

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ
ЗНАНИЙ

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР
ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ПРОФЕССОР

Н. М. СИСАКЯН

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
О БИОЛОГИЧЕСКОМ
ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ**

Серия III
№ 33

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1956

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Член-корреспондент АН СССР
доктор биологических наук
профессор

Н. М. СИСКАЯН

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
О БИОЛОГИЧЕСКОМ
ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1956

Все живые организмы, населяющие нашу планету, находятся в постоянном взаимодействии с окружающей природой. Это взаимодействие обеспечивается непрерывно протекающим обменом веществ.

Понятие обмена веществ включает в себя два противоположных процесса: процесс ассимиляции — восприятие веществ окружающей среды и превращение их в вещества тела и процесс диссимиляции — распад веществ в организме и выделение продуктов распада. Эти две стороны обмена веществ неразрывно связаны между собой, неотделимы друг от друга.

Изучение разных сторон процессов обмена веществ является задачей многих биологических дисциплин: физиологии, биохимии, биофизики, биогеохимии и др.

Среди наук, изучающих обмен веществ, особо важное значение имеет биохимия, занимающаяся главным образом изучением химизма обмена веществ. Это изучение складывается из исследования химического состава организма, изучения превращения веществ в нем, установления связи химических превращений веществ с осуществлением функций живого организма.

К первому направлению биохимических исследований — изучению химического состава живых тел — относятся, например, труды, направленные на изучение разных групп органических соединений (белков, жиров, углеводов и др.) в разных организмах, в разных органах одного организма, в отдельных компонентах, выделенных из живой клетки, или исследования этих соединений в процессе развития различных живых существ. К этому же направлению относятся работы в области изучения химического состава и строения отдельных, выделенных из организма соединений.

Второе направление биохимических исследований — изучение превращений веществ в организме — наиболее разработанные главы биохимии. Сюда относятся исследования, проведенные на целом организме (например, у человека изучение изменения состава крови, мочи и пр. в разных условиях), исследования, проводимые на изолированных органах, экстрактах из них, а также особенно интенсивно осуществляемые в последние годы исследования на изолированных компонентах клеток. Во

всех этих работах используются многочисленные методы, специально разработанные для биохимических исследований, которые дают возможность проследить превращение различных соединений в разнообразных естественных или искусственно создаваемых условиях.

Примером работ третьего направления могут служить исследования в области биохимии мышечной деятельности, которые привели к установлению связи обмена соединений, богатых энергией, с сократительной деятельностью мышц.

Непрерывное развитие биохимии открывает самые широкие возможности в смысле познания строения и функций живых тел, закономерностей их развития и их использования в интересах общества. Биохимия имеет весьма существенное значение, особенно в тех отраслях практической деятельности человека, где приходится иметь дело с живыми организмами: в медицине, сельском хозяйстве, а также в ряде отраслей промышленности, перерабатывающей сырье биологического происхождения.

Развитие биохимии, так же как и других биологических дисциплин, протекало в острой борьбе с идеалистическими представлениями. Прогресс биохимии сыграл исключительно большую роль в утверждении материалистических, подлинно научных взглядов и в разоблачении метафизических и идеалистических представлений в биологии. Развитие биохимии привело к установлению принципиального единства химических процессов, лежащих в основе обмена веществ всех живых организмов, от самых простых до самых сложных.

Современная биохимия охватывает обширную область знаний. Некоторые разделы биохимии в настоящее время выделились в отдельные самостоятельные дисциплины, такие как витаминология, техническая биохимия, медицинская биохимия и т. д.

В настоящей работе мы остановимся лишь на некоторых из наиболее важных вопросов биохимии обмена веществ.

Роль белка в обмене веществ

Белки составляют основу жизни.

Взаимодействие белков с веществами окружающей среды является неотъемлемым их свойством. Данные современной биохимии показывают, что белок в своем естественном состоянии не может существовать без активного взаимодействия с веществами другой природы. Поэтому именно белковые тела обеспечивают слаженность обмена веществ, лежащего в основе жизненных функций.

В выяснении биологической роли белка исключительно велика заслуга Ф. Энгельса. Еще на заре развития химии и биохимии белковых веществ он охарактеризовал белок как

основу жизни, определил роль белкового обмена как ведущего фактора в едином обмене веществ организмов. Энгельс писал: «Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом, и повсюду, где мы встречаем какое-либо белковое тело, которое не находится в процессе разложения, мы без исключения встречаем и явления жизни»¹.

Анализируя естественноисторические условия, при которых белок становится жизнеспособным, Энгельс указывал, что белковое тело выполняет все существенные функции жизни: пищеварение, выделение, движение, сокращение, реакцию на раздражение, размножение.

Естествоиспытатели-материалисты в своих трудах уделяли большое внимание исследованию белков и подчеркивали их решающее значение в жизнедеятельности организмов.

Роль белка в обмене веществ, в проявлениях жизненных функций организма была отмечена, в частности, И. М. Сеченовым. По мысли Сеченова, нет такого физиологического отправления организма, в котором не участвовали бы белки. Он указывал, что жиры и углеводы являются как бы помощниками белка в согревании тела и мышечной работе.

Химические и биологические свойства белков, их роль в жизнедеятельности организмов привлекали также внимание крупного русского химика, основоположника материалистической теории строения органического вещества А. М. Бутлерова. Подчеркивая огромную физиологическую важность белковых веществ, А. М. Бутлеров одновременно дал им химическую и биохимическую характеристику, отметив, что белковые тела отличаются поразительной изменчивостью, обладают высокой пластичностью.

Глубоко понимал значение белка в обмене веществ выдающийся русский биохимик А. Я. Данилевский, который считал твердо установленным фактом, что в жизнедеятельности растительных и животных клеток главную роль играют белковые вещества, что жизнь со всеми ее проявлениями зависит главным образом от присутствия белков, а также от их свойств.

К. А. Тимирязев неоднократно подчеркивал невозможность проявления жизненных функций без участия белков, без их бесконечных превращений. Он указывал, что там, где есть белки, которые составляют основу протоплазмы, мы имеем не только материал — самое сложное органическое вещество, но и орудие — катализатор (фермент), обуславливающий возможность бесконечного ряда превращений веществ, их разложения и синтеза. Он отмечал, что в комке белкового вещества потенциально дан весь разнообразный химизм живого тела.

Данные современной биохимии показывают, что белки

¹ Фридрих Энгельс. Анти-Дюринг, стр. 77. Госполитиздат. 1951.

играют ведущую роль в биологическом обмене веществ. Поэтому процессы образования и превращения белка не только теснейшим образом связаны с другими звеньями единого обмена веществ, с обменом углеводов, жиров, органических кислот и т. д., но и определяют направление и интенсивность всех других сторон обмена веществ.

Значение белков в обмене веществ обусловлено прежде всего тем, что они обладают способностью бесконечно изменяться и взаимодействовать с разнообразными соединениями. Кроме того, известно, что белки составляют основу всех тканей организма и участвуют в качестве катализаторов-ферментов в преобразовании жиров, углеводов, алкалоидов, дубильных веществ и других соединений, входящих в состав организмов.

Динамическая природа белков организма была выявлена с исключительной ясностью в работах последних лет. Изучение обмена веществ путем широкого использования изотопного метода еще раз подтвердило положение Ф. Энгельса о постоянном самообновлении химических составных частей белка, что является его главной функцией и основным условием его существования.

В организме белок в результате воздействия ферментов постоянно с большой скоростью подвергается расщеплению на структурные элементы — аминокислоты — и непрерывно вновь синтезируется. Такому постоянному обновлению подвергаются не только, например, белки плазмы крови, но и белки, выполняющие в организме чисто механические, опорные функции, например, белки сухожилий.

Необозримое множество форм жизни может основываться только на безграничной способности белков взаимодействовать с другими веществами и на бесконечном разнообразии самих белков.

А. И. Опарин считает, что только на основе чрезвычайного разнообразия химических форм белка мог осуществляться отбор белковых веществ и систем, возникший на самых ранних этапах развития жизни.

