161—169.
55. Grant G. A., Anderson A. W., Han Y. W. 1977. Preliminary cost estimates for commercial fermentation of straw as animal feed. *Biotechnology and Bioengineering*, 19, 1817—1830.
56. Hayes W. A., Nair N. G. 1975. The cultivation of *Agaricus bisporus* and other edible mushrooms. In: The Filamentous Fungi, vol. 1, *Industrial Mycology* (ed. J. E. Smith and D. R. Berry), pp. 212—248. Edward Arnold, London.
57. Lewis C. W. 1976. Energy requirements for single cell protein production. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, 26, 568—575.
58. Romantschuk H., Lehtomaki M. 1978. Operational experiences of first full scale Pekilo SCP-Mill application. *Process Biochemistry*, 13, 16—17, 29.
59. Santos N. J., Gomez G. 1977. Pilot plant for single-cell protein production. In: Cassava as Animal Feed (ed. B. Nestel and M. Graham), pp. 91—94. International Development Research Centre, Ottawa.
60. Staron T. 1977. Les microorganismes producteurs de proteines alimentaires. Recherches sur la production de proteines d'organismes pluricellulaires (P. O. P.) *Industries alimentaires et agricoles*, 94, 979—988.
61. Trevelyan W. E. 1977. Induction of autolytic breakdown of RNA in yeast by addition of ethanol and by drying/rehydration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 579—588.

23. ВЫРАЩИВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ НА УГЛЕВОДОРОДАХ

С. А. Шэклэди

Промышленное производство дрожжей путем сбраживания определенных углеводов осуществляется в настоящее время в Великобритании и Франции. Полученные дрожжи относят к классу продуктов, объединенных несколько неточным термином «белки одноклеточных». В противоположность некоторым другим относящимся к этому классу продуктам дрожжи не предназначены для непосредственного потребления человеком, а используются в настоящее время в виде добавок к кормам.

Тем не менее практическое производство дрожжей оказывает косвенное влияние на питание человека, которое осуществляется двояким образом. Во-первых, оно может способствовать возникновению и развитию промышленного животноводства в тех районах, где в настоящее время оно находится в зачаточном состоянии или отсутствует вовсе. Во-вторых, использование дрожжей на корм скоту высвобождает некоторое количество таких продуктов, как семена масличных культур и рыба, для прямого потребления человеком.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Эти процессы были детально описаны Беннетом и др. [2, 3]. Кратко они состоят в следующем. Для производства дрожжей можно использовать два различных вида исходного сырья: смесь чистых неразветвленных алканов (*n*-парафинов) и среднюю фракцию продуктов перегонки нефти, кипящих при температуре 280—400° С. Чистота *n*-алканов должна соответствовать требованиям, предъявляемым к минеральному маслу пищевого сорта, установленным циркуляром 1211146 Министерства сельского хозяйства США, или удовлетворять требованиям, официально утвержденным ФАО/ВОЗ. Кроме того, *n*-парафины должны содержать меньше 1 мкг/кг каждого из следующих полициклических ароматических соединений: 3,4-бензпирена, дибенз[*a, h*]антрацена, бенз[*g, h, i*]перилена в 3-метилхолантрена. Такие парафины получают при использовании молекулярных сит с последующим применением какой-либо окончательной очистки.

Оба процесса осуществляются в непрерывном режиме. Это новая черта в технологии брожения, поскольку до сих пор производство дрожжей на более распространенных углеводсодержащих субстратах было периодическим процессом.

Степень чистоты *n*-парафинов настолько высока, что после брожения дрожжи необходимо только сконцентрировать центрифугированием, промыть и высушить. При этом в дрожжах остается незначительное количество углеводов (менее 0,5%) и отсутствуют токсические вещества, поэтому не должно быть никаких осложнений, связанных с чистотой кормового продукта.

Если в качестве субстрата используется средняя фракция продуктов перегонки нефти, то для своего роста микроорганизмы потребляют только ту часть смеси углеводов, которая состоит из *n*-парафинов. Остающиеся углеводороды должны быть удалены центрифугированием, отмыванием и, наконец, экстракцией растворителями. Как мы уже видели, последняя процедура не нужна при использовании *n*-парафинов.

ПОЛУЧАЕМЫЙ ПРОДУКТ

В случае использования любого углеводорода получают окрашенный в кремовый цвет порошок без запаха и фактически без вкуса. Типичный состав получаемого промышленным путем материала представлен в таблице 23.1.

Таблица 23.1. Состав дрожжей, выращенных на углеводородах

Компонент	Содержание, % от сухого вещества	
	дрожжи, выращенные на <i>n</i> -парафинах	дрожжи, выращенные на средней фракции продуктов перегонки нефти
Влажность	4—7	4—7
Сырой белок (N×6,25)	60	68
Общее содержание липидов после кислотного гидролиза	10	1,5—2,5
Фосфор	1,6	1,5
Кальций	0,01	0,3
Переваримость пепсином, %	>80	>80

Можно видеть, что в результате обработки растворителями в дрожжах, выращенных на средней фракции продуктов перегонки нефти, уменьшается содержание липидов и за счет этого возрастает относительная доля белка.

В таблице 23.2 представлены усредненные данные о содержании аминокислот в этих дрожжах и для сравнения даны аналогичные показатели для соевого шрота и рыбной муки.

Таблица 23.2. Аминокислотный состав дрожжей, рыбной муки и соевого шрота, г/16 г N

Аминокислота	Дрожжи, выращенные на <i>n</i> -парафинах	Дрожжи, выращенные на средней фракции продуктов перегонки нефти	Рыбная мука	Соевый шрот
Изолейцин	5,1	5,3	4,6	5,4
Лейцин	7,4	7,8	7,3	7,7
Фенилаланин	4,3	4,8	4,0	5,1
Тирозин	3,6	4,0	2,9	2,7
Треонин	4,9	5,4	4,2	4,0
Триптофан	1,4	1,3	1,2	1,5
Валин	5,9	5,8	5,2	5,0
Аргинин	5,1	5,0	5,0	7,7
Гистидин	2,1	2,1	2,3	2,4
Лизин	7,4	7,8	7,0	6,5
Цистин	1,1	0,9	1,0	1,4
Метонин	1,8	1,6	2,6	1,4
Серосодержащие аминокислоты в целом	2,9	2,5	3,6	2,8

БЕЗВРЕДНОСТЬ ДРОЖЖЕЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА УГЛЕВОДОРОДАХ

Продукты, которые сами по себе являются новыми или получаются в результате применения новой технологии, не могут считаться безвредными для потребителя. Прежде чем их начнут широко использовать, необходимо убедиться, что в них отсутствуют токсичные вещества. Исследовательская программа по изучению дрожжей в которой участвовал автор, осуществлялась в сотрудничестве с Центральным институтом питания и пищевых

Таблица 233. Краткое изложение токсикологических экспериментов с дрожжами, выращенными на углеводородах, проведенных Центральным институтом питания и пищевых исследований

Тип эксперимента	Время наблюдения	Животное	Уровень содержания дрожжей в рационах, %	Гистопатологические изменения	Результат
1. Острый токсикоз	6 недель	Крысы	40	Нет. Только изменения органов	Различий между контрольными и опытными группами не найдено
2. Субхроническая токсичность	90 дней	Крысы	10, 20, 30	Есть	Изменений, обусловленных токсичностью, не выявлено
3. Хроническая токсичность	2 года	Крысы	10, 20, 30	Есть	То же
4. Канцерогенность	2 года	Крысы	10, 20, 30	Есть	То же, канцерогенное действие не обнаружено
5. Канцерогенность	Полтора года	Мыши	10, 20, 30	Есть	То же, канцерогенное действие не обнаружено
6. Исследование последовательных поколений	15 поколений и больше	Крысы	10, 20, 30	Есть	Врожденные уродства, мутagenное или иное нежелательное влияние на процесс размножения не выявлены

7. Исследование последовательных поколений	23 поколения и больше	Немой перепел	10, 20, 30	Нет	Влияние на размножение, плодовитость и физическое развитие не обнаружено
8. Изучение врожденных уродств	Период беременности	Крысы	10, 20, 30	Ненормальности в развитии скелета	Врожденных уродств не найдено
9. Изучение мутагенности	Кормление самцов в течение 5 дней	Крысы	60	Ненормальности в развитии скелета	Мутагенное действие не обнаружено
10. Токсичность, образующаяся в продуктах, полученных от свиней и домашней птицы, в корм которым добавляли дрожжи, выращенные на алканах	Различное	Крысы	Различное	Изменения органов	Никаких различий в действии продуктов, полученных от тех же животных, содержащихся на бездрожжевом рационе, не найдено
11. Сенсибилизирующие инъецины: а) внутрикожная б) кожная проба (скарифицирование)	Кормление в течение 2 недель	Крысы, морские свиньи, обезьяны	10	—	Никакой сенсибилизации не обнаружено ни у одного из видов

* Использованы лишь дрожжи, выращенные на чистых н-алканах.

исследований в Зейсте в Нидерландах. Эта программа, начатая с изучения острого токсикоза в 1964 г., в основных чертах совпадала с программой, рекомендованной позже Консультативной группой по белку (PAG) ФАО/ВОЗ/ЮНИСЕФ, и впервые опубликована в 1970 г. как Руководство № 6 Консультативной группы по белку. Краткое изложение полученных результатов представлено в таблице 23.3.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ДРОЖЖЕЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА УГЛЕВОДОРОДАХ

После того как с помощью токсикологических экспериментов было доказано, что дрожжи безвредны для животных, в октябре 1965 г. в Институте сельскохозяйственных исследований, входящем в организацию «Биохимические продукты» (ILOB), в Вагенингене в Нидерландах была начата серия опытов по кормлению дрожжами домашней птицы, свиней и позднее телят. Было выращено шесть последовательных поколений домашней птицы и свиней, наблюдение за размножением которых продолжается. Кроме того, результаты различных краткосрочных и более продолжительных экспериментов были опубликованы в ряде статей в научных журналах и доложены на конференциях, состоявшихся в различных странах мира [4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18]. Недавно ученые, работающие в исследовательских учреждениях Великобритании, Франции, ФРГ, Бельгии и Италии, опубликовали результаты своих работ с этими дрожжами, которые полностью согласуются с результатом, полученным в Вагенингене.

Основная цель выращивания дрожжей — полностью или частично заменить рыбную муку и (или) соевый шрот в рационах, составленных для свиней и домашней птицы. В жидком корме телят ими была заменена часть сухого обезжиренного молока.

Ван Верден определил, что обменная энергия дрожжей, выращенных на *n*-парафинах и на средней фракции продуктов перегонки нефти, при скормливании их 3- и 5-недельным цыплятам составляет 12,8 и 10,7 МДж/кг соответственно, а для свиней с живой массой 35 и 60 кг — 16,4 и 14,7 МДж/кг. Это совпадает с результатами, полученными Шэнноном и Мак-Набом [14] и Льюисом и Борманом [5].