Важнейшие биологические свойства белков зависят не только от их химических особенностей, но также от структуры молекул и от способности этих молекул соединяться в крупные молекулярные комплексы.

Разные белковые молекулы в зависимости от природы белка могут быть составлены из разного количества аминокислот — от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч. Поэтому молекулярный вес природных белков колеблется в пределах от 10 000—30 000 (у самых простых белков) до нескольких сотен тысяч и даже миллионов (у более сложных белков).

Белки отличаются также и количественным соотноше-

нием в них отдельных аминокислот (всего в составе белков найдено 23 аминокислоты). Если же учесть возможность различных сочетаний аминокислот в молекуле белка, то становится понятным, какое бесконечное разнообразие белковых тел может создаваться при этом.

Способность белков образовывать молекулярные комплексы подвергается существенным изменениям в зависимости от условий развития или изменения физиологического состояния организма. Так, в период пробуждения половой деятельности в организме лосося-самца происходит значительная перестройка белков мышечной ткани, связанная с развитием половых элементов из мышечных белков.

Многочисленными исследованиями установлено, что существенным изменениям подвергаются также белки кровяной плазмы. Так, отдельные особи одного и того же вида животных или одна и та же особь в разные периоды жизни и при различном состоянии содержат в крови неодинаковое количество белков, различающихся к тому же по аминокислотному составу.

Весьма интенсивные количественные и качественные изменения совершаются и в молекулах белка растительного организма. Работами советских исследователей установлено, что растительные белки подвергаются существенным изменениям в зависимости от физиологического состояния растения. Так, в одном из белков зерна пшеницы — глиадине по мере развития зерен наблюдаются изменения в количестве ряда аминокислот, из которых построен этот белок. Подобные же количественные и качественные изменения, в частности изменения аминокислотного состава, отмечены в белках, полученных из семян ржи и льна.

По данным советских исследователей, заметно различаются по аминокислотному составу белки листьев и клубней картофеля, листьев и семян арбуза, белки сахарной и столовой свеклы. Вместе с тем эти различия, как полагает А. Н. Белозерский, не дают основания отнести белок разных органов одного растения к различным группам химической классификации. Несмотря на известные различия химического состава и, видимо, строения, в этих белках все же имеется много общего.

Многочисленными биохимическими исследованиями, осуществленными с применением изотопного метода, установлено, что белки различных органов и тканей обновляются с неодинаковой скоростью, причем обновлению подвергаются и так называемые тканевые, структурные белки.

Указанные работы привели к опровержению представления о неизменяемости тканевых, конституционных белков и доказательству того, что белки всех органов и тканей организма при кажущемся постоянстве их качества и количества нахо-

дятся все время в состоянии непрерывного обновления, синтеза и распада, то есть в состоянии постоянного обмена.

Результаты этих исследований показали всю несостоятельность взглядов ряда ученых на характер и скорость обмена пищевых (экзогенных) и тканевых (эндогенных) белков. Сторонники теории эндогенного и экзогенного обмена белка полагали, что белки, образующиеся непосредственно из составных частей пищи, обновляются в организме со значительно большей скоростью, чем тканевые белки. Согласно этим представлениям, обмен эндогенных белков обуславливается только их постепенным «изнашиванием».

Данные современной биохимии, в особенности факты, обнаруженные посредством изотопного метода, явились новым подтверждением положения Ф. Энгельса о том, что «...всякое органическое существо в каждое данное мгновение является тем же самым и не тем же самым; в каждое мгновение оно перерабатывает получаемые им извне вещества и выделяет из себя другие вещества, одни клетки его организма отмирают, другие нарождаются, так что спустя известный период времени вещество данного организма вполне обновляется, заменяется другим составом атомов»¹.

Участие белков в обмене веществ определяется их исключительной реактивностью, способностью разнообразных боковых цепей белковой молекулы химически взаимодействовать, реагировать с самыми различными веществами небелковой природы. Нет ни одного химического вещества небелковой природы, выделенного из живых клеток, с которым белок не был бы в состоянии так или иначе взаимодействовать.

Превращение веществ в организме обуславливается единством, совокупностью самых разнообразных биохимических процессов. Течение процессов синтеза и распада, окисления и восстановления, ассимиляции и диссимиляции регулируется преимущественно ферментами, витаминами и гормонами, причем между указанными веществами существует весьма тесная связь и взаимообусловленность. Эти вещества принимают также активное участие в создании взаимосвязи между организмом и окружающей его средой — органической и неорганической природой.

Ферменты

Ферменты — это катализаторы белковой природы, которые возникают в процессе развития жизни и, участвуя в обмене веществ, обеспечивают единство организма с окружающими его условиями среды.

Наука о ферментах, или энзимах (катализаторах биологического происхождения), — энзимология — переживает бурное

¹ Фридрих Энгельс. Анти-Дюринг, стр. 22.

развитие. Теоретические положения и практические выводы этой науки широко внедряются в смежные области знания и с успехом используются в медицине, зоотехнии, растениеводстве и многих отраслях промышленности, перерабатывающей сырье биологического происхождения.

В основе функций живого — от элементарных и до самых сложных проявлений жизнедеятельности — лежат химические процессы, направляемые и ускоряемые ферментами. С биохимической точки зрения нормальное функционирование организма обуславливается слаженным действием многочисленных ферментных систем. Чрезмерное усиление или подавление интенсивности действия ферментов, то есть нарушение закономерности их действия, вызывает нарушение нормальной жизнедеятельности организма, а следовательно, возникновение болезней. Поэтому для познания химических основ жизненных процессов естествоиспытатели все чаще и чаще прибегают к исследованию ферментативных реакций.

Много ценного приносит изучение ферментативных процессов не только биохимикам, физиологам и фармакологам, но и клиницистам, микробиологам и технологам.

С каждым годом увеличивается число обнаруженных и изученных ферментов, все глубже познаются закономерности их действия.

Оказалось, что упорядоченность действия ферментов в организме обуславливается тем, что отдельные ферменты функционируют не разобщенно, изолированно друг от друга, а в виде сложных ферментных систем с определенным пространственным расположением, химическим и энергетическим сопряжением ферментативных процессов.

В отличие от других катализаторов ферменты обладают способностью вызывать химическое превращение веществ при сравнительно мягких условиях реакции и относительно низких температурах.

Данные современной биохимии показывают, что интенсивность и направленность процессов обмена веществ зависят от биокатализаторов — ферментов, витаминов и гормонов, а также от некоторых других соединений, обладающих каталитическим действием.

Исследования химической природы ферментов с очевидностью показали, что все без исключения ферменты являются специфическими каталитически активными белками, причем ферментами могут быть не только сложные белки — протеиды, то есть вещества, которые состоят из белка и присоединенной к нему небелковой части, но и простые, однокомпонентные белки.

В связи с этим предложенное в свое время Вильштеттером и получившее широкое распространение в биохимической литературе определение ферментов, согласно которому все фермен-

ты состоят из «активной протетической группы» небелковой природы и белкового «коллоидного носителя», теряет силу всеобщности и в настоящее время приобретает более узкое значение.

В отличие от белковой небелковая часть фермента представляет собой соединение относительно небольшого молекулярного веса.

В свете новых данных биохимии такие ферменты, как протеазы, амидазы, карбогидразы и эстеразы, являются простыми белками, не имеют протетической группы; а такие ферменты, как каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, аскорбиноксидаза, цитохромоксидаза, дегидразы, фосфорилазы и многие другие, являются сложными белками, протеидами.

Современные экспериментальные методы биохимии позволяют разделять ферменты на их белковую и небелковую части и исследовать свойства каждой части в отдельности. Небелковая часть фермента вне связи с белком лишена способности оказывать ферментативное действие, то есть она не может ускорять или направлять биохимические реакции. Небелковая часть фермента, называемая «активной протетической группой», химически относительно неподвижна, инертна. Однако эта неподвижная и относительно инертная протетическая группа при соединении с белковой частью фермента приобретает исключительную динамичность, необычайную химическую активность, становится вновь способной оказывать ферментативное действие. Следовательно, система «белок + протетическая группа» способна участвовать в регулировании и ускорении химических реакций в живых организмах.