Эксперименты с домашней птицей

При замене 10 и 20% рыбной и соевой муки в рационах кур-несушек дрожжами, выращенными на средней фракции продуктов перегонки нефти, средняя яйценоскость на протяжении 52 недель в каждом из трех поколений была следующей: контроль 1 (без дрожжей) — 59,2%; 10% дрожжей — 59,4%; контроль 2 (без дрожжей) — 55,9%; 20% дрожжей — 58,6%.

В эксперименте с несушками четвертого поколения уровень общего белка в рационе был самый низкий. В качестве компонента с высоким содержанием белка в рацион вносили только дрожжи, выращенные на углеводородах и парафинах. Результаты экспериментов, длившихся 52 недели, были следующими: контроль — 54,7%; 13%-ная добавка дрожжей, выращенных на парафинах, — 56,1%; 12%-ная добавка дрожжей, выращенных на средней фракции продуктов перегонки нефти, — 54,9%.

Шэннон и Мак-Наб [13] опубликовали результаты опытов по замене источников белка дрожжами. Ее осуществляли в два этапа: сначала соевую муку, а затем всю соевую и рыбную муку в рационе бройлеров заменяли дрожжами, полученными на парафинах. Общее содержание дрожжей в рационе составляло 5, 10 и 20%. Результаты этих опытов суммированы в таблице 23.4.

Таблица 23.4. Влияние дрожжей, выращенных на *n*-парафинах, на прирост домашней птицы

Корм	Прирост массы, г	Расход корма, кг на 1 кг прироста живой массы (4—8 недель)
Контроль (соевая и рыбная мука)	1043	2,68
5% дрожжей	1079	2,69
10% дрожжей	1043	2,58
20% дрожжей	1081	2,46

Эксперименты со свиньями

В экспериментах ILOB, до четвертого поколения численность контрольной группы животных составляла 1353 (133 опороса), а опытной группы животных, находившихся на рационе с 10%-ной добавкой дрожжей, выра-

щенных на средней фракции продуктов перегонки нефти, — 1214 (119 опоросов).

Среднее количество поросят в гнезде в контрольной группе было 10,17, а в опытной — 10,20. Средняя масса новорожденных поросят составляла соответственно 1315 и 1244 г.

До достижения живой массы, равной приблизительно 25 кг, свиньи находились на рационе без дрожжей или с добавкой 15% дрожжей, выращенных на средней фракции продуктов перегонки нефти. В течение этого периода ежедневный прирост массы в контрольной группе был равен 370 г, а в опытной — 361 г. От начала откорма до достижения убойной массы (110 кг) животные опытной группы получали в рационе 0; 7,5 и 15% дрожжей, выращенных на средней фракции продуктов перегонки нефти, их прирост составлял в среднем 665, 678 и 689 г/день при оплате корма 3,1; 3,04 и 2,99, соответственно.

По данным Барбера и др. [1], при замене в рационах свиней белой рыбной муки на дрожжи, выращенные на *n*-парафинах, отмечалось незначительное увеличение прироста живой массы и эффективности использования корма.

Телята

При кормлении телят жидким кормом приблизительно 20% сухого обезжиренного молока заменяли 10% дрожжей, выращенных на углеводородах, и 10% сухой сыворотки.

Таблица 23.5. Влияние дрожжей, выращенных на *n*-парафинах, на прирост живой массы телят

Рацион	Прирост живой массы, кг	кг корма/кг прироста живой массы
Контроль (0—14 недель)	110,5	1,55
10% дрожжей (0—14 недель)	109,0	1,57
10% дрожжей (0—14 недель)	109,3	1,59

В таблице 23.5 представлены результаты типичного эксперимента, проведенного в рамках ILOV, с двумя промышленными образцами дрожжей, полученных на *n*-парафинах.

Другие виды домашнего скота

Многообещающие результаты были получены при использовании дрожжей, выращенных на углеводородах, в кормлении овец, кроликов и особенно рыбы, хотя до настоящего времени вопрос изучен не так подробно, как это сделано в отношении свиней, домашней птицы и телят. Из этого следует, что, по-видимому, нет таких видов домашних животных, для кормления которых эти дрожжи были бы непригодны.

Выводы и заключение

Результаты обширных токсикологических экспериментов и опытов по кормлению животных дрожжами, полученными с помощью описанных в данной главе методов, без сомнения продемонстрировали их безвредность и питательную ценность. Однако нужно подчеркнуть, что кормовые продукты, полученные другими способами, необходимо подвергать аналогичным испытаниям, чтобы убедиться в их безвредности и питательной ценности, прежде чем их начнут широко применять для кормления животных.

Из всего вышесказанного очевидно, что промышленное производство дрожжей на углеводородах будет рентабельно только при наличии широкого и хорошо организованного рынка сбыта, на котором будет поддерживаться стабильный спрос на эти корма. Более того, оно требует больших капитальных вложений, но не нуждается в большом количестве рабочей силы. Промышленное производство дрожжей не может быть приемлемо для всех стран. Достоинства дрожжей, выращенных на углеводородах, заключаются в следующем:

1) их можно производить там, где они нужны, и тем самым избежать накладных расходов на ввозимые товары;

2) они обладают более постоянным составом, чем большинство продуктов, получаемых обычными сельскохозяйственными методами;

3) их можно хранить длительное время;

4) можно ожидать, что цены на них будут более стабильны, чем на другие сельскохозяйственные продукты;

5) производство дрожжей не подвержено влиянию климатических условий, таких, как засуха, наводнение;

6) их питательная ценность не ниже, чем аналогичных продуктов, полученных из обычных сельскохозяйственных культур;

7) они не требуют земли или других средств, необходимых для проведения сельскохозяйственных работ.

Эти дрожжи не заменяют полностью другие сельскохозяйственные продукты, они дополняют их и увеличивают фонд кормовых ресурсов, с помощью которых можно увеличить поголовье и улучшить качество домашнего скота, что будет полезно для всех.

Разрешение на публикацию этой статьи выдано Британским нефтяным акционерным обществом (British Petroleum Company Limited).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barber R. S., Braude R., Mitchell K. G., Myers A. W. 1971. *British Journal of Nutrition*, 25, 285—294.
2. Bennett I. C., Hondermarck J. C., Todd J. R. 1969. *Hydrocarbon Processing*, March 1969.
3. Bennett I. C., Yeo A. A., Gosling J. A. 1971. *Chemical Engineering*, 27 Dec. 1971, 45—47.
4. Gatmel E., Shacklady C. A. 1972. In: *Proceedings of the 2nd World Congress on Animal Feeding*, pp. 417—446.
5. Lewis D., Boorman N. 1971. Paper given at *Proceedings of the Xth International Congress on Animal Production*, Versailles.
6. P. A. G. 1970. Protein Advisory Group Guideline No. 6. United Nations Organization, New York.
7. Shacklady C. A. 1968. *Proceedings of the Nutrition Society*, 28, 91—97.
8. Shasklady C. A. 1969a. *Biotechnology and Bioengineering Symposium*, 1, 77—97.
9. Shacklady C. A. 1969b. *Voeding*, 30, 574—579.
10. Shacklady C. A. 1970. In: *Proceedings of the 3rd International Congress on Food Science and Technology*, pp. 743—747.
11. Shacklady C. A. 1972. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 14, 154—179.
12. Shacklady C. A., van der Wal P. 1968. Paper given at 2nd World Conference on Animal Production, Maryland.
13. Shannon D. W. F., McNab J. M. 1972. *British Poultry Science*, 13, 267—272.
14. Shannon D. W. F., McNab J. M. 1973. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 27—34.
15. van Weerden E. J., Shacklady C. A., van der Wal P. 1969. Paper given at 8th International Congress of Nutrition, Prague.
16. van Weerden E. J., Shacklady C. A., van der Wal P. 1970. *British Poultry Science*, 11, 189—195.
17. van Weerden E. J., Shacklady C. A., van der Wal P., Schutte J. B. 1972. *Archiv für Geflügelkunde*.
18. Walker T. 1972. *Nutrition and Food Science*, April 1972.

24. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В СОСТАВЕ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ НА ОБРАЗОВАНИЕ ИМИ БЕЛКА *

С. Л. Куни, С. Р. Тэнненбаум

Аргументы в пользу производства микробных клеток как источника белка и других питательных веществ основаны главным образом на ожидаемой экономии и предполагаемом масштабе производства, если сравнивать его с такими источниками белка, как рыбная мука, шрот семян масличных культур, белковые концентраты листьев и т. д. В статьях и книгах о белках одноклеточных организмов рассматриваются многочисленные и сложные факторы, влияющие на окончательный выбор организма или субстрата, такие, как безопасность, питательная ценность, вкусовые качества, стоимость субстратов, тип процесса, факторы, влияющие на продуктивность, энергетические затраты (нагревание, охлаждение и т. д.), местонахождение фабрики [9]. В данной главе будут рассмотрены определенные факторы, влияющие на питательную ценность бактерий и дрожжей, в особенности связанные с составом клеток и его изменением.

Структура бактерий и дрожжей сложна. Азот входит в состав многих химических соединений, включая белки, аминокислоты, пептиды, нуклеиновые кислоты, аминоксахара. В таблице 24.1 показана локализация веществ в клеточных фракциях. Некоторые аминокислоты клетки могут содержаться в их оболочках, соединяться пептидными и непептидными связями и проявлять большую устойчивость к гидролитическому действию пищеварительных ферментов млекопитающих, чем белки растительного или животного происхождения. Аминокислотный состав некоторых клеточных фракций, например оболочки клеток, намного проще, чем обычных белков. Типичный состав оболочки клеток на примере *L. casei* [7] приведен в таблице 24.2.

Отделение клеточной оболочки от остального содержимого клеток может оказывать некоторое влияние на питательную ценность белков клетки, но полагают, что

* Публикация № 2319 Department of Nutrition and Food Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139.

Таблица 24.1. Распределение химических соединений в микробных клетках

Клеточная фракция	Основные вещества
Капсула	Комплекс полисахаридов, полипептиды
Оболочка клетки	Липосахариды, полипептиды, аминоксахара
Цитоплазма:	
цитоплазматическая мембрана	Липопротенины, РНК
рибосомальная фракция	Белок, РНК
ядерные тельца	Белок, РНК, ДНК
митохондрии	Липиды, белок
клеточный сок	Липиды, белки, полисахариды, небольшие органические молекулы

Таблица 24.2. Аминокислотный состав изолированных клеточных оболочек *Lactobacillus casei* [7]

Аминокислота	г/100 г клеточной оболочки	Аминокислота	г/100 г клеточной оболочки
Аргинин	—	Валин	1,4
Гистидин	—	Аспарагиновая кислота	3,1
Лизин	2,3	Глутаминовая кислота	7,2
Лейцин	1,4	Серин	0,6
Изолейцин	1,4	Пролин	—
Метионин	—	Глицин	1,0
Фенилаланин	—	Аланин	8,4
Тирозин	—	Диаминопимелиновая кислота	6,7

В целом влияние этой процедуры будет незначительным [11]. По-видимому, в клеточной оболочке дрожжей и грамположительных бактерий отсутствуют серосодержащие и ароматические аминокислоты.

Вероятно, лучшим показателем общей питательной ценности клеток микроорганизмов для животных и человека является содержание в них незаменимых аминокислот. В этом отношении микроорганизмы являются не таким богатым источником высококачественного белка, как мышечная ткань животных, и у большинства видов микроорганизмов наблюдается недостаток серосодержа-

Таблица 24.3. Среднее содержание аминокислот в 11 образцах микроорганизмов и среднее квадратичное отклонение [8]

Аминокислота	Общее содержание незаменимых аминокислот, %	Среднее квадратичное отклонение
Гистидин	7,22	1,05
Аргинин	11,18	0,36
Лизин	15,31	1,01
Лейцин	16,57	0,53
Изолейцин	11,34	0,57
Валин	11,85	0,37
Метионин	3,81	0,31
Треонин	10,23	0,33
Фенилаланин	9,43	0,67

Таблица 24.4. Содержание незаменимых аминокислот в 11 образцах микроорганизмов [8]

Образец	Содержание (на сухое вещество)	
	незаменимые аминокислоты	азот
Бактерии		
<i>Staphylococcus aureus</i>	21,6	10,75
<i>Escherichia coli</i>	33,1	13,19
<i>Bacillus subtilis</i>	23,8	10,07
Дрожжи		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (в среднем)	17,1—23,8	5,9—8,2
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	23,1	8,94
Дрожжи торула	29,5	8,35
Дрожжи торула	24,4	7,47
Плесневые грибы		
<i>Aspergillus niger</i>	9,2	5,21
<i>Penicillium notatum</i>	12,8	6,13
<i>Rhizopus nigricans</i>	9,6	5,80
Шляпочные грибы		
<i>Tricholoma nudum</i>	20,8	8,64
Образцы немикробного происхождения		
Мышцы животных (в среднем)	48,1	15,4
Рыбная мука (в среднем)	32,1	9,8
Мука из люцерны	6,9	2,72

щих аминокислот. Джонсон [8] сравнил содержание незаменимых аминокислот в разных микроорганизмах. Результаты его исследований представлены в таблицах 24.3 и 24.4. В таблице 24.3 приведена выборка данных по содержанию незаменимых аминокислот. Все аминокислоты, за исключением лизина и гистидина, имеют довольно ограниченный диапазон колебания концентраций в этих образцах микроорганизмов. Как можно видеть из данных, представленных в таблице 24.4, различия между бактериями и дрожжами невелики.

ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ

Питательная ценность клеточного белка определяется его аминокислотным составом. Однако, если целые клетки или белковые изоляты предназначены для питания людей, нужно уменьшить содержание в них нуклеиновых кислот, так как человек может усваивать их в ограниченном количестве [14]. Из предшествующего обсуждения и литературных данных [3, 6, 10] следует, что макромолекулярный состав клеток микроорганизмов варьирует и зависит от скорости роста и температуры, при которой он происходит.

При обсуждении данного вопроса следует отметить, что важной характеристикой клеток служит количество в них белка и РНК в процентах от сухого вещества клетки и отношение белка к РНК. Концентрация белка в расчете на клетку зависит от вида микроорганизма, но для данного организма весьма постоянна при разнообразных условиях окружающей среды. Если содержание белка выражать в процентах от сухого вещества клетки, то можно обнаружить, что оно меняется и обратно пропорционально концентрации других клеточных компонентов. Однако поскольку большая часть РНК используется для синтеза белков, то отношение белок/РНК пропорционально скорости роста клетки. Встает важный вопрос, имеющий отношение к производству белка одноклеточными: в какой степени мы можем контролировать и изменять клеточный состав, для того чтобы добиться оптимальной концентрации белков и оптимального отношения белок/РНК? В ранее выполненных работах с бактериями [12] и дрожжами [3] было показано, что концентрация белка очень мало зависит от

скорости роста и температуры, тогда как отношение белок/РНК уменьшается при увеличении скорости роста и понижении температуры. По данным Темпеста и Дика [12], макромолекулярный состав зависит от природы питательных веществ, ограничивающих рост клеток, культивируемых в хемостате.

Несмотря на то, что уже в 1967 г. было ясно, что состав клетки можно регулировать, контролируя условия среды, во всех этих исследованиях, проводившихся с непрерывно растущей культурой, чтобы ограничить рост, создавали недостаток какого-либо одного необходимого клеткам вещества на фоне избытка всех остальных. Возникает вопрос: нельзя ли еще в большей степени контролировать состав клеток, создавая дефицит сразу двух питательных веществ?

Основываясь на доступной информации, Куни [4] выдвинул гипотезу, что недостаток углерода будет лимитировать снабжение клеток энергией или атомами углерода, необходимыми для биосинтеза углеродного скелета молекул, дефицит азота или сульфатов должен уменьшать количество синтезируемых молекул белков, а нехватка фосфата, калия или магния будет ограничивать образование нуклеиновых кислот. Эта гипотеза была принята за основу при выборе различных пар веществ, ограничивающих рост клеток. При таком подходе можно было попытаться избирательно контролировать синтез различных клеточных компонентов. Используя в качестве модели для этих экспериментов *Aerobacter aerogenes*, Куни и Мэйтлес [5] изучили пределы, в которых можно было изменять клеточный состав с помощью дефицита двух питательных веществ. Результаты исследований, проведенных с ограничением содержания углерода и (или) азота и азота и (или) фосфатов, показали, что содержание белка в бактериях может варьировать от 52 до 72%, а РНК — от 10 до 25%. Отношение белок/РНК при данной скорости роста в хемостатах, где создавался недостаток углерода и (или) азота, было, однако, одинаковым, несмотря на различие в абсолютных концентрациях этих веществ. С другой стороны, отношение белок/РНК при недостатке фосфатов значительно увеличивалось, достигая 40% при самой низкой удельной скорости роста ($0,25 \text{ часа}^{-1}$). Различия между скоростями роста, наблюдавшимися при недостатке фосфатов и других питательных элементов, полностью исчезали, как только

скорость роста достигала 75%-ного уровня от максимального значения. Эти результаты согласуются с гипотезой о том, что недостаток фосфатов приводит к снижению синтеза нуклеиновых кислот, но не оказывает лимитирующего влияния на синтез белка. В таблице 24.5 показано, как влияет недостаток в среде углерода, азота или фосфора на состав клеток. Когда в среде создавали недостаток сразу двух питательных веществ, данные, характеризующие химический состав клеток, располагались между приведенными в таблице крайними величинами (см. [4]). Таким образом, клеточный состав, по-видимому, постоянно варьирует в пределах крайних значений.

Таблица 24.5. Макромолекулярный состав *A. aerogenes*, выращенных в хемостатах в условиях недостатка углерода, азота и фосфора

	Количество вводимой глюкозы 500 мг/л			Количество вводимого аммиака 40 мг/л			Количество вводимого фосфора 7,7 мг/л		
Скорость разведения культуры, час ⁻¹	0,22	0,45	0,77	0,24	0,50	0,75	0,25	0,50	0,70
Белок, %	69,3	63,6	72	52,8	52,4	58,0	72,0	67,0	55,5
РНК, %	13,3	18,2	24,9	10,5	17,0	20,9	10,2	17,1	19,2
ДНК, %	5,8	5,1	1,9	4,5	1,7	2,5	3,6	3,5	1,7
Углеводы, %	5,0	6,5	8,7	19,1	9,7	9,5	16,9	6,3	5,7
Белок	5,3	3,5	2,9	5,0	3,1	2,8	7,1	3,9	2,9
РНК									
Белок/РНК × скорость разведения	1,2	1,6	2,2	1,2	1,6	2,1	1,8	1,9	2,0

Располагая теперь данными о влиянии состава среды на содержание белка в клетках микроорганизмов, можно рассмотреть вопрос о качестве белка. Имеющиеся в литературе сведения о влиянии условий окружающей среды на аминокислотный состав микроорганизмов ограничены, и их трудно интерпретировать в основном потому, что исследователи обычно использовали препараты целых клеток, содержащие свободные аминокислоты и пептиды, а известно, что пул аминокислот варьирует в зависимости от состава питательной среды [13]. В процессе выделения белка одноклеточных организмов эти

имеющие небольшой молекулярный вес компоненты могут теряться, и, следовательно, данные об аминокислотном составе, в которые включены сведения о свободных аминокислотах, могут не отражать истинного качества конечного продукта.

Недавно Элрой и Тэнненбаум [2] изучили пределы, в которых можно воздействовать на аминокислотный состав микроорганизмов, контролируя условия роста. В этой работе исследовали влияние температуры (15—37,5° С), рН (3,0—7,5), удельной скорости роста (0,06—0,42 часа⁻¹) и источника азота (NH₄⁺ и NO₃⁻) на аминокислотный состав клеток дрожжей *Candida utilis*, выращиваемых в хемостате. Для удаления компонентов с небольшим молекулярным весом клетки экстрагировали горячей трихлоруксусной кислотой.

Результаты этих исследований показали, что, в то время как состав целых неэкстрагированных клеток сильно варьирует (например, в диапазоне данных скоростей роста содержание аргинина удваивается), состав экстрагированных клеток меняется незначительно. Как видно из данных [1], представленных в таблице 24.6, при увеличении удельной скорости роста с 0,06 до 0,42 часа⁻¹ наиболее сильно изменяется содержание лизина и аргинина (возрастает на 12 и 10% соответственно), а количество серина уменьшается на 24%. Эти изменения согласуются со следующим фактом: белки рибосом содержат относительно много лизина и аргинина, но мало серина, и содержание рибосом в клетках возрастает при увеличении скорости роста. Сходные результаты были получены Элроем [1] в опытах с бактерией *A. aerogenes*. Так как температура выращивания влияет на отношение белок/РНК, аминокислотный состав при изменении температуры также варьирует.