У двухкомпонентных ферментов активной протетической группой преимущественно являются витамины, тяжелые металлы, а в ряде случаев и металлоиды (например, сера в составе тиоловой группы).

В организме существует определенное соотношение между общим количеством белков и ферментов. В зависимости от функции и физиологического состояния организма соотношение между количеством ферментов и белков меняется в пределах от 1:10 до 1:10 000. Однако в связи с новыми данными, полученными в ряде биохимических лабораторий, это положение нуждается в уточнении.

По некоторым, далеко не точным подсчетам каждая молекула фермента в течение одной секунды при температуре 35—37° способна «привести в действие» 400—500 молекул субстрата.

Исследования последних лет показали, что не только каталитически активные белки обладают ферментативными свойствами, в том числе и так называемые запасные, при определенных условиях приобретают свойства ферментов.

Прогресс экспериментальных методов в биохимии значительно расширил наши познания в области химии ферментов.

Прошло менее тридцати лет с того времени, когда Сэмнер выделил фермент уреазу в кристаллическом виде, а теперь число ферментов, полученных в кристаллическом виде, уже превышает 60.

Изучение химии ферментов окончательно привело к утверждению их белковой природы, обуславливающей их отличие в ряде отношений от других катализаторов. Термолабильность, то есть неустойчивость при колебаниях температуры, строгая специфичность, зависимость действия ферментов от концентрации водородных ионов — реакции среды, — все это связано с белковой природой ферментов. Характерно, что ферменты теряют активность при таком же температурном воздействии, какое обычно вызывает денатурацию, т. е. изменение природных свойств белков.

Наиболее существенным различием между ферментами и другими катализаторами является ярко выраженная специфичность действия ферментов, исключительная избирательность и весьма высокое их сродство к веществам, на которые они оказывают действие. Под специфичностью обычно понимают способность данного фермента направлять и ускорять лишь одну строго определенную реакцию. Так, если металлические соединения платины или никеля могут быть использованы в качестве катализаторов, например для гидрирования множества разнообразных веществ, то для ферментативного гидрирования каждого соединения требуется свой, строго определенный фермент.

В настоящее время накоплено значительное число данных, которые с определенностью указывают на то, что в процессе жизнедеятельности и под влиянием изменяющихся условий окружающей среды ферменты возникают, изменяются, а также теряют свои каталитические свойства.

Ферменты направляют и регулируют обмен веществ, участвуя тем самым в осуществлении единства организма с условиями жизни. Они выполняют эту функцию избирательно, путем активного приспособления организма к среде в процессе ассимиляции внешних условий, через множество противоречий, лежащих в основе обмена веществ.

Избирательная ассимиляция условий внешней среды, осуществляемая в процессе обмена веществ при участии каталитического аппарата организма, обеспечивается, с одной стороны, приспособленностью ферментов и их изменчивостью, а с другой — такими их характерными особенностями, как специфичность, термолабильность и зависимость их действия от концентрации ионов водорода в среде.

Химия ферментов развивалась главным образом в направлении изучения отдельных выделенных из организма неочи-

щенных или очищенных ферментных препаратов и ферментов в кристаллическом виде. Эти исследования, помимо установления белковой природы ферментов, привели к выяснению условий их действия вне организма, к установлению зависимости ферментативной активности от температуры, концентрации ионов водорода и многих других веществ, играющих роль активаторов или парализаторов действия ферментов.

Изучение ферментативных процессов имело существенное значение для познания технологической роли ферментов и широкого их использования в промышленности, перерабатывающей растительное и животное сырье.

Развитие исследований, направленных на выяснение биологической роли ферментов, со всей определенностью показало, что возникающие в живых организмах химические превращения обуславливаются сопряженным действием системы ферментов. Поэтому выяснение ферментативных процессов, лежащих в основе физиологической деятельности, не может быть осуществлено лишь с помощью изучения процессов, вызываемых отдельными ферментами.

В действительности оказалось, например, что дыхание, гликолиз, брожение и другие биохимические процессы обмена веществ осуществляются ступенчато, при участии многих ферментных систем.

Координация и сопряженность действия многоферментных систем обеспечивает слаженность биохимических процессов обмена веществ, лежащих в основе жизненных явлений.

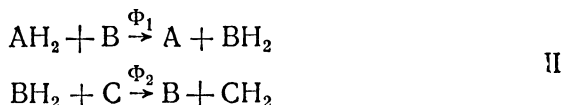
Согласно представлениям Диксона, примерный механизм действия многоферментных систем схематически может быть иллюстрирован следующими типами реакций. Предположим, что имеется два фермента, один из которых, взаимодействуя с веществом А, превращает его в вещество В, в то время как другой превращает В в вещество С (см. I).



Здесь два фермента (Φ_1 и Φ_2) связаны между собой через вещество В, которое является общим субстратом для обоих ферментов. При вовлечении новых ферментов в данную цепь реакций многоферментная система может еще более усложняться.

В реакциях второго типа конечный продукт, возникающий в результате действия первого фермента, также становится начальным субстратом действия второго фермента. Это имеет место, например, в окислительно-восстановительных реакциях. В этом случае первый фермент восстанавливает данный субстрат, а второй вновь окисляет его. Или при переносе фосфата — первый фермент фосфорилирует, а второй дефосфорили-

рует. Необходимо учесть, что реакции такого типа не обусловлены обратимостью действия первого фермента, а вызываются участием двух различных ферментов. В случае окислительно-восстановительных реакций вещество В также является общим субстратом для обоих ферментов, однако в этом случае сам связующий субстрат в итоге остается неизменным (см. II)



и только как бы играет роль промежуточного переносчика водорода от вещества А к веществу С.

В растительных и животных организмах мы встречаемся с процессами, осуществляемыми при участии многоферментных систем обоих типов.

Когда две ферментные системы связаны вместе, то действие второй системы зависит от действия первой. Поэтому если первая система перестает функционировать, то останавливается и вторая. Такая зависимость может быть обусловлена двумя совершенно различными причинами. Вторая система может зависеть от первой по той причине, что действие первой системы приводит к образованию исходного субстрата для второй системы; вторая система может быть также связана с первой не в отношении субстрата, а в отношении доставки энергии, необходимой для функционирования второй системы.

Классическими примерами многоферментных реакций могут служить дыхание, брожение, гликолиз.

Фотосинтез

Характерная особенность фотосинтеза — исключительно эффективное использование света, поглощаемого различными пигментами растений. Кванты видимого света поглощаются зеленым пигментом — хлорофиллом; способностью поглощать инфракрасный свет обладает пигмент бактериохлорофилл. Пигменты в растениях обычно сосредоточены в особых структурных образованиях протоплазмы растительной клетки — пластидах. Содержащие хлорофилл пластиды носят название хлоропластов. В благоприятных для фотосинтеза условиях поглощенные кванты световой энергии превращаются в потенциальную химическую энергию органических веществ.

Процессы синтеза органического вещества из углекислоты и воды, лежащие в основе жизни на нашей планете, рассматриваются биохимиком как чрезвычайно сложное природное явление, в осуществлении которого принимают участие различного рода ферменты.

Космическая роль зеленых пластид с исключительной яс-

ностью была вскрыта в классических исследованиях К. А. Тимирязева, который рассматривал хлорофильное зерно как точку мирового пространства, в которой происходит переход неорганического вещества в органическое, превращение лучистой энергии Солнца в химическую энергию.

В основе фотосинтеза лежат окислительно-восстановительные процессы, в результате которых происходит перенос электронов и протонов от молекулы воды к молекуле углекислоты. В отличие от обычных окислительно-восстановительных процессов, протекающих, например, при дыхании, в случае фотосинтеза часть этапов переноса электронов и протонов идет за счет энергии квантов света. Под влиянием квантов света происходит фотолиз воды, т. е. ее разложение. За счет энергии сгорания водорода осуществляются процессы образования макроэргических, т. е. богатых энергией, соединений, в частности соединений фосфора, и другие реакции фотосинтеза.