При увеличении температуры отношение белок/нуклеиновая кислота возрастает за счет уменьшения количества РНК. Интересно отметить, что если данные о клеточном составе представлять на графике в виде функции отношения скорости роста к максимальной скорости роста при данной температуре, то они будут лежать на одной кривой. Это позволяет предсказывать клеточный состав как по скорости роста, так и по температуре. Интересно исследовать эту проблему математически и на основе экспериментально определенных различий в содержании аминокислот определить, в каких пределах

Таблица 24.6. Аминокислотный состав (молярный % от общего содержания аминокислот) *C. utilis* при различных скоростях разведения (источник азота — NH_4^+ ; $D_m^* = 0,45 \text{ часа}^{-1}$, pH=5,9, температура 30° C)

$D^{**} \text{ час}^{-1}$ D/D_m Число анализов	0,06 0,13 2	0,12 0,26 2	0,23 0,51 2	0,35 0,78 2
Лизин	5,76±0,49	5,79±0,18	6,89±0,20	7,28±0,62
Гистидин	1,48±0,09	1,60±0,05	1,73±0,13	1,67±0,16
Аргинин	3,33±0,31	3,85±0,13	5,03±0,18	6,10±0,64
Аспарагино- вая кислота	8,91±0,18	8,61±0,19	8,37±0,24	9,03±0,77
Треонин	6,78±0,06	7,15±0,19	6,80±0,18	6,73±0,49
Серин	7,75±0,14	7,30±0,02	7,36±0,24	6,86±0,52
Глутаминовая кислота	20,35±0,00	18,77±0,01	19,30±0,13	18,78±0,87
Пролин	7,17±1,0	3,70±0,19	3,38±0,05	3,72±0,01
Глицин	7,80±0,15	7,43±0,54	7,65±0,05	7,58±0,20
Аланин	9,25±0,19	10,49±0,46	9,44±0,04	9,20±0,34
Валин	6,25±0,23	6,33±0,21	6,20±0,23	6,14±0,59
Цистенин	0,79±0,86	1,07±0,11	0,80±0,71	0,66±0,71
Метионин	0,76±0,09	0,91±0,01	0,80±0,18	0,73±0,25
Изолейцин	4,25±0,06	4,27±0,06	4,14±0,03	3,97±0,41
Лейцин	6,59±0,11	6,75±0,20	6,47±0,06	6,25±0,75
Тирозин	2,63±0,06	2,78±0,11	2,61±0,06	2,45±0,46
Фенилаланин	3,12±0,06	3,17±0,08	3,01±0,06	2,82±0,40

* D_m — максимальная скорость разведения.

** D — равновесное состояние скорости разведения в непрерывной культуре.

можно изменить аминокислотный состав клеток. По соотношению аминокислоты в данном виде белка и в общем клеточном белке можно рассчитать, при какой концентрации этого вида белка существенно изменится общая концентрация данной аминокислоты в клетке. Такой теоретический анализ показывает, что, для того чтобы изменить содержание какой-либо аминокислоты, необходимо резко активировать или лимитировать синтез тех белков, в которых много данной аминокислоты. Это полностью согласуется с экспериментально полученными результатами, свидетельствующими о том, что содержание отдельных аминокислот остается относительно неизменным, за исключением тех случаев, когда существенно изменяется концентрация специфического

класса белков, например рибосомных, которые содержат много лизина и аргинина.

Таким образом, изучение влияния условий выращивания на макромолекулярный состав клеток и содержание в них аминокислот позволило определить, в каких пределах можно изменять эти показатели качества белка одноклеточных организмов посредством контроля условий среды.

Показано, что отношение белок/РНК является, за одним исключением, уникальной функцией отношения скорости роста к максимально возможной скорости роста. Эта зависимость нарушается только в одном случае, когда скорость роста клеток составляет меньше 75% от максимальной скорости при условии недостатка фосфата, что, как предполагают, лимитирует синтез нуклеиновых кислот. Несмотря на то, что пределы, в которых удается изменять содержание аминокислот посредством контроля условий окружающей среды, ограничены, несомненно, что эти изменения происходят и что полученные результаты согласуются с теоретически предсказуемыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alroy Y. 1971. Variations in macromolecular and amino acid composition of microorganisms with environmental conditions. PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
2. Alroy Y., Tannenbaum S. R. 1973. The influence of environmental conditions on the macromolecular composition of *Candida utilis*. *Biotechnology and Bioengineering*, 15, 239—256.
3. Brown C. M., Rose A. H. 1969. Effects of temperature on composition and cell volume of *Candida utilis*. *Journal of Bacteriology*, 97, 261—272.
4. Cooney C. L. 1970. Double nutritional deficiencies in continuous microbial culture. PhD Thesis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
5. Cooney C. L., Mateles R. I. 1971. Fermentation kinetics. Recent advances in microbiology. International congress for microbiology. Mexico City, pp. 441—449.
6. Herbert D. 1961. The chemical composition of microorganisms as a function of their environment. In: Microbial reaction to environment (ed. G. G. Meynell and H. Gooder). *Symposia of the Society for General Microbiology*, 11, 391—416. Cambridge University Press, London.
7. Ikawa M., Snell E. E. 1956. *Biochimica et Biophysica Acta*, 19, 576.
8. Johnson M. 1967. Growth of microbial cells on hydrocarbons. *Science*, 155, 1515.

9. Mateles R. I., Tannenbaum S. R. (eds) 1968. Single-cell protein. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
10. Sykes J., Tempest D. W. 1965. The effect of magnesium and of carbon limitation on the macromolecular organization and metabolic activity of *Pseudomonas* sp., strain C-1B. *Biochimica et Biophysica Acta*, 103, 93—108.
11. Tannenbaum S. R., Miller S. A. 1967. Effect of cell fragmentation on nutritive value of *Bacillus megaterium*. *Nature*, London, 214, 1261.
12. Tempest D. W., Dicks J. W. 1967. Interrelationships between potassium, magnesium, phosphorus and ribonucleic acid in the growth of *Aerobacter aerogenes* in a chemostat. In: Microbial physiology and continuous culture (ed. E. O. Powell et al.). Her Majesty's Stationery Office, London.
13. Tempest D. W., Meers J. I., Brown C. M. 1970. Influence of environment on the content and composition of microbial free amino acid pools. *Journal of General Microbiology*, 64, 171—185.
14. Waslien C. I., Calloway D. H., Margen S., Costa F. 1970. Uric acid levels in men fed algae and yeast as protein sources. *Journal of Food Science*, 35, 294—298.

ПОТРЕБЛЕНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ПИЩИ

25. СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА, БЕЗВРЕДНОСТЬ И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

Ф. Эйворд

Основным аргументом в пользу введения нормативов на пищевые продукты является или должна быть охрана интересов потребителя или покупателя, но вполне закономерно, что есть и дополнительные доводы, например содействие международной торговле. Под охраной интересов потребителя имеется в виду достижение следующих взаимосвязанных целей: 1) предотвращение обмана потребителя; 2) охрана здоровья путем осуществления микробиологического и санитарного контроля; 3) охрана здоровья путем устранения из продуктов токсичных веществ; 4) сохранение питательной ценности.

По-видимому, первоначально установление нормативов было обусловлено желанием местных или национальных правительственных органов пресечь злоупотребления и защитить население от возможности таких способов обмана, как неправильное указание массы продуктов, сокрытие их дефектов и признаков порчи. После появления работ Пастера, начиная с 1870 г., все большее внимание уделялось введению санитарных норм, базирующихся на использовании микробиологических методов контроля. Позднее были разработаны другие способы обнаружения различных видов загрязнения, вызванного биологическими объектами. В последние годы все большее внимание уделяется предотвращению попадания в пищевые продукты химических веществ, относящихся к трем основным группам: вещества биологического происхождения (например, афлатоксины — продукты жизнедеятельности плесневых грибов); вещества, попадающие из окружающей среды (например, ос-

точные количества пестицидов и тяжелых металлов в рыбе, обитающей в водоемах, загрязненных промышленными отходами), и вещества, используемые в процессе переработки (например, химические консерванты и эмульсификаторы). В последней графе таблицы 25.1

Таблица 25.1. Охрана интересов потребителя

Цель	Примеры
1. Предотвращение обмана потребителя	а) неправильное указание массы б) добавление и разведение в) подмена компонентов г) сокрытие загрязнения
2. Охрана здоровья путем осуществления микробиологического и санитарного контроля и контроля за вредителями	а) введение нормативов, устанавливающих максимально допустимую численность специфических микроорганизмов б) контроль за плесенью и другими организмами в) пробы на загрязнение
3. Охрана здоровья путем устранения из продуктов токсичных веществ	а) выявление токсичности, обусловленной биологическим воздействием б) случайное загрязнение пищи веществами, попадающими из окружающей среды в) использование химических добавок
4. Сохранение питательной ценности	а) качество исходных сырых материалов б) соблюдение стандартов во время хранения и переработки

Примечание. Пункты 1, 2, 3 и 4 взаимосвязаны и перекрывают друг друга.

отмечается важность качества исходного сырья, используемого для получения продовольственных продуктов, и сохранения их свойств при транспортировке от места производства к потребителю.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

В некоторых европейских странах нормативы на пищевые продукты были введены несколько столетий тому назад (правила, регулирующие торговлю хлебом в Англии, были введены в средние века), однако продоволь-

ственное законодательство в своей современной форме — продукт прошлого столетия. Именно в это время во многих странах были приняты нормативы, действующие на местном, региональном или национальном уровне.

Эти нормативы в различных странах неодинаковы. К ним относятся как законодательные акты, утвержденные национальными парламентами, так и добровольные практические нормы, принятые торговыми и другими объединениями. В стране с федеральным устройством (например, США и ФРГ) нужно различать штатные и федеральные акции. Контроль за соблюдением нормативов возложен на инспектораты, учрежденные национальными органами; в Великобритании и некоторых других странах важную роль играют местные правительственные органы.

В международной торговле могут возникать конфликты, обусловленные различиями в нормативах, поэтому в последние годы были созданы различные региональные организации. Так, страны — члены Европейского экономического сообщества создали специальный орган для согласования нормативов на пищевые продукты. На международном уровне рассмотрением методов оценки качества и стандартов на многие продукты, включая часть сельскохозяйственной продукции и пищевые продукты, занимается Международная организация по стандартизации (ISO). В отношении продуктов питания центральное место занимают органы Организации Объединенных Наций, в частности Организация ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), которые в содружестве с представителями национальных правительств учредили «Пищевой кодекс» («Codex Alimentarius»).

Он с помощью различных комитетов, входящих в его состав, подвергает систематической проверке стандарты и детально рассматривает вопросы пищевой гигиены, безопасности и питательной ценности. До настоящего времени комитеты «Пищевого кодекса» в основном анализировали традиционные продукты питания (например, крупы, молочные продукты, консервы), а другая часть аппарата Организации Объединенных Наций, а именно Консультативная группа по белку (PAG), уделяла особое внимание новым белковым продуктам. Она была фактически учреждена в 1952 г. как специальный орган,

Таблица 25.2. Источники белка

Источник	Тип	Примеры
Сельскохозяйственная или аналогичная ей продукция	Семена масличных культур	Соевые бобы Земляные орехи (арахис) Семена рапса Семена хлопчатника Семена кунжута Семена подсолнечника
	Семена бобовых культур, не относящихся к масличным	Конские бобы (<i>Vicia faba</i>)
	Белок из листьев	Из листьев многих видов растений
	Водоросли	Спирулина
Продукты рыболовства	Белок рыбы	Из многих видов рыбы
Продукты, синтезированные микроорганизмами	Углеводы как источник углерода Углеводороды (например, из нефти) как источник углерода	Продукты, образующиеся при использовании различных видов бактерий и грибов

предназначенный консультировать ФАО и ВОЗ, а также Детский фонд Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ) по белковым продуктам, обращая особое внимание на возможность их потребления «уязвимыми» группами населения * развивающихся стран. Консультативная группа по белку, конечно, не законодательный орган, но ею был опубликован ряд руководств и политических меморандумов, которые будут рассмотрены позднее.

Хотя целью работ по изучению новых источников белка главным образом было обеспечение белком и пищевыми продуктами населения развивающихся стран, они велись в промышленно развитых странах, особенно Северной Америки, которые достигли значительных успехов в производстве и использовании новейших источников белка в качестве пищи для человека и (или)

* К «уязвимым» группам населения относят грудных детей, больных и лиц пожилого возраста. — Прим. ред.

корма для сельскохозяйственных животных. Исходя из этого, сначала будут рассмотрены проблемы, с которыми столкнулись в США и некоторых других промышленно развитых странах при использовании новых источников белка, а затем проблемы, имеющие место в развивающихся странах. При рассмотрении источников белка следует различать белки, получаемые из продуктов сельского хозяйства и рыболовства, и белки, синтезированные в процессе брожения (табл. 25.2).

На практике нормативы могут отличаться в зависимости от того, как будет в конце концов использоваться белок: например, будет ли он применяться в основном как составная часть других продуктов, или непосредственно использоваться в пищу, или включаться в качестве главного компонента в пищу для детей и новорожденных.

БЕЛКИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ИЗ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И РЫБОЛОВСТВА

Семена масличных культур

Белок семян большинства масличных культур обладает высокой питательной ценностью, однако она в значительной степени зависит от сорта, условий культивирования, наличия токсических или потенциально токсических веществ и других компонентов, а также от способа обработки. Следовательно, стандарты качества должны определяться для каждого вида отдельно с учетом естественно встречающихся токсических веществ, которые могут присутствовать в семенах.

В некоторых обзорах и монографиях детально рассматривается широкий круг второстепенных компонентов, содержащихся в семенах бобовых и других культур, и выдвигается концепция, согласно которой вещества естественного происхождения по своей природе доброкачественны. Отсюда вытекает необходимость разработки надежных методов экстрагирования и фракционирования для удаления токсинов и других вредных веществ. В таблице 25.3 перечислен ряд других потенциальных опасностей, связанных с использованием семян масличных культур: от наличия афлатоксина в земляных орехах и других продуктах и проблем, возникающих в связи с использованием различных растворителей, до отрица-

Таблица 25.3. Образование токсических веществ и (или) уменьшение питательной ценности продуктов в процессе хранения и переработки семян масличных культур

Воздействие	Меры предотвращения
Хранение	
Образование афлатоксина при росте плесени	Контроль и улучшение условий хранения
Обработка	
Остатки растворителя после экстракции. Продукты химического взаимодействия растворителей с компонентами семян	Тщательный выбор растворителей и температурный контроль
Случайное загрязнение (например, тяжелыми металлами)	Хорошее ведение хозяйства
Уменьшение питательной ценности белка, вызванное обработкой при высокой температуре и другими воздействиями	Контроль температуры, при которой осуществляется экстракция

тельного влияния на качество белка чрезмерно высокой температуры обработки.

В течение столетий соевые продукты, получаемые путем ферментации и другими способами, играли важную роль в питании населения Китая и других стран Азии. Арахис уже давно используют в пищу, а получаемое из него арахисовое масло в последние 50 лет стало обычным пищевым продуктом в США. Вот уже тридцать лет во многих странах соевые продукты добавляют в муку, из которой выпекают хлеб. В США и в меньшей степени в других странах интенсивно разрабатывают способы получения соевых белковых препаратов, включая изоляты и текстурированные продукты. Общеизвестно, что белки семян масличных культур могут внести значительный вклад в питание человека при условии, что а) их качество будет соответствовать нормативам, определяющим максимальное количество определенных минеральных компонентов, и б) что при их использовании в качестве основных продуктов питания (в отличие от применения в виде незначительных добавок к пище) должны приводиться сведения о питательной ценности этих продуктов с точки зрения содержания в них белка

и других питательных веществ. Так, с согласия Управления по вопросам продовольственных товаров, лекарств и косметики США (US Food and Drug Administration) белки семян масличных культур сейчас применяются в программе питания школьников* (до 25% текстурированного растительного белка может быть добавлено в говяжий фарш). Это дает возможность данной и аналогичным ей программам успешно развиваться, несмотря на рост цен на мясо и другие продукты животного происхождения.

Обусловленные нормативами отдельные требования, предъявляемые к источникам белка, до некоторой степени различаются. Например, количество госсипола в конечном продукте, полученном из семян хлопчатника, должно поддерживаться ниже установленного уровня. Что касается некоторых других источников белка, то здесь необходимы дальнейшие исследования — это видно на примере опытов, проводимых с семенами рапса и других представителей рода *Brassica*. В нормативах, установленных в США, рассматривается питательная ценность белков и там, где это необходимо, предлагаются дополнительные мероприятия по ее повышению. Эти нормативы создаются до известной степени по образцу, разработанному для улучшения маргарина как заменителя масла.

Другие сельскохозяйственные продукты

За последние пять лет быстро расширяются исследования по использованию белка листьев в качестве корма для животных. Это обусловлено промышленным производством в Калифорнии из люцерны и других источников высокобелкового продукта, содержащего мало клетчатки, а также другими видами промышленной деятельности в Швеции и ряде других стран. Возрастает интерес к этому продукту и как к возможному источнику белковой пищи для человека. По-видимому, токсичность этих продуктов будет невелика, если при отборе сельскохозяйственных культур для производства белка листьев исключить те, в которых токсичные вещества были обна-

* В рамках национальной программы по социальному обеспечению в США в последние годы был строго регламентирован состав бесплатных завтраков для школьников.— *Прим. ред.*

ружены. С точки зрения пищевых стандартов сейчас принято считать, что белок из листьев может обладать высокой биологической ценностью; необходимы инструкции по методам обработки и хранения получаемых продуктов. Результаты недавних исследований последних лет указывают на потенциальную ценность небелковых соединений и особенно липидов, содержащихся в препаратах, полученных из листьев.

К другим источникам белка сельскохозяйственного происхождения относятся зерновые и зернобобовые культуры (исключая масличные культуры). Во многих странах потенциально важным источником белка являются конские бобы (*Vicia faba*), однако известно, что в них содержатся вещества, которые могут способствовать возникновению у людей, имеющих определенные генетические дефекты, болезни фавизма. В настоящее время природа и механизм действия этих веществ исследуются во многих лабораториях при поддержке ВОЗ, ФАО и других организаций. Ясно, что стандарты качества для препаратов, приготовленных из бобов (*Vicia faba*), должны содержать данные о безопасном уровне этих веществ, поэтому необходимо идентифицировать их и разработать соответствующие методы анализа.

Рыболовство

Рыбные белковые концентраты занимают второе место после сои по капиталовложениям на их изучение. Стандарты качества для этих продуктов были разработаны в США, и белковые концентраты используют для питания человека. Однако сейчас широко распространено мнение, что эти концентраты вряд ли вносят значительный вклад в обеспечение пищей населения развивающихся стран.

БЕЛКИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ (БЕЛКИ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ)

На корм скоту

Увеличивающийся объем литературы, посвященной белку одноклеточных организмов, свидетельствует о том, что мало кто сомневается в возможности использования его на корм скоту. Пока это осуществляется в экспери-

ментальных масштабах в различных странах Западной Европы, а также Центральной и Восточной Европы. В некоторых из них планируется широко использовать его в промышленном масштабе. Опубликованные результаты демонстрируют потенциальную питательную ценность белка, полученного различными методами, и указывают, что при тщательном контроле процесса его производства и экстракции можно получить для животных корм хорошего качества (табл. 25.4).

Таблица 25.4. Качественная оценка белков, полученных в процессе биологического синтеза

Возможный источник токсичности	Виды деятельности и контроль	
Сырье		
Углеводороды — возможно наличие разветвленных цепей и полициклических ароматических веществ	Тщательный отбор исходного материала	
Целлюлоза и другие отходы могут содержать токсические материалы, включая тяжелые металлы	Экстрагирование получаемых продуктов	Проверка всех партий химическими (в случае необходимости) и биологическими методами
Продукты брожения		
Нуклеиновые кислоты	Разрушение нуклеиновых кислот ферментами или удаление их с помощью экстракции	Проверка на наличие небелкового азота и нуклеиновых кислот и (или) их компонентов
Другие токсические компоненты	Тщательный выбор микроорганизмов и условий брожения	Проверка полученных и конечных продуктов

В большинстве стран контроль корма для животных ограничен. В США и в некоторых других странах начинают изучать влияние составных частей корма на качество мяса и других продуктов, в частности молока и яиц. В Японии, которая является пионером в области производства белка одноклеточными организмами, наблюдает-

ся задержка в дальнейшем расширении производства и использовании на корм скоту белков, полученных на основе углеводородных субстратов. С другой стороны, в СССР значительно расширяется использование этого кормового продукта и разработаны инструкции по безопасному его применению.

Для прямого потребления человеком

Насколько известно, до сих пор ни одна законодательная или правовая организация какой-либо страны не санкционировала прямое использование в пищу человека белка, полученного в процессе брожения (исключение составляют дрожжи, выращенные традиционными методами). Поэтому данный продукт следует рассматривать как еще не нашедший официального признания, но некоторые общие замечания можно сделать. Маловероятно, чтобы официальные органы смогли рассматривать белок одноклеточных организмов или белок, полученный в процессе брожения, как единый класс веществ. На практике различия можно найти по крайней мере между тремя группами белков, полученных на разном субстрате: а) сахарах, крахмале и других веществах, полученных из высококачественных веществ сельскохозяйственного происхождения; б) углеводородах из нефти и родственных источниках и в) целлюлозе и других промышленных отходах. Кроме того, различия могут, без сомнения, определяться типом используемых микроорганизмов.

В свете имеющейся информации можно полагать, что некоторые официальные организации будут настаивать на отсрочке одобрения на использование этих белков в питании человека, возможно, до тех пор, пока не будут закончены пятилетние эксперименты с сельскохозяйственными животными. С другой стороны, обычные дрожжи, как правило, относят к продуктам, питательная ценность которых не вызывает сомнения. Могут найти применение и другие вещества (например, белки микроскопических грибов).

ПОЛОЖЕНИЕ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ

Применим ли опыт промышленно развитых стран в развивающихся странах, где часто ощущается острая нехватка пищи вообще и белка в особенности? Эту пробле-

му можно рассматривать с разных точек зрения — на основе научных знаний, способов переработки, нормативов и методов контроля.

Применение научных знаний

За последние двадцать лет наши знания о питательной ценности и способах получения белков и продовольственных продуктов вообще значительно расширились. Основные научные положения имеют универсальное значение, и накопленная в настоящее время ценная информация может быть применена в тропических и других странах.