Работами А. Н. Теренина было обосновано положение о том, что в результате поглощения квантов света молекулы пигментов, в том числе хлорофилла, могут переходить в особое, так называемое бирадикальное состояние, в котором они обладают высокой химической активностью. Переход молекул хлорофилла или другого пигмента в бирадикальное состояние определяет его участие в последующих фотохимических процессах. Эти представления получили широкое распространение и являются ныне общепринятыми как у нас в СССР, так и за рубежом.

В дальнейшем, опираясь на теоретические построения К. А. Тимирязева, А. А. Красновский обнаружил способность хлорофилла, его аналогов и производных к реакции обратимого фотохимического восстановления.

В пластидах зеленых листьев растений (хлоропластах) сосредоточен весь хлорофилл, участвующий в фотосинтетической деятельности. Функция зеленых пластид обеспечивается не только наличием хлорофилла, но и разнообразием заключенных в них ферментных систем. Ферменты в пластидах находятся в связи со сложными белками (протеидами). Чтобы высвободить их, необходимо разорвать связь ферментов с протеидным комплексом пластид. Природа этой связи неодинакова у различных ферментов, и, что особенно важно, она подвергается закономерному изменению в зависимости от физиологического состояния организма. Такие факторы, как обезвоживание, охлаждение, увеличение осмотического давления, изменение концентрации водородных ионов (рН) и другие воздействия, ослабляют эту связь, приводят к ее разрыву.

Биохимическая активность пластид изменяется в зависимости от их морфологического строения. Структурные изменения пластид обуславливаются сложными биохимическими процессами, протекающими в клетке, и определяют в свою очередь

направленность всего обмена. Таким образом обнаруживается взаимообусловленность формы и функции, структуры и динамической активности протоплазменных образований.

Исследования последних лет, в которых широко применялись методы меченых атомов, хроматографии и другие, позволили вскрыть многие важные стороны превращения веществ в организме. Дальнейшее познание особенностей этих процессов позволит поднять продуктивность растениеводства и животноводства.

Известно, что облучение растений светом различного спектрального состава сильно изменяет ход процессов их роста и развития. Было высказано предположение, что одна из возможных причин специфического влияния на растения света различного спектрального состава может заключаться в том, что фотосинтетический аппарат растений работает в разных лучах спектра по-разному, образуя при этом неодинаковые продукты. Поэтому казалось возможным, что продуктами фотосинтеза могут быть не только углеводы, как это считалось до недавнего времени, но и другие соединения, и в частности белки в разных количественных и качественных отношениях.

Эта точка зрения получила экспериментальное подтверждение в работах последних лет. А. А. Ничипорович и другие советские исследователи показали, что на свету при одновременном снабжении листьев мечеными соединениями азота (N^{15}) и углерода (C^{14}) тот и другой изотоп одновременно и быстро обнаруживаются в ряде аминокислот и в белках. Это свидетельствует о том, что фотосинтетическое образование белков, повидимому, включает в себя цепь одновременно идущих процессов: новообразование углеродной цепи, восстановление нитратов и аминирование органических кислот.

Благодаря этому фотосинтез резко усиливает образование белков.

После выдерживания листьев с изотопами углерода и азота на свету меченые атомы оказались в следующих аминокислотах: аланине, серине и гликоколе, входящих в состав белков хлоропластов.

На синем свету в листьях более усиленно происходит синтез белков, чем образование углеводов. На красном свету, наоборот, синтезируются преимущественно углеводы.

Оказалось, что состав продуктов фотосинтеза сильно меняется с возрастом растения, зависит от условий питания и биологических особенностей растений.

Большинство исследователей считает, что в качестве первичного продукта при фотосинтезе образуется фосфоглицериновая кислота. Эту точку зрения успешно развивает американский исследователь М. Кальвин, опираясь на экспериментальные данные, полученные в опытах с применением радиоактивного углерода.

Опыты ставились Кальвином по следующей схеме: фотосинтезирующее растение питается углекислым газом, содержащим меченый углерод; путь углерода прослеживается на основе изучения образующихся меченых по углероду, то есть содержащих радиоактивный углерод, соединений.

Комочек водорослей после выдерживания на свету в течение определенного времени убивали опусканием в горячий спирт. Затем исследовали перешедшие в спирт радиоактивные соединения. После 10 секунд освещения весь радиоактивный углерод обнаруживался в фосфоглицериновой кислоте, на основе чего Кальвин считает ее одним из первых продуктов фиксации углекислого газа.

Распределение радиоактивного углерода (C^{14}) в молекулах углеводов, образующихся в растении на свету в результате фотосинтеза, показывает, что гексозы (углеводы с 6 атомами углерода) формируются из 3-углеродных остатков, соединяющихся попарно по карбоксильным группам.

Наряду с фосфоглицериновой кислотой, хроматографическим методом были обнаружены также 3, 5, 6 и 7-углеродные сахара. Распределение радиоактивного углерода в молекулах этих сахаров позволило представить себе механизм образования отдельных соединений и найти связь между ними.

Оказалось, что образование сахаров с 5 атомами углерода осуществляется посредством переноса двууглеродного остатка под действием фермента транскетолазы от седогептулезомонофосфата (соединения с 7 углеродными атомами) на фосфоглицериновый альдегид. При этом образуются два соединения с 5 углеродными атомами — рибулезомонофосфат и рибозомонофосфат.

Углевod с 7 углеродными атомами — гептоза, судя по распределению C^{14} в его молекуле, образуется путем соединения 4-углеродного и 3-углеродного остатков. Что же касается 4-углеродного соединения, то оно, по представлениям Кальвина, образуется в результате расщепления 6-углеродного соединения на 4-углеродное и 2-углеродное. На этом основании Кальвин приходит к заключению, что все сахара связаны между собой и что все они образуются из фосфоглицериновой кислоты.

Соединение, которое первоначально связывает углекислый газ (первичный акцептор CO_2), удалось обнаружить путем наблюдения за изменением содержания ряда соединений в растении при его экспонировании в течение различного времени с меченым по углероду углекислым газом ($C^{14}O_2$) на свету и в темноте.

Было установлено, что сразу после выключения света резко падает количество рибулезодифосфата, а количество фосфоглицериновой кислоты возрастает. Это указывает на то, что рибулезодифосфат является предшественником фосфоглицери-

новой кислоты. По мнению Кальвина, CO_2 связывается путем реакции карбоксилирования рибулезодифосфата.

Это заключение подтверждается и другими ранее поставленными опытами, в ходе которых бесклеточные препараты из водорослей и других зеленых растений катализировали образование фосоглицериновой кислоты, меченой в карбоксиле, из рибулезодифосфата и меченого по углероду углекислого натрия (в качестве источника углекислоты).

Данные о том, что из рибулезодифосфата и CO_2 образуется фосоглицериновая кислота, были подтверждены также опытами с меченым рибулезодифосфатом и немеченым углекислым натрием.

Для восстановления CO_2 до уровня углеводов, согласно представлениям Кальвина, требуется 4 электрона и 3 молекулы аденозинтрифосфорной кислоты. При этом используется энергия квантов света. Однако каталитическая система карбоксилирования может действовать также в том случае, если энергия подводится и другим путем. При соответствующем наборе ферментов, наличии восстановленного трифосфопиридиннуклеотида и аденозинтрифосфорной кислоты энергия для восстановления CO_2 до углеводов может доставляться и за счет других реакций. Примером служат фотосинтезирующие пурпурные бактерии, которые могут восстанавливать CO_2 водородом не только при воздействии света, но и с помощью химических окислительных систем ($\text{H}_2 + \text{O}_2$).

Факты показывают, что в зеленых растениях на свету происходит не только образование простых органических веществ (углеводов) из углекислоты воздуха и воды, но и синтез богатых энергией сложных химических соединений. Так, Д. Арнон показал, что изолированные из листьев шпината хлоропласты, будучи помещены в водный раствор, содержащий серноокислый магний, хлористый калий, адениловую кислоту, аскорбиновую кислоту, радиоактивный фосфор, глюкозу и фермент гексокиназу, при освещении без доступа углекислоты превращают световую энергию в химическую, приводя к образованию аденозинтрифосфорной кислоты с ее богатыми энергией пирофосфатными связями.

Описанное явление — новый яркий пример многообразия функций живой материи, реализуемых в конкретных условиях среды.

Выяснение этих закономерностей обмена веществ не только представляет большой общетеоретический интерес, но и открывает широкие перспективы для их практического использования.

В этой связи нельзя не упомянуть об одном важном открытии советских ученых, установивших новое явление в жизни растений: их способность усваивать, ассимилировать через корни углекислоту и карбонаты, которые, быстро передвигаясь по

тканям растения к листьям, могут использоваться там наравне с поступающей из воздуха углекислотой для фотосинтеза. Оказалось, что превращение углекислоты, поступающей через корневую систему, тесно связано с фосфорным и азотным питанием и обусловлено ферментативными процессами.

Исследования А. Л. Курсанова, проведенные в последние годы, показали своеобразный путь движения органических веществ в растении и выяснили роль корневой системы в этом процессе. Это движение совершается со скоростью до полутора метров в час и сопровождается глубокими биохимическими превращениями движущихся веществ.

Путь, проходимый веществами, берет свое начало в листьях, из которых образующиеся при фотосинтезе сахара быстро передвигаются вниз по растению и, достигнув корней, превращаются в них при участии фосфорной кислоты и углекислоты, поступающей из почвы, в разнообразные органические кислоты. Последние, взаимодействуя с аммонийными солями и подвергаясь процессам прямого аминирования и переаминирования (присоединение или перенос аминогруппы NH_2), образуют смесь разнообразных аминокислот.

Из корней аминокислоты быстро поднимаются вверх по растению и, концентрируясь главным образом в тканях побегов и плодов, используются здесь для построения белков вновь образующихся клеток.

Исключительно важное значение корневой системы в обмене веществ растительного организма состоит в том, что в корнях осуществляется синтез многих веществ. Так, работы советских ученых А. А. Шмука, Г. С. Ильина, немецкого ученого Курта Мотеса и других показали, что синтез определенной группы алкалоидов осуществляется только в корнях.

Следовательно, корневая система играет исключительно важную роль не только в ассимиляции веществ окружающей среды, но и в разнообразных синтетических процессах, в частности в превращении сахаров в аминокислоты.

Все это свидетельствует о том, что данные физиолого-биохимических исследований позволяют глубже познать закономерности питания, роста и развития организмов.

О синтезе белка

Изучение белка, его структуры и функций, проблема искусственного синтеза белка привлекают внимание естествоиспытателей уже в течение многих десятилетий.

Серьезным препятствием для плодотворной разработки этой проблемы служили представления о природе белковых веществ, развиваемые метафизиками и агностиками.

Изучение закономерностей формирования белковых тел в

организмах, особенностей их биосинтеза имеет большое значение для осуществления искусственного синтеза белка.

Значительный вклад в указанную область сделан отечественными учеными. Так, на важное значение пептидной связи как основы строения белка впервые указал А. Я. Данилевский. Он же сделал первую попытку синтеза белковых веществ вне организма (1884) под действием протеолитических, то есть участвующих в расщеплении белка, ферментов, установив, что прибавление препарата пепсина к концентрированному раствору продуктов пепсинового распада белка приводит к образованию белковоподобных веществ, названных в дальнейшем пластеинами.

Осуществленный А. Я. Данилевским синтез пластеинов был первым шагом, поставившим проблему искусственного синтеза белка на экспериментальную почву. Условия синтеза пластеинов, их физические и химические свойства в течение десятилетий изучаются в разных лабораториях.

Со времени первых опытов А. Я. Данилевского естествоиспытателями были сделаны многочисленные попытки синтеза белка вне организма. Необходимым этапом на пути к синтезу любых веществ биологического происхождения является познание закономерностей их строения. Так, обширные и подробные исследования встречающихся в природе стероидных соединений способствовали тому, что стало возможным осуществить синтез многих физиологически важных веществ этой группы, в том числе кортизона — гормона коры надпочечников, играющего исключительно важную роль в лечении ревматизма и ряда других болезней.

Поэтому столь важным является изучение важнейших свойств природных белков — ферментативных, иммунологических, гормональных, так как эти свойства, по мнению большинства исследователей, обусловлены особенностями строения белков.

В связи с этим существенное значение для познания строения и свойств белков имеют исследования чехословацких ученых Ф. Шорма, Б. Кейла, И. Рыхлик и других¹.

Эти авторы подвергли детальному изучению аминокислотный состав белков, обладающих определенными функциональными свойствами: ферментативными, гормональными и иммунологическими.

На основании многочисленных экспериментальных исследований Ф. Шорм и его сотрудники пришли к выводу, что состав белковых молекул подчиняется определенным закономерностям и что в белках нельзя предполагать совершенно произвольное взаимное расположение аминокислот. Следовательно, согласно этим представлениям, аминокислоты, входящие в состав бел-

¹ Сборники чехословацких химических работ, т. 18, 1952 г.; т. 19, 1954 г.

ков, располагаются не хаотически, не случайно, а в определенном закономерном порядке.

Важное значение в смысле проникновения в структуру белковой молекулы имеют исследования о строении гормона инсулина, вырабатываемого особыми клетками поджелудочной железы и имеющего белковую природу.

Исследованиями французского ученого Фромажо и его сотрудников были установлены эмпирическая формула и молекулярный вес инсулина. Оказалось, что в молекулу инсулина входят 16 различных аминокислот и она содержит следующее количество аминокислотных остатков: глицина — 7, аланина — 6, серина — 6, цистина — 6, треонина — 2, валина — 8, лейцина — 13, изолейцина — 2, пролина — 2, фенилаланина — 6, тирозина — 8, аспарагиновой кислоты — 5, глутаминовой кислоты — 16, лизина — 2, гистидина — 4, аргинина — 2. Молекулярный вес инсулина в пересчете на азот оказался равен 11 200.

Существенный шаг на пути к познанию строения инсулина был сделан в самое последнее время.

Английские исследователи Сенгер и Томпсон показали, что инсулин построен из двух разных полипептидных (состоящих из многих аминокислот) цепочек, связанных между собой дисульфидным (S — S) мостиком, который при окислении распадается. Первая цепочка (фракция А) содержит 22 аминокислотных остатка и имеет молекулярный вес 2 900. При кислотном гидролизе фракции А были получены четыре пептида с точно установленным составом. Подвергнув ферментативному гидролизу фракцию А окисленного инсулина, Сенгер и Томпсон выяснили порядок чередования аминокислот, входящих в состав указанной фракции.

Эти исследования открывают новые возможности на пути к синтезу белковых тел, наделенных ярко выраженными физиологическими, точнее говоря, гормональными функциями.

Уже первые работы, имевшие целью выяснить условия синтеза белка в организме, показали, что основную роль в синтезе пептидной связи в животном организме играют мельчайшие структурные образования протоплазмы клеток — микросомы и митохондрии. Сочетание этих образований, изолированных из животных клеток (например, из клеток печени), способно осуществлять включение меченых аминокислот в белки. Исследования, проведенные в нашей лаборатории, показали, что в растительном организме, например в зеленом листе, исключительно важную роль в синтезе белка играют хлоропласты.

Согласно представлениям многих исследователей, для биосинтеза белка предполагаются необходимыми следующие условия: 1) активирование карбоксильной группы свободных аминокислот; 2) перенос активированных аминокислот на нуклеиновые кислоты, где они размещаются в порядке специ-

фического чередования, столь характерного для данного синтезируемого белка; 3) синтез пептидной связи, то есть основной связи белка, на молекуле нуклеиновых кислот, после чего образовавшийся белок отделяется от поверхности нуклеиновых кислот.