Без сомнения, мы уже можем говорить с некоторой степенью определенности, что из многих видов сельскохозяйственной продукции, например семян масличных культур и листьев, так же как и из зерновых культур, можно получать белки, обладающие высокой питательной ценностью, и что особую ценность могут представлять смеси, составленные из двух или более растительных белков. Это в значительной степени опровергает бытовавшее ранее мнение о преимуществе белков животного происхождения. Наши знания о токсических веществах, например химической структуре и свойствах афлатоксинов и других веществ, продуцируемых плесневыми грибами, также расширились. Результаты этих исследований позволяют избежать угрозы образования токсина и служат руководством для обеспечения таких условий во время уборки урожая и последующего хранения, которые препятствуют развитию плесени и образованию токсина. Проведенные исследования свидетельствуют также о том, что неблагоприятные условия могут оказывать влияние на самые разнообразные продукты, а не только на арахис, который был изучен в этом отношении первым. Следовательно, нужно стремиться избегать ошибок при браковке арахиса, уделяя особое внимание улучшению условий хранения и методов работы с ним.

Технологические процессы

Один из важных вопросов, вытекающих из исследований североамериканских и европейских ученых, заключается в том, в какой мере методы обработки и преследуемые ею цели могут быть без изменения перенесены в развивающиеся страны. Мы не можем обсуждать здесь

все операции, но нужно признать, что многие аргументы в пользу экономической целесообразности той или иной операции приложимы главным образом к странам, где не хватает рабочей силы или стоимость ее высока. В качестве примера можно привести мелкие пивоваренные заводы, существующие во многих городах Африки, производство на которых осуществляется традиционным способом. Возможно, что предприняв соответствующие усилия, можно разработать способы получения белка путем брожения, основанные в большей мере на традиционных, но трудоемких процессах пивоварения, чем на современных биохимических, технологически сложных методах, требующих значительных капиталовложений.

В промышленно развитых странах научные исследования и работа по расширению производства белка не ведутся в отрыве от учета питательной ценности, но большая часть исследований, вероятно, стимулировалась главным образом экономическими и технологическими соображениями, включающими: а) учет повышающихся цен на мясо и продукты животного происхождения и желание получить растительные и другие продукты по более низкой цене; б) поиск продуктов, которые функционально могли бы способствовать созданию новой рецептуры пищевых продуктов и (или) обеспечить основу для замены одних продуктов другими. Исходя из последнего соображения, затрачено много усилий на создание белковых изолятов, приготовленных согласно строгим регламентам производства, и изучена применимость их в различных типах продуктов. По этому же пути идет поиск нежных бесцветных пищевых материалов, которые, несмотря на их питательную ценность, рассматриваются не как пищевые продукты, непосредственно используемые в пищу, а скорее как исходный материал для их получения. На практике такие «исходные материалы» включаются в смеси и могут быть перед использованием дополнены или улучшены (например, с помощью жиров или витаминов).

Изложенные выше соображения неизбежно находят отражение в нормативах и стандартах. Развивающиеся страны, перед тем как принять эти стандарты или методы обработки, естественно, имеют право оценить, насколько они пригодны в данном промышленном или географическом районе. Если мы рассмотрим в качестве

примера земляной орех, то сможем убедиться в том, что очень многие за пределами Северной Америки и не подозревают, что, кроме жареного арахиса, существует еще тертый арахис — самый простой белоксодержащий продукт, получаемый из арахиса, а также не знают, что его можно легко приготовить в домашних условиях или на маленькой фабрике. По сравнению с объемом работ, связанных с производством соевых белковых изолятов, арахису уделяется меньше внимания, исследуются лишь простые способы производства арахисовых белковых концентратов, предназначенных для использования в качестве добавки в хлеб и другие продукты.

Подобное же заключение можно сделать и в отношении других продуктов. Широкая реклама многих распространенных в азиатских странах рецептов приготовления сои могла бы — по крайней мере в некоторых странах — способствовать более разнообразному и полноценному питанию по сравнению с использованием одних лишь соевых изолятов. Следовательно, есть веские основания полагать, что развивающиеся страны не должны быть ослеплены успехом «истории с изолятами» до такой степени, чтобы игнорировать важность поиска других способов переработки местных продуктов. Можно привести два примера. Первый относится к белку из листьев, второй — к рыбному белку. Концентрат белка листьев может содержать 25% и более липидного материала, включая компоненты, имеющие большую питательную ценность, — каротин и полиненасыщенные кислоты. Как пищевой продукт концентрат не только поставляется белок, но является также (благодаря наличию липидов) источником энергии и (потенциально) веществ, имеющих второстепенное значение. Концентраты рыбной муки, полученные обычным способом, — хорошо очищенный продукт. С другой стороны, смесь сырых рыбных белков, приготовленная в Западной Африке в 1959 г. ручным способом, содержала много компонентов, включая липиды. Эта смесь оставалась стабильной при хранении в течение нескольких месяцев в северных районах Ганы. Препараты, имевшие вкус рыбы, охотно потреблялись местным населением и после минимальной обработки использовались для приготовления супов, однако в отличие от рыбных белковых концентратов, получаемых в США, они не могли служить «нейтральной» белковой добавкой.

Во многих развивающихся странах нет кодекса законов о продовольственных продуктах. Эти страны скорее всего начнут с включения положений «Пищевого кодекса» в местные законы или нормативы. Они будут также стремиться использовать инструкции по белку, изданные Консультативной группой по белку ООН. Эти инструкции предназначены для практического применения и помощи развивающимся странам в освоении новых белковых продуктов. При интерпретации инструкций нужно делать различия между: а) белковыми продуктами, которые должны служить заменителями молока для детей или материнского молока для грудных детей, и б) продуктами, применяемыми в виде белковых добавок. В отношении продуктов, перечисленных в пункте «а», высокие требования к стандартам с точки зрения питательности и гигиены будут предъявляться как родителями, так и педиатрами; в отношении продуктов, указанных в пункте «б», практические обстоятельства диктуют необходимость введения менее жестких стандартов.

Стандарты на продовольственные продукты в США значительно отличаются от стандартов, принятых в некоторых европейских странах. С другой стороны, население последних живет и процветает в отсутствие современного комплекса нормативов, которые становятся характерной чертой урбанистического западного общества. Следовательно, развивающиеся страны могут подойти с осторожностью к этому вопросу, первоначально вводя относительно простое законодательство с тем, чтобы избежать нормативов, которые могли бы препятствовать снабжению населения потенциально ценным местным белком и другими продуктами. Это не просто мнимая опасность. Взять хотя бы такой пример: в одной стране термином «обогащение» стали обозначать главным образом добавку витаминов и в законодательном порядке было принято решение, что этот термин неприменим к хлебу, обогащенному соевыми и дрожжевыми экстрактами, хотя в развивающихся странах намного дешевле и практичнее повышать питательную ценность продуктов за счет использования пищевых смесей, а не путем добавки синтетических витаминов или аминокислот. Второй пример касается афлатоксина и земляных орехов. Национальное правительство может организо-

вать обучение фермеров для того, чтобы они сумели обеспечить соответствующие условия уборки урожая и его хранения. Оно может установить машины для химического анализа партий орехов. Но ему следует посоветовать не вводить такие законы, которые (если их выполнять) фактически способствовали бы исключению земляных орехов из пищи населения.

Заключение о законодательстве должно быть сделано местным населением, которое в состоянии оценить недостатки и преимущества того или иного норматива с точки зрения его приемлемости, и в тех случаях, когда существуют сомнения, сопоставить, например, гипотетическую опасность, угрожающую взрослому населению в возрасте до 40 лет, и тот факт, что половина детей может умереть, не достигнув школьного возраста, если их питание и другие условия не будут улучшены. Принимать такие решения нелегко, но еще труднее привлечь внимание в развивающихся странах к необходимости готовить в гораздо больших масштабах специалистов (как мужчин, так и женщин), владеющих более широкими и глубокими знаниями в области контроля продовольственных товаров и науки о питании. Потребность в специалистах такого рода велика: они нужны для исследовательской и конструкторской работы; для обучения на разных уровнях как в рамках официальной системы образования, так и путем чтения популярных лекций для взрослых и в не меньшей мере для консультирования работников министерств и правительственных ведомств по вопросам питания и политики в этой области, а также для установления связи между социальными, экономическими и юридическими изменениями и политикой в области продовольствия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

National and International Regulations

1. *Codex Alimentarius*. Food Policy and Nutrition Division, Food and Agriculture Organisation of United Nations, 00100 Rome, Italy. See also Nutrition News Letter, notes and reviews on Food Legislation. FAO.
2. Protein Advisory Group of United Nations, System Room A606, United Nations, New York 10017, USA. P A G Bulletin, duplicated Reports and Guidelines (see below).
3. From different countries, e. g., Food and Drug Administration, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA.

(documents published in the Federal Register)
Food Standards Committee and Food Additives and Contaminants
Committee, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Great
Westminster House, Horseferry Road, London SW1.
(report published through HMSO)

Protein Advisory Group of the United Nations
Some Policy Statements

No. 19. Maintenance and improvement of nutritional quality of protein foods.

No. 23. PAG recommendations for the promotion of processed protein foods for vulnerable groups.

Some Guidelines

No. 2. Preparing food quality groundnut flour.

No. 4. Preparation of edible cottonseed protein concentrate.

No. 5. Edible, heat-processed soy grits and flour.

No. 6. Preclinical testing of novel sources of protein.

No. 7. Human testing of supplementary food mixtures.

No. 8. Protein-rich mixtures for use as supplementary foods.

No. 9. Fish protein concentrates for human consumption.

No. 10. Marketing of protein-rich foods in developing countries.

No. 11. Sanitary production and use of dry protein foods.

No. 12. Production of single cell protein for human consumption.

No. 13. Preparation of milk substitutes of vegetable origin and toned milk containing vegetable protein.

No. 14. Preparation of defatted edible sesame flour.

26. ПРИЕМЛЕМОСТЬ НОВЫХ ВИДОВ ПИЩИ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Р. П. Девадас

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В последнее время были предприняты попытки получить новые пищевые продукты в виде таких смесей белка растительного происхождения, как МПП (Многоцелевые пищевые продукты, MPF, Multi-Purpose Food) в Индии [20], Инкапарина (Incaparina) [3], высокобелковые продукты (High Protein Foods), цельнобелковые продукты (Complete Protein Foods) [2] и белок листьев [19]. Однако использование новых продуктов ограничено как вследствие того, что они имеют непривлекательный внешний вид, так и из-за плохой рекламы этих продуктов как вполне приемлемых в пищу [4, 9]. Следовательно, необходимо срочно информировать потребителя о новых пищевых продуктах, увеличить их производство и сделать их более приемлемыми для потребителя.

ПРИЕМЛЕМОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Любой новый продукт, выгодный с экономической точки зрения и обладающий питательной ценностью, должен быть признан как отдельными потребителями, так и обществом в целом [6]. Приемлемость может быть определена как мнение, характеризующее положительным ответом, т. е. предпочтением или расположением к определенному виду пищи [1]. Среди факторов, которые определяют приемлемость нового продукта, самым главным является вкус пищи.

ВКУС

Для некоторых видов пищи существует прямая зависимость между ее вкусом и питательной ценностью. С другой стороны, продукты, обладающие высокой питательной ценностью, могут иметь низкие вкусовые качества [14]. И наоборот, продукты с прекрасным вкусом не всегда имеют высокую питательную ценность. Приемлемость и вкусовые свойства обуславливаются тремя факторами. Это сенсорные свойства, способность пищи воздействовать на органы чувств, отношение потребителя к пище и интересы потребителя.

Сенсорные свойства

Зрение играет значительную роль при оценке приемлемости пищи. Внешний вид пищи имеет большое значение, поскольку визуальные свойства облегчают выбор данного продукта из других находящихся перед глазами и стимулирует или подавляет аппетит. Глаз привлекают цвет, форма и размер пищевого продукта, которые вызывают у потребителя желание попробовать и съесть новый продукт.

Вкус — это ощущение, которое возникает при соприкосновении пищи с языком и мягким небом. Продукт может быть на вкус сладким, горьким, кислым или соленым. Вкус играет определяющую роль в признании пищи или, иначе говоря, для того чтобы быть приемлемой, пища должна иметь хороший вкус.

Запах побуждает попробовать пищу на вкус и съесть ее, он определяет в целом преимущества и длительность употребления в пищу определенных продуктов.

Текстура, являющаяся сама по себе производной нескольких свойств, — другой важный признак приемлемости новой пищи. Осознание пищи, ее твердость или мягкость, ее консистенция — жидкая, полутвердая или твердая — все это важно, особенно для детей.

Важна и температура пищи, так как она влияет на вкус, ассоциации потребителя, предвкушение того, что определенный продукт будет иметь соответствующую температуру и что при изменении температуры первоначальный вкус продукта изменится.

Отношение потребителя к пище

Пристрастие и предубеждение людей к определенным продуктам питания определяются несколькими факторами. Ощущения, вызываемые пищей в раннем детстве, оказывают сильное влияние на отношение к еде. Часто пищевые продукты отвергаются только на том основании, что они новы и необычны. Некоторые факторы, влияющие на отношение детей к пищевым продуктам, описаны ниже.

Пища ребенка целиком зависит от выбора матери, а последний, в свою очередь, определяется главным образом возрастом ребенка. На выбор матерью пищи, особенно когда речь идет о младенцах и маленьких детях, влияет ее вера в то, что продукт будет полезен для здоровья ее ребенка. По мере того как дети становятся старше, выбор матерью пищи имеет все меньшее значение.

Важную роль в выборе пищи играют эмоциональные факторы. Одной из причин того, что детей кормят определенными продуктами, является то, что они составляют часть привычек общества. Для большинства матерей особенно важно, любит или не любит ее ребенок данный продукт. Предпочтение, оказываемое ребенком определенному продукту, может быть обусловлено тем, что этот продукт нравится человеку, которым он восхищается. Обратное также встречается: ребенок не хочет есть некоторые продукты, потому что их едят люди, которых он не любит.

Условия, окружающие ребенка дома и в школе, также оказывают влияние на то, ест ли он определенную пищу. Например, использование в школьных завтраках плодов дынного дерева зависит главным образом от наличия или отсутствия в школе сада. В семьях с небольшим до-

ходом диапазон выбора пищи для детей может быть ограничен.

Такой фактор, как культурный уровень, определяет, какая пища считается хорошей и как она распределяется в семье в целом. На основании этого фактора можно объяснить, почему в ряде районов земного шара население не использует в пищу все продукты, имеющиеся в их распоряжении. Пищевые запреты распространены даже среди «образованных» людей, и пища, потребляемая в одних слоях общества, совсем не обязательно считается приемлемой в других.

Интересы потребителя

С точки зрения потребителя имеется ряд факторов, которые влияют на приемлемость новых пищевых продуктов.

Во-первых, цена на новые продукты должна быть сравнима или значительно ниже той, по которой продаются аналогичные продукты, уже имеющиеся на рынке. Цена, в свою очередь, определяется стоимостью сырья, процесса производства и доставки.

Пищевые продукты должны продаваться там, где это удобно покупателю. Ассортимент зависит от таких факторов, как климат, почва, спрос на землю, оборудование для хранения и размер хранилищ, стойкость при хранении, транспортируемость в отдаленные деревни, спрос.

Простота приготовления пищи — ценный фактор, определяющий спрос. Желательно, чтобы новые продукты легко можно было включать в блюда, приготовляемые по известным рецептам, чтобы они не требовали большого числа дополнительных процедур, предшествующих кулинарной обработке или необходимых в процессе ее. Если говорить об Индии, то это справедливо даже для групп населения с низким доходом.

Отказ от использования новых видов пищи часто наблюдается в связи с ошибочным представлением об их перевариваемости, которая должна быть определена и известна потребителю.

Если новые продукты используют в общественных пищевых программах в сельской местности, то пища должна выдерживать длительное хранение без охлаждения в условиях жаркого климата и высокой влажности, преобладающих в ряде развивающихся стран, большинство

из которых расположено в тропиках и испытывают трудности с транспортировкой и доставкой продуктов. Это не относится к продуктам, потребляемым в промышленных районах, и к продуктам, производимым в сельской местности и предназначенным для местного населения. Упаковка должна предохранять продукт, придавать ему привлекательный вид и по стоимости соответствовать ее содержанию.

Включение новых продуктов в стандартные диеты открывает наилучшие перспективы для принятия их потребителем, которому нужно предложить новый продукт, заинтересовать его им и убедить в том, что следует купить этот продукт и включить в семейную диету. В идеальном случае продукт должен быть богат энергией, содержать много белков и других питательных веществ, так, чтобы одно или два блюда, приготовленные из этого продукта, могли бы восполнить существующие пробелы в питании. Дети дошкольного возраста в Индии поглощают с пищей на 1,3—2,1 МДж энергии меньше, чем им необходимо [13]. Это количество энергии содержится в 75—100 г зернобобовых смесей. Однако за счет таких смесей нельзя удовлетворить потребности в витаминах или минеральных солях, которых обычно недостаточно в диетах. В решении этой проблемы могут помочь новые высокопитательные продукты.

ПУТИ ПОДХОДА К ДОСТИЖЕНИЮ ПРИЕМЛЕМОСТИ НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Для того чтобы сделать новые продукты приемлемыми, необходимо предпринять следующее:

- а) Получить информацию о существующих диетах, используемых потребителями.
- б) Указать тип пищи, в который может быть включен новый продукт.
- в) Разработать и стандартизировать подходящие рецепты, пригодные для использования новых видов пищи.
- г) Испытать новые стандартизированные рецепты и обеспечить их приемлемость.
- д) Включить одобренную продукцию в продовольственные программы, предназначенные для домашнего использования и системы общественного питания.
- е) Расширить работу по популяризации среди роди-

телей и других людей знаний о пользе новых продуктов питания.

ж) Рекламирывать новые пищевые продукты с помощью прессы, радио, женских клубов и т. д.

ПРИЕМЛЕМОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В ПИЩЕВЫХ ПОСРЕДНИЧЕСКИХ ПРОГРАММАХ

Было сделано крайне мало попыток для того, чтобы определить, какие факторы могут обусловить большую привлекательность для покупателя продуктов питания, используемых в общественных продовольственных программах. Продажа пищи семьям требует значительного времени и усилий. При определении того, какие пищевые продукты включить в субсидированные продовольственные программы с тем, чтобы эти продукты начали использоваться в пищу, важное значение имеют их вкусовые свойства [18]. Опыт с проектом «Используйте в домашнем питании» (Take Home Food) продемонстрировал, что сельские потребители проявляли большое внимание к сенсорным свойствам пищи, особенно когда она распространялась бесплатно [7]. Система распределения «Ешьте дома» (Take Home) в отличие от продовольственной программы «Ешьте сразу» (On the spot) предоставляет матери достаточно времени для экспериментирования и испытания нового пищевого продукта, прежде чем она даст его маленькому ребенку. Мать, отец, старшие братья и сестры и даже бабушка и дедушка тоже имеют возможность испытать пищу на свой вкус, прежде чем они дадут ее ребенку.

Новый продукт, как и любое нововведение, должен пройти несколько этапов проверки. Для того чтобы попасть к ребенку, продукт, независимо от того, как он распространяется, сначала должен быть одобрен родителями [12]. Их оценка учитывается производителями нового пищевого продукта в развивающихся странах, которые включают пищевые добавки в продукты, предназначенные для детей, для того, чтобы привести пищу в соответствие с вкусами взрослых людей.

Недавно было проведено сравнительное испытание приемлемости порошкообразной пищи и такой же пищи, спрессованной в виде маленьких кусочков [5]. Полученные результаты показали преимущество спрессованной пищи. Подавляющее число матерей высказалось в поль-

зу спрессованной пищи (70% против 7%), дети были менее единоклюны (57% против 16%). При испытаниях приемлемости приготовленного из зерна и сои молока Девадас и др. [8] обнаружили, что взрослые потребители постоянно отдавали предпочтение продукту, имеющему приятный вкус и запах, тогда как детям в 3-летнем возрасте понравились все формы молока и даже несладкие смеси для грудных детей, приготовленные из местных источников пищи. Таким образом, хотя взрослые считают, что сладость — это положительный фактор при оценке приемлемости нового продукта для младенцев, дети придерживаются другого мнения. Кроме того, эти исследования показали, что в то время как сладость улучшает восприятие пищи, ее запах не играет важной роли.

Фомон и др. [10], наблюдая за детьми в возрасте 4—7 месяцев, нашли, что изменение вкуса продуктов за счет добавления соли не влияет на отношение детей к пище. Обширные исследования свойств пищи, проведенные в Калькутте (USAID) [21], показали, что запах не играет большой роли в приемлемости пищи для бедных слоев населения и даже для городских женщин.

ВНЕШНИЙ ВИД ПИЩИ

Требования, предъявляемые человеком к внешнему виду пищи, не остаются постоянными на протяжении всей жизни, а постепенно развиваются по мере перехода от младенческого возраста к зрелости. Детство, начиная с самых ранних дней, самое лучшее время для развития благосклонного отношения к новым пищевым продуктам. В большинстве стран диета для маленьких детей, беременных женщин и кормящих матерей, которые относятся к наиболее уязвимым с точки зрения питания группам населения, базируется главным образом на использовании одного или двух основных зерновых продуктов. Выбор основного продукта тесно связан с различными обычаями, и люди оценивают пищу по наличию в ней зернового продукта, наиболее распространенного в данной местности, например, кукурузы (в Центральной Америке), пшеницы (в Европе, США и Великобритании) и риса (в Азии). Вырабатываемый «главный продукт» является не только основным источником энергии для большинства населения, но и обладает большой эмоциональной, исторической, мистической и религиоз-

ной силой. В Индии и других развивающихся странах такие наиболее дорогостоящие и вкусные пищевые продукты, как яйца и мясо, считаются непригодными для маленьких детей, беременных женщин и кормящих матерей, поэтому их едят только мужчины.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С НОВЫМИ ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ

В развивающихся странах несколько факторов способствует одобрению потребителями новых пищевых продуктов. Так как многие главы семьи работают вне дома, наблюдается тенденция к большему потреблению пищевых продуктов, подвергшихся технологической обработке, и готовых продуктов. Большое внимание сейчас уделяется новым торговым и фабричным маркам, привлекательной упаковке. Становятся лучше известны привычки высших слоев общества, и традиционные продукты питания исчезают.