Активирование карбоксильной группы происходит при помощи различных типов ферментативных реакций, вероятнее всего, путем ее фосфорилирования с образованием связи, богатой энергией. Характерной чертой реакций активирования является сохранение в некоторой степени энергии той связи, которая разрывается при расщеплении активированного соединения.

В реакциях синтеза пептидной связи в таких соединениях, как гиппуровая кислота¹, глютамин² и глутатион³, намечаются две общие черты: карбоксильная группа активируется, это активирование осуществляется за счет энергии расщепления пиррофосфатных связей аденозинтрифосфорной кислоты.

Биохимическими исследованиями последних лет накоплено много доказательств, подкрепляющих это представление. Так, во всех работах, исследующих включение меченых аминокислот в белки структурных элементов клетки, показано необходимое участие аденозинтрифосфорной кислоты.

В пользу представления о необходимости активирования карбоксильной группы при синтезе белка говорят также результаты работ, показавших, что образование в микроорганизмах при выращивании их на определенных средах адаптивных энзимов зависит от одновременного присутствия источника энергии и свободных аминокислот.

Рассматривая проблему искусственного синтеза белка, наделенного определенными физиологическими функциями, необходимо отметить, что в последние годы достигнут весьма существенный прогресс в указанном направлении.

Сотрудники биохимической лаборатории Корнеллского университета: Ливермор, Пирс и Гордон получили в результате работ, проведенных в 1949—1952 годах, высокой чистоты кристаллический препарат белка окситоцина (гормон гипофиза), вызывающий сокращение матки и отделение молока. После гидролиза этого препарата были получены в одинаковых количествах следующие аминокислоты: лейцин, изолейцин, тирозин, пролин, глютамин, глютаминовая кислота, аспарагиновая кислота, глицин и цистин, а также аммиак в 3-кратном количестве. Это соединение оказалось полипептидом с молекулярным весом около 1 000.

Продолжение указанных исследований привело к синтезу

¹ Соединение бензойной кислоты с аминокислотой гликоколлом — простейший аналог пептидной связи белка.

² Амид глютаминовой кислоты.

³ Простейший трипептид — соединение 3 аминокислот.

октапептида, т. е. соединения, состоящего из 8 аминокислот, соединенных пептидными связями. Синтез был осуществлен в этой же лаборатории в 1954 году.

Оказалось, что синтезированный октапептид обладает окситоинной активностью, т. е. вызывает сокращение изолированной матки мыши и отделение молока (около 1 гамма как синтетического окситоцина, так и выделенного природного гормона при внутривенном введении подопытному животному вызывали отделение молока в течение 20—30 секунд).

Удельное оптическое вращение синтетического продукта оказалось весьма близким оптическому вращению натурального гормона. Синтетический окситоцин, так же как и природный, образует производные соединения, сходные друг с другом по точке плавления и по форме кристаллов.

Аминокислотный состав, так же как коэффициент распределения при хроматографировании и электрофоретическая подвижность оказались одинаковыми у синтезированного октапептида и природного гормона окситоцина.

Следовательно, как по физико-химическим особенностям, так и по биологической активности, т. е. гормональным свойствам, синтетический октапептид оказался идентичным натуральному гормону гипофиза окситоцину. Таким образом, если синтетический продукт действительно представляет окситоцин, а насколько можно судить по химическим и биологическим свойствам, это так, то в данном случае впервые осуществлен синтез полипептида, наделенного гормональными свойствами.

Эти исследования открывают исключительно широкие перспективы в познании закономерностей биологического обмена веществ и раскрытии на этой основе путей искусственного синтеза белков.

Структурные изменения живой материи и ее основы — белков — представляют один из важнейших факторов, определяющих направленность биологического обмена веществ, поскольку происходящие непрерывно структурные изменения протоплазмы обуславливают изменения химической активности белков, в том числе и ферментов, а тем самым — скорости и направления отдельных процессов обмена веществ.

Вспомогательным фактором, направляющим в определенной степени обмен веществ, служат физико-химические условия, создающиеся в процессе обмена в клетках животного или растительного организма.

Так формируется система противоречивых и вместе с тем чрезвычайно тесно связанных между собой, взаимопроникающих явлений, которая определяет последовательный, закономерный и направленный ход обмена веществ, обеспечивающий постоянное самообновление, изменение и развитие живой материи.

Таким образом, слаженность множества противоречивых

процессов, определяющая закономерность и направленность обмена веществ, является неотъемлемым свойством живой природы.

Диалектический материализм рассматривает явления не только с точки зрения их взаимной связи и обусловленности, но и с точки зрения их развития, возникновения и отмирания. Поэтому для понимания причин и особенностей жизненных явлений и лежащих в их основе процессов обмена веществ недостаточно установления биохимических и биофизических закономерностей. Изучение физико-химических и биохимических закономерностей необходимо дополнить познанием физиологии и биологии живых тел, проводимым не в отрыве от всей предшествующей истории живой природы, как это делают сторонники метафизических воззрений, а на основе исследования возникновения и постепенного усложнения живой материи в процессе ее развития.

Пути практического приложения биохимических закономерностей обмена веществ

В социалистическом обществе теория и практика обогащают и развивают одна другую, наука и производство едины и неразрывны. Однако некоторые биологи отрываются от жизни, игнорируют сложную взаимосвязь изучаемых явлений. Они делают свои выводы и заключения лишь на основе ограниченного опыта отдельных лабораторий, без учета биологических особенностей объектов своих исследований, а также совокупности факторов окружающей среды.

Недооценка принципа единства науки и производства приводит некоторых исследователей к ошибочным, догматическим выводам. Ориентируясь только на узкий опыт отдельных лабораторий, они, например, утверждают, что увеличение количества белка в зерне пшеницы следует объяснить лишь «уменьшением количества осадков».

Между тем результаты широкой практики, народного опыта расходятся с таким выводом. Справедливость наблюдений практиков подтверждена ныне данными научного эксперимента. Так, по новейшим данным советских исследователей, в результате орошения не снижается ни количество, ни качество белков, содержащихся в зерне различных сортов пшеницы. У некоторых же сортов пшеницы полив приводит к заметному повышению не только валового выхода белка с единицы площади, но и содержания белка в зерне. Например, в зерне кахетинской ветвистой пшеницы, выращенной без полива, содержалось 19,8% белка, а с поливом — 20,6%; в зерне пшеницы сорта ВИР-283 соответственно — 21,9 и 22,8% белка.

Более того, исследования Н. С. Петина, а также Т. Б. Дар-

канбаева и других авторов показали, что в условиях зоны поливного земледелия Поволжья и Казахстана при правильном сочетании применения удобрений и орошения можно получить пшеницу с высоким содержанием белка. Путем применения удобрения Т. Б. Дарканбаеву удалось повысить урожайность пшеницы по сравнению с таковой на контрольных неудобренных участках на 24—62%, а содержание белка в зерне — более чем на 3%. Эти опыты показали, что, применяя рациональную агротехнику, правильно сочетая полив с удобрениями, можно в юго-западных областях Казахстана повысить содержание белка в зерне поливной пшеницы до уровня его содержания в зерне пшеницы, выращиваемой в зоне обычного и сухого земледелия, т. е. без полива.

Проблема повышения содержания белка в пшенице имеет исключительно важное народнохозяйственное значение. В этом отношении новые большие перспективы открываются в связи с освоением огромных площадей целинных и залежных земель.

Многовековой опыт, вся история земледелия свидетельствуют о неуклонном повышении качества пшениц в результате направленного отбора, подбора необходимых сортов, улучшения агротехники и питания растений.