Однако выясняется, что изысканная пища дорого стоит, плохо хранится и не пользуется спросом в сельской местности. Поэтому выход из этого положения может быть найден в использовании природных многокомпонентных смесей, приготовленных из местных продуктов. Наиболее доступными в этом отношении являются недорогие смеси обычных зернобобовых культур [11]. Используя такие смеси, можно почти в любых слоях общества создать продукты для грудных детей, столь же питательные, как и самая изысканная пища [16].

Во многих странах проводятся научно обоснованные исследования по созданию приемлемых смесей, рецептов и блюд. К некоторым новым пищевым продуктам, производимым из местных зерновых, бобовых и масличных культур, относятся Инкапарина (Incaparina) в Гватемале и Колумбии, Фортифекс (Fortifex) в Бразилии, МПФ (MPF), Балахар (Balahar) и Лактон (Lactone) в Индии [17], Суперамин (Supergamine) в Алжире, ЦСМ (CSM) в США, ПКФМ (PKFM) в Нигерии и Секмама (Sekmata) в Турции [15]. Новые продукты могут быть включены в зернобобовые основные смеси как добавки, повышающие их питательную ценность, что может быть продемонстрировано матерям. Работу по пропаганде новых пищевых продуктов следует вести умело, с учетом национальных традиций питания.

Некоторые правительства могут предоставить денежные субсидии для производства и продажи новых и неизвестных населению продуктов. Просвещение потребителя и поддержка правительства могут облегчить их внедрение. Основные усилия должны быть направлены на привлечение внимания потребителя к новым продуктам с помощью придания им хорошего вкуса и текстуры и использования яркой упаковки.

В любом обществе есть люди, которых легче заинтересовать новыми пищевыми продуктами, чем других. Это — юноши и девушки, вступающие в брак, беременные женщины, с нетерпением ожидающие рождения ребенка, активно растущие дети, рабочие, заботящиеся о сохранении своей силы, здоровья и работоспособности. Воздействие на покупателя личным примером, посещение хозяек на дому и организация демонстрационной дегустации новых продуктов — все это будет способствовать достижению успеха в области внедрения новых пищевых продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Невысокая стоимость, пригодность, простота приготовления, стойкость при хранении, красивая упаковка — вот несколько критериев, которые определяют одобрение новых продовольственных продуктов потребителем. Основные зерновые культуры являются не только источником энергии, они также обладают огромной эмоциональной, исторической и религиозной силой в обществе. Научно обоснованные исследования, направленные на создание подходящих зернобобовых смесей, блюд и рецептов, имеют большие потенциальные возможности для будущих продовольственных программ. Просветительская работа по вопросам питания среди населения должна строиться с учетом всех перечисленных выше факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Amerine M. A., Pangborn R. M., Roessler E. B. 1965. Principles of sensory evaluation of food. Academic Press, New York and London.
2. Anderfelt L. 1969. The role and possibilities of the food industry in influencing dietary habits. *Symposia of Swedish Nutrition Foundation*, 7, 107—112.
3. Bressani R., Elias L. G. 1966. All vegetable protein mixtures for human feeding — the development of INCAP vegetable mixture based on soybean flour. *Journal of Food Science*, 31, 626—631.
4. Burgess A., Dean R. E. A. 1962. Food habits and malnutrition, pp. 106—107. Tavistock Publications, London.
5. Cantor/ATAC 1972. Seminar on Tamil Nadu Nutrition Project, Madras (unpublished).
6. Devadas R. P. 1967. Acceptability of novel proteins. *Journal of Nutrition and Dietetics* 4, 2.
7. Devadas R. P., Murthy N. K. 1972. Seminar on Tamil Nadu Nutrition Project. Cantor/ATAC, Madras (unpublished).
8. Devadas R. P., Roshan B., Murthy N. K. 1973. Evaluation of a weaning mixture based on local foods. Report submitted to the University of Madras (unpublished).
9. FAO 1957. FAO Nutrition Meeting Report Series 14 — Report of the Nutrition Committee for South and East Asia, Fourth Meeting. FAO, Rome.
10. Fomon S. J., Thomas C. N., Filer L. J. 1970. Acceptance of unsalted strained foods by normal infants. *Journal of Pediatrics*, 76, 242.
11. Gopalan C. 1970. Approaches to feeding programmes. In: Nutritional Feeding in the Fourth Plan (ed. T. S. Avinashilingam), p. 48. Government of Tamil Nadu.
12. Hammonds T. M., Wunderle R. E. 1972. Nutrition intervention programmes from a market view point. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 421.
13. ICMR 1971. Diet Atlas of India. Nutrition Research Laboratories, Taranaka, Hyderabad, India.
14. Kamalanathan G., Usha M. S., Devadas R. P. 1969. Evaluation of the acceptability of some recipes with leaf protein concentrates. *Journal of Nutrition and Dietetics*, 6, 12.
15. Manocha S. M. 1972. Malnutrition and retarded human development, pp. 268—269. Charles Thomas, Springfield, Illinois.
16. Milner M. 1969. Status of development and use of some unconventional proteins. In: Protein-enriched cereal foods for world needs, p. 97. The American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota.
17. Parpia H. A. B. 1969. Protein foods of India based on cereals, legumes and oil seed meals. In: Protein-enriched cereal foods for world needs, p. 129. The American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota.
18. PFA 1969. Protein foods for national development; operation marketing. Report on Workshop I, New Delhi, p. 65. Protein Foods Association, New Delhi.
19. Pirie N. W. 1971. Leaf Protein: Its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook 20. Blackwell Scientific, Oxford.
20. Subrahmanyam V., Rama Rao G., Kuppuswamy S., Narayana Rao M., Swaminathan M. 1957. Standardisation of conditions for the production of Indian Multipurpose Food. *Food Science*, 6, 76.
21. USAID and Hindustan Thompson Associates Limited 1972. A study of food habits. Lalchand Roy and Co. (Pvt.) Ltd., Calcutta.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

22. Devadas R. P., Kamalanathan G., Padma K. 1975. Supplementary value of Leaf Protein and ground nut meal in the diet of Pre-school children. Ind. J. Nutr. Dietet., 12, 203.
23. Devadas R. P., Kamalanathan G., Kalavathy S. «Effect of Leaf Protein Supplementation on Growth of Pre-school Children».
24. Devadas R. P., Kamalanathan G., Annie Thomas. «Evaluation of protein quality of Leaf Protein: Leaf Protein and Skim Milk or sesame meals on albinorats».
25. Devadas R. P., Kamalanathan G., Renukavathy V. «Supplementary value of Leaf Protein, Leaf Protein and sesame meal and coconut meal in the diets of preschoolers».
26. Devadas R. P. et al., «Leaf Protein Feeding trial at Coimbatore» — Final report (unpublished).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список авторов	3
Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие к английскому изданию	7
 ЧАСТЬ I. ИСТОЧНИКИ БЕЛКА, ПРИГОДНЫЕ В ПИЩУ ПОСЛЕ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ	 17
1. Богатые белком семена зерновых культур А. К. Кауль .	17
2. Улучшение сортов зернобобовых культур в Индии Л. М. Джесвани	28
3. Пищевые семена второстепенных культур Д. А. В. Денди, Б. Эмметт, О. Л. Оке	39
4. Овощи Ф. В. Шеферд	47
5. Водоросль <i>Spirulina</i> Н. В. Пири	54
6. Зеленые микроводоросли Г. Тамийа	56
 ЧАСТЬ II. КОНЦЕНТРАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИМ ПУТЕМ	 62
7. Белковые продукты из кокосовых орехов Д. А. В. Денди .	62
8. Соевые бобы: переработка и продукты С. Д. Серкл, А. К. Смит	67
9. Семена рапса и других крестоцветных Р. Олсон, Р. Сепп .	87
10. Белок подсолнечника, сафлора, кунжута и клещевины А. А. Бетскарт, К. К. Лайон, Г. О. Колер	104
11. Арахис О. Л. Оке, Р. Х. Смит, А. А. Вудхам	133
12. Конские бобы А. Хагберг, Дж. Съедин	148
13. Концентраты, получаемые при мокрой и сухой переработке зерновых культур Р. М. Саундерс, Г. О. Колер	151
14. Белки листьев Н. В. Пири	165
15. Промышленное производство белка листьев в США Г. О. Колер, Е. М. Биккофф	173
 ЧАСТЬ III. КОНЦЕНТРАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПУТЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ	 178
16. Белки, получаемые от неодомашенных травяных животных К. Л. Блэкстер	178

17. Потребление небелкового азота жвачными животными <i>Т. Р. Престон</i>	188
18. Небелковый азот в питании свиней <i>Р. Брауде</i>	196
19. Домашние нежвачные животные как источник и потребитель белка <i>А. А. Вудхэм</i>	200
20. Превращение в пищу шерсти и пера <i>Ф. Б. Шорланд</i>	210
21. Увеличение прямого потребления рыбы <i>Г. Х. О. Бургесс</i>	220
22. Грибы <i>В. Е. Тревельян</i>	237
23. Выращивание дрожжей на углеводородах <i>С. А. Шэклэди</i>	255
24. Влияние изменений в составе бактерий и дрожжей на образование ими белка <i>С. Л. Куни, С. Р. Тэнненбаум</i>	265
ЧАСТЬ IV. ПОТРЕБЛЕНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ПИЩИ	275
25. Стандарты качества, безвредность и законодательство <i>Ф. Эйлворд</i>	275
26. Приемлемость новых видов пищи для потребителя <i>Р. П. Девадас</i>	290

ИСТОЧНИКИ ПИЩЕВОГО БЕЛКА

Редактор *И. А. Фролова*
Художник *Б. К. Дормидонтов*
Художественный редактор *Б. К. Дормидонтов*
Технический редактор *В. А. Боброва*
Корректор *А. А. Радиевская*

ИБ № 1739

Сдано в набор 16.04.79. Подписано к печати 17.08.79. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага тип. № 2, Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л.
15,96. Уч.-изд. л. 17,56. Изд. № 197. Тираж 4000 экз. Заказ № 972.
Цена 1 р. 50 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, д. 18

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7