По данным Института зернового хозяйства нечерноземной полосы (Немчиновка), в условиях Подмосковья внесение азотистых, калийных и фосфорнокислых удобрений при их правильном сочетании приводит к существенному повышению урожайности пшеницы и содержания в ней белков. В опытах с яровой пшеницей сорта Московка в 1951 году было получено без удобрения 13,3% белка и 10 ц/га зерна, а с удобрением — 17,6% белка и 22 ц/га зерна. В 1952 году при работе с этим же сортом было получено без удобрения 11,8% белка и 25 ц/га зерна, а с удобрением — 15,3% белка и 42 ц/га зерна.

Большие перспективы в поднятии продуктивности сельскохозяйственного производства открываются в связи с широким применением микроэлементов. Входя в состав ферментов, витаминов и некоторых протеидов (сложных белков), микроэлементы вовлекаются в важнейшие процессы жизнедеятельности и тем самым участвуют в определении типа и направленности обмена веществ растительных и животных организмов.

Исследованиями советских ученых показано, что марганцевые, медные и борные микроудобрения оказывают, как и следовало ожидать, существенное влияние не только на урожайность различных сельскохозяйственных культур, но и на качество получаемой продукции.

Важное значение имеют микроэлементы в кормлении сельскохозяйственных животных, в поднятии их продуктивности. Так, по данным Я. М. Берзина, ежедневное скармливание свинкам (с момента покрытия и до опороса) препарата, содер-

жащего в расчете на 1 кг живого веса 0,3 мг CoCl_2 , 0,5 мг MgSO_4 , 0,5 мг ZnCl_2 , увеличивает вес поросят при рождении на 15—40%.

Применение микроэлементов дает положительные результаты и в опытах с другими животными.

В обмене веществ важную роль играют также витамины. Открытие витаминов связано с именем русского ученого Н. И. Лунина, который еще в восьмидесятых годах прошлого столетия выяснил их роль в нормальной деятельности организма.

Витамины являются необходимыми и незаменимыми составными частями пищи. Это видно из того, что из-за их отсутствия происходят глубокие расстройства в обмене веществ как у человека, так и у животных, и возникают различные заболевания, называемые авитаминозами, такие, как цынга, рахит, пеллагра и др.

До недавнего времени общепринятым считалось представление о том, что единственной функцией витаминов в организме является предотвращение заболеваний авитаминозного характера, в связи с чем применение витаминов ограничивалось предупреждением заболеваний, возникающих на почве витаминной недостаточности.

Не отрицая этой важной роли витаминов, советские ученые вместе с тем с полной очевидностью доказали ограниченность этого представления. Оказалось, что витамины не только предохраняют организм от авитаминозов, но и обладают выраженной способностью «повышать» многие жизненные свойства организма, улучшая обмен его веществ.

Примером этого может служить большое значение витаминов для поддержания и укрепления иммунных свойств организма, его невосприимчивости к заболеваниям. Оказалось, что способность организма вырабатывать специфические защитные вещества, возникающие в ответ на попадание во внутрь бактериальных клеток, токсинов и т. д., в сильной мере повышается при систематическом потреблении достаточно больших доз витаминов. Это указывает на важную роль витаминов в предупреждении заболеваний. Однако следует учесть, что такое действие витаминов проявляется не при минимальном их потреблении, способном защитить организм от авитаминоза, а при систематическом введении в организм доз, по крайней мере в 2—3 раза превосходящих минимальные.

Важное значение приобретают витамины в поднятии продуктивности животноводства. Особенно существенное значение для животноводства имеют витамины А, D и B_{12} , а для птицеводства, кроме того, витамин B_2 .

В связи с этим необходимо указать, что в таких странах, как США и Англия, применение витаминов в животноводстве до-

стигло значительных масштабов и с каждым годом быстро расширяется. В 1954 году в США было произведено около 50 т синтетического витамина А. Из этого количества на нужды животноводства было использовано около 20 т. В этой же стране витамин D применяется в птицеводстве в количествах, превышающих его применение для пищевых целей в 3—4 раза. Особенно большого развития достигло здесь производство концентратов витамина В₁₂, также используемых для нужд животноводства.

Многочисленными экспериментальными данными установлено, что крупный рогатый скот зачастую страдает в резкой форме от недостатка витамина А и это ведет к угнетению утробного развития плода, повышению процента яловости коров, увеличению числа выкидышей. В результате от коров, страдающих А-авитаминозом, рождается хилое и мало жизнеспособное потомство. Прием витаминов А и D в виде рыбьего жира или концентратов приводит к быстрому улучшению состояния и выздоровлению молодняка.

Очень наглядно демонстрируют действие витаминов опыты Я. М. Берзина, проведенные в институте зоотехнии Академии наук Латвийской ССР, по выращиванию телят на снятом молоке, но с включением в рацион молодняка необходимых количеств витаминов А и D. Опыты, проведенные в течение нескольких лет на сотнях голов животных, показали, что телята при таком кормлении не только нормально развивались, но и меньше были подвержены заболеваниям, а в дальнейшем обладали более высокой продуктивностью. Результаты этих исследований позволяют снизить затраты цельного молока при выпойке до 80—100 кг, скармливаемых лишь в первые дни жизни, и сэкономить на выпойке одного теленка примерно 12—14 кг сливочного масла, затрачивая при этом всего 1 г витамина А и 15 мг витамина D.

Не менее обнадеживающие результаты дает применение витаминных препаратов в овцеводстве, свиноводстве и птицеводстве.

Передовые совхозы и колхозы, широко используя достижения современной биохимии, с успехом применяют концентраты витаминов в животноводстве. Так, в 1954 году в совхозе «Знамя Октября» с использованием витаминных препаратов было откормлено 32 200 голов, а в подмосковном совхозе имени X-летия Октября — 16 986 голов крупного рогатого скота. Характерно, что оба совхоза добились высоких показателей по нагулу и стали участниками ВСХВ.

Широко используются концентраты витаминов для обогащения рационов птицы на таких передовых птицефабриках, как Братцевская, Томилинская, Кунцевская и другие, где ежегодно получают в среднем от каждой несушки около 200 яиц.

Основой всех мероприятий, направленных на повышение продуктивности животноводства, является создание прочной кормовой базы, то есть обеспечение животных во все времена года достаточно разнообразными полноценными, высокопитательными кормами, в том числе и витаминными.

Наиболее эффективный путь решения проблемы витаминного питания животных и вместе с тем обогащения продуктов животноводства витаминами заключается в сочетании применения витаминных препаратов с использованием природных кормов, богатых витаминами.

С точки зрения увеличения ресурсов витамина А особое значение приобретает развитие силосования, как основного способа сохранения каротина в кормах, рационализация технологии сеносушения, расширение посевов кукурузы, моркови, сортов тыквы, богатой каротином, организация зеленого конвейера, то есть бесперебойного снабжения животных зеленым кормом в весенне-летне-осеннее время.

Вместе с тем необходимо принять решительные меры к увеличению в шестой пятилетке промышленного производства витаминных препаратов.

В этой связи большой интерес представляют исследования, проведенные В. Н. Букиным в Институте биохимии имени А. Н. Баха Академии наук СССР, показавшие, что отходы рыбной и пищевой промышленности, в частности различных микробиологических производств представляют собой неисчерпаемые природные ресурсы для производства витаминов. Наряду с этим в лаборатории В. Н. Букина разработаны методы извлечения витаминов из различного природного сырья и их концентрирования. Всесоюзным витаминным институтом разработаны методы получения синтетических препаратов витаминов.

Данные науки и передового опыта показывают, что применение витаминов позволяет не только полнее сберечь поголовье, то есть уменьшить заболеваемость и падеж скота, но и одновременно существенно повысить продуктивность животных, а также улучшить качество продуктов животноводства.

Марксистско-ленинское положение о взаимосвязи и взаимообусловленности теории и практики открыло перед всеми отраслями науки, в том числе и перед биохимией, широкие перспективы в смысле познания объективных закономерностей обмена веществ и управления биохимическими процессами, лежащими в основе технологии обработки пищевых продуктов. Оно сыграло исключительную роль в создании единства биохимической теории и практики, в подчинении теоретических исследований актуальным задачам современного производства, способствовало тому, что вопросы производства явились источником научного творчества.

Всячески приветствуя укрепление связи науки с производ-

ством, А. Н. Бах указывал, что теснейшая взаимосвязь науки с социалистической практикой представляет собой самое важное, самое главное условие дальнейших успехов в области совершенствования производства и развития самой науки.

Ни одна отрасль промышленности не связана так тесно и органически с биохимией, как пищевая промышленность. Современная технология производства пищевых продуктов в основе своей является биохимической технологией.

Вместе с неуклонным ростом благосостояния трудящихся Советского Союза повышаются и требования, предъявляемые ими к качеству пищевых продуктов. Все это выдвигает перед советскими биохимиками задачу научного обоснования и коренной рационализации существующей, а также создания новой технологии производства пищевых продуктов.

Советская биохимия прокладывала пути развития таких отраслей пищевой и медицинской промышленности, как производство лимонной кислоты и лекарственных веществ биологического происхождения, усовершенствовала переработку табака, производство чая, разработала научные основы хлебопечения и т. д.

Глубокое знание закономерностей действия ферментов в живых организмах позволило советским биохимикам показать, что в основе технологии ряда производств, имеющих дело с сырьем растительного или животного происхождения, лежит биологический катализ. Это объясняется прежде всего тем, что такое сырье, как, например, ягоды винограда, корни свеклы, зерна злаков, клубни картофеля, табачные и чайные листья, органы и ткани разных животных, и другие объекты биологического происхождения, содержит разнообразные ферменты.

В процессе технологической переработки сырья биологического происхождения живые ткани разрушаются, но содержащиеся в них ферменты сохраняются в активном состоянии.

В виноградном сусле, ферментирующемся чае, тесте и других объектах ферменты ускоряют и направляют химические реакции, которые придают сырью качество готового продукта: надлежащую усвояемость, вкус, аромат.

Научный анализ пищевой технологии растительного и животного сырья привел А. Н. Баха к выводу, что только на основе глубокого понимания действия ферментов можно действительно рационально управлять технологическим процессом приготовления пищевых продуктов, получая продукты только самого высокого качества.

Эти положения нашли в нашей стране плодотворную почву для своего развития и применения на практике в период социалистической индустриализации, коренной реконструкции промышленности, коллективизации сельского хозяйства и мощ-

ного развития на этой основе всех отраслей пищевой промышленности.

Борьба с потерями в процессе уборки, хранения и транспортировки сельскохозяйственных продуктов приобретает исключительное значение в поднятии общей продуктивности сельского хозяйства.

Поэтому важное место в работах советских биохимиков занимает разработка научных основ хранения продуктов земледелия и животноводства. Так, например, используя знание закономерностей обмена веществ, В. Л. Кретович в содружестве с технологами разработал рациональные режимы сушки и хранения семенного и продовольственного зерна. Результаты этих исследований имеют важное значение особенно для тех районов, где сушка свежееубранного зерна является обязательной.

Приступая к разработке теоретических основ чайного производства, А. И. Опарин еще в 1935 году писал, что в большинстве пищевых производств можно различить два основных этапа. На первом этапе сырье растительного или животного происхождения, поступающее на фабрику или завод, подвергается определенной физической, чаще всего механической, обработке. Живые клетки разрушаются, и их содержимое смешивается в более или менее однородную массу, так называемую автолитическую смесь. Второй этап производства — ферментация этой смеси, в ходе которой сырье претерпевает соответствующие биохимические изменения, от которых зависит качество получаемого готового продукта.

На первом этапе производства черного чая после предварительной подготовки и завяливания чайный лист раздавливают и скручивают на роллерах. При завяливании происходит повышение активности ферментов и создаются благоприятные условия для их действия в автолитической смеси. Листья при этом разрушаются, и полученная масса подвергается ферментации, которая и является основным этапом чайного производства.

В ходе ферментации содержимое клеток листьев чая претерпевает глубокие изменения. В частности, содержащиеся в клетках дубильные вещества окисляются, полифенолы чайного листа подвергаются окислению с образованием хинонов. Затем при участии хинонов происходит окисление веществ, используемых в процессе дыхания, и обратное восстановление хинонов с образованием чайного катехина. При дальнейшей ферментации хиноны превращаются в конденсированный таннин.

Следовательно, во время механической обработки, приводящей к разрушению листа, в последнем вследствие нарушения целостности клеток совершаются существенные биохимические превращения. В результате этих процессов и образуются пигменты, придающие темный цвет чайному настою.

Такова созданная советскими учеными биохимическая тео-

рия чайного производства, вскрывшая сущность превращений, в результате которых чайный лист приобретает свойственные готовому продукту вкус, цвет и аромат. Установление объективных химических показателей чайного производства позволило судить о том, каких изменений в химическом составе или общем состоянии чайного листа на каждой стадии его переработки должен добиваться технолог.

Советскими учеными был предложен биохимический контроль, применяемый ныне во всей отечественной чайной промышленности как точный способ руководства технологическими операциями при получении черного чая. О высокой эффективности биохимического контроля, осуществляемого уже в течение нескольких лет, свидетельствует значительное улучшение качества готовой продукции.

Биохимическая теория чайного производства продолжает развиваться и совершенствоваться. Многие исследователи других чаепроизводящих стран идут ныне по пути, проложенному советскими учеными.

Установление закономерных связей в процессе биологического обмена веществ открыло широкие возможности для развития и других отраслей производства, в основе которых лежит биохимическая технология.

Существенные результаты получены советскими учеными в табачной, хлебопекарной, витаминной, винодельческой и других отраслях пищевой промышленности.

* * *

Новые исключительно широкие перспективы открываются перед советской наукой в связи с историческими решениями XX съезда КПСС.

В этих решениях намечена боевая программа движения нашей страны по пути к коммунизму, дальнейшего подъема всех отраслей промышленности и социалистического сельского хозяйства.

В связи с этим перед советскими биологами, в частности, перед биохимиками встают серьезные задачи в области борьбы с болезнями животных и растений, повышения продуктивности растениеводства и животноводства, разработки новых принципов хранения и переработки сырья растительного и животного происхождения.

Советские биохимики отдадут всю свою энергию, знания и опыт для осуществления задач, поставленных XX съездом КПСС перед отечественной наукой.



СОДЕРЖАНИЕ

| | <i>Стр.</i> |
|--|-------------|
| Роль белка в обмене веществ | 4 |
| Ферменты | 8 |
| Фотосинтез | 13 |
| О синтезе белка | 18 |
| Пути практического приложения биохимических закономерностей обмена веществ | 23 |

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Новая площадь, д 3/4.

★

Автор
Норайр Мартиросович Сисакян.

Редактор О. М. Бенюмов.
Техн. редактор Г. В. Фурман.
Корректор Г. М. Бауэр.

А 08094. Подписано к печати 28. VIII. 1956 г. Тираж 73 000 экз. Изд. № 217.
Бумага 60×92¹/₁₆ — 1 бум. л. = 2 п. л. Учетно-изд. 1,88. л. Заказ № 1927.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.
Москва, ул. «Правды», 24.

**ВКЛАДЫ В СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ
СПОСОБСТВУЮТ ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР**

СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ

ПРИНИМАЮТ ВКЛАДЫ до востребования,
срочные, выигрышные, условные и на теку-
щие счета;

ВЫДАЮТ ВКЛАДЫ по первому требованию
вкладчиков;

ПЕРЕВОДЯТ ВКЛАДЫ из одной сберегатель-
ной кассы в другую;

ВЫДАЮТ и ОПЛАЧИВАЮТ АККРЕДИТИВЫ;

ПРОДАЮТ и ПОКУПАЮТ облигации Госу-
дарственного 3% внутреннего выигрышного
займа;

ВЫПЛАЧИВАЮТ ВЫИГРЫШИ по облигациям
государственных займов.

По вкладам, внесенным в сберегательные
кассы, вкладчикам выплачивается доход
в виде процентов или выигрышей.

**ВНОСИТЕ ВКЛАДЫ
В СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ**