

植物蛋白

[英] G. 诺顿 著

科学出版社

植 物 蛋 白

〔英〕 G. 诺顿 著

殷蔚萸 殷蔚蕙 译

科 学 出 版 社

1 9 8 8

内 容 简 介

本书对植物蛋白进行了全面的介绍,着重介绍了植物蛋白的性质,生物合成及有害物质等方面的工作,并对植物蛋白的资源开发、质量改进、产量提高,人类对蛋白质的需要量以及植物蛋白在食品工业中的应用等做了探讨。

本书适合于大专院校师生,植物蛋白研究工作者和食品工业科技人员参考。

ERS6/36

G. Norton
PLANT PROTEINS
Butterworths, 1978

01

植 物 蛋 白

〔英〕G. 诺顿 著

殷蔚英 殷蔚萱 译

责任编辑 程汝康

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983年4月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1983年4月第一次印刷 印张:14 3/8

印数:0001—4,700 字数:330,000

统一书号:13031·2225

本社书号:3039·13—10

定价: 2.20 元

前 言

在发达的国家里，除去谷物的贡献外，人们对蛋白质的需要传统上是靠动物蛋白质来满足。与之相比，在技术较不发达的国家中，谷物和豆类组成人们主要膳食中的一大部分。尽管近十年左右，引入了无数的技术上的革新，然而动物蛋白质的生产仍是一种昂贵且总效率较低的过程。直到最近，发达国家对直接从植物原料来生产合理价格的高质量蛋白质食品还缺乏兴趣。现在，随着技术上的改进和动物蛋白质的价格上涨的影响，植物蛋白质，特别是从豆类中得到的那些，愈来愈多的被用来生产价格低廉的并且可以被人们接受的各种形式的肉类替代品。

此外，在人类膳食中以适当的形式增加植物蛋白质的比例应能增加农业的总效率，后者在长时期内，将会对生产者及消费者双方都有利。

由于思想上有了这样的一种背景，第24届复活节讲习班(Easter School)的计划把植物蛋白质尽可能全面地考虑在内，而且着重于把这些原料直接用于人类食物上。这种成就必然是多方面措施的而且包含了农学家、生物化学家、植物学家、化学家、经济学家、食品科学家、微生物学家、营养学家、物理学家和植物育种家的贡献。这种成就的广度可以从各种会议上得到评价。这些会议包括蛋白质的性质和生物合成，种子中贮存物质的保存，不符合需要的因子，生产以及食品工业中植物蛋白质利用上的改进和营养方面等。尽管所包括的范围中有些被忽略和不足之处，但有些是经过

深思熟虑的，也有些是偶然的，对于这些我们不作辩解。我们希望书中所提供的资料对在植物蛋白质应用的领域内工作的人们有些用处。

目 录

前 言.....	(i)
----------	-------

第一部分 植物蛋白质的性质和生物合成

一、植物蛋白质的一般特性、分类和分布.....	
.....D. Boulter, E. Derbyshire (1)	
二、叶绿体蛋白质及其合成.....R. J. Ellis (32)	
三、豆科植物种子蛋白质的生物合成.....	
.....A. Yarwood (54)	

第二部分 种子中贮藏蛋白质的发展

四、油料种子中蛋白质的生成和沉积.....	
G. Norton, J. F. Harris和A. Tomlinson (76)	
五、豆科和谷类中蛋白质沉积的机理.....	
.....L. G. Briarty (104)	

第三部分 与植物蛋白质有关的不符合需要的因子

六、非蛋白氮化合物：与氨基酸和蛋白质合成 有关的毒性和拮抗的作用.....L. Fowden (140)	
七、种子中的蛋白酶抑制剂和其他毒性因子...	
.....I. E. Liener (151)	
八、肠道微生物在日本鹌鹑口服生菜豆和刀豆 中毒中的意义.....D. J. Jayne-Williams (184)	

第四部分 植物蛋白质的生产

九、蛋白质的来源——世界的供应和需求.....	
.....E. Orr (200)	

十、从饲料作物生产叶蛋白的浓缩物.....	S. B. Heath (220)
十一、用微生物生产蛋白质.....	J. T. Worgan (246)
第五部分 植物蛋白质质量和产量的改进	
十二、通过育种改进蛋白质, 粮用豆类和油料 种子的蛋白质质量.....	A. P. Rhode, G. Jenkins (266)
十三、影响种子蛋白质质量和产量的因素.....	M. Byers, M. A. Kirkman, B. J. Mifflin (295)
第六部分 营养方面	
十四、人类对蛋白质的需要.....	P. R. Payne (318)
第七部分 食品工业中的植物蛋白质	
十五、食品工业中的植物蛋白质食品模型.....	A. M. Altschul (345)
十六、从蛋白质制造纤维.....	M. P. Tombs (368)
十七、与生产肉类相似品有关的种子球蛋白的 物理性质	P. J. Lillford (377)
十八、小麦蛋白质——物理性质和烘烤的功能	N. W. R. Daniels, P. J. Frazier (391)
十九、有关植物蛋白的食品适应现有和将来的 食品法的问题.....	A. G. Ward (414)
参加编写人员.....	(432)
索引.....	(439)

第一部分 植物蛋白质的性质 和生物合成

一、植物蛋白质的一般特性、分类和分布

D. Boulter E. Derbyshire

(一) 引言

本篇的目的是在这次会的范围内给植物蛋白质一个一般性的描述，并且为以后几篇的许多论题的详细论述提供背景。在此对蛋白质的结构不作任何详细叙述，因为在其他地方已充分地讲到了 (Dickerson和Geis, 1969)。

植物蛋白质的种类很多，至少有几千种，它们具有不同的功能。至今有关其详细的结构和功能关系的材料还是很少的。但是，应用物理化学的方法，特别是 X-光晶谱来测定蛋白质结构可以在此领域中迅速地提供材料。而且有些酶的作用机理现在也已经知道了。

(二) 一般特性

生物系统的特性是由它们所合成的蛋白质和核酸所铭刻的。扩散趋向于破坏生物系统，因此，大分子随着质量的增加、扩散速度降低而比较稳定。蛋白质含有一个或多个多肽链，由于其分子大，它在胶体溶液中以自由巨分子存在，而在一个超巨分子状态中以结合胶体存在。胶体状态与低热导

性，低扩散系数和高粘度特性相连系的，这些性能使这个系统在一个改变的环境中能保持稳定。蛋白质是多电解质，在超分子结构中可以产生能量转换作用，包括在生理状况下光能转换成为化学能。同样，在生物系统中存在的化学过程，只有通过酶的作用才能以必要的速度进行。而这些酶都是蛋白质。而且，许多特殊的活性，如细胞的相互作用、细胞的运动性、基因的抑制、促进分裂、区隔化和细胞内运输等都是通过蛋白质来完成的。

生物系统除了其很大的稳定性外，还具有再生成其本身结构的能力，对于这个系统的结构和活动从出生到死亡的信息是通过核酸的活性来储存，并遗传给后代，这个信息也必须转录和翻译而去产生这个系统的蛋白质。

包括一个或几个具有独特的氨基酸顺序的多肽链的蛋白质给出特有的三向结构，它决定了蛋白质的高度专一活性。然而异构酶是具有不同结构而有相同酶活性的蛋白质，它们在植物中是很普遍的。Scandalios (1974) 列举了 45 个例子。虽然在这方面还了解得很少，但根据一般的蛋白质知识可以有把握的推测，不同的异构体其蛋白质的三向结构稍有不同，而且有时也可见到异构酶在动力学上的不同。这说明一个酶的不同形式可以有生理学上的意义，特别是在发育和分化时异构酶的构型可能有改变。通常异构酶包含有两个或更多的不同的肽链。一个双聚体分子的最简单例子是由一个位点上的两个不同的等位基因(a、b)所规定，在杂合子(heterozygote)中可以有三种形式的蛋白质存在，即aa、bb、ab。如果有两个以上的链或两个以上的等位基因或一个以上的位点，则不同蛋白质分子的可能数目增加了。虽然并非这些蛋白质都可以出现。例如血红蛋白，在理论上可能有四个相同的 α -链的四聚体，在自然界中并未见到 (Wil-

liamson, 1969)。

作为一个首次设想, 可以认为一个特定的蛋白质种的所有分子都是一样的。这样就可以对许多蛋白质的特有顺序作出推断, 例如胰岛素 (Sanger, 1956), 在方法的敏感性范围内, 大约 5 %, 指示这些蛋白质的分子是相同的。氨基酸参入实验也得到同样的结论, 并说明虽然在体外实验中蛋白质的合成可以有少数的误差存在, 但在活体内这种误差是极其少见的。例如, 血红蛋白不含有异亮氨酸, 当给家兔的网状内皮细胞供给 ^{14}C - 异亮氨酸时, 其在体内合成的血红蛋白就不具有放射活性。在体外合成的血红蛋白则有少量的异亮氨酸。有证据说明在体内实验中血红蛋白的信息的翻译错误是出现得很少 (Carbon、Berg和Yanofsky, 1966), 用扩散或超速离心等物理方法指出有些细微不均一性是可能存在的 (Cole, 1964)。

由于蛋白质的生物活性是由它的氨基酸顺序所决定的, 因此它不能象细胞中其他的化合物那样用酶的方法来合成。这样就需要很多特异性的酶, 而这些酶又需要其他的酶以至无穷。也许所有的蛋白质都是用一个模板机理来合成的, 它包括信息核糖核酸 (mRNA) 和核糖体相互作用。尽管这个过程需要大约 100 个酶的协同作用, 但合成的速度是非常快的, 大约每秒钟 15 个氨基酸。合成的主要位置是在胞浆, 但线粒体和叶绿体也合成一些蛋白质。虽然多数的这些细胞器蛋白质是在细胞浆中其他地方合成, 然后再输送或渗入细胞器中, 但与过去的看法不同, 蛋白质体 (见后) 大约并不合成蛋白质。然而, 最近, Burr和Burr (1976) 指出, 玉米的主要储存蛋白质 (玉米醇溶蛋白) 是在连接在蛋白质体外侧的粗糙的内胞浆网上合成的。

通常一个细胞对每个特殊蛋白质类型均产生几个分子,

但是在那些有可以受调节合成控制的酶的情况下，一种或几种蛋白质可能过量地产生。Clarke(1974)在考虑微生物的酶时将它们用这个标准分成三组：

1.主要代谢途径的酶，不管最初生长用的物质是什么，这些酶都是必要的，如从葡萄糖到丙酮酸途径的酶，它们通常是基本的。

2.生物合成酶，它们决定从代谢库的中间产物合成细胞成分，如天门冬氨酸到精氨酸途径的酶。在正常情况下它们是解除被抑制的，除非有外源性细胞成分的存在。

3.外围的酶，它们将原始的食物转变为化合物使之能进入到主要代谢途径中，如 β -半乳糖苷酶，它将乳糖水解成葡萄糖和半乳糖。这些酶是降解性的，它们发起对基质的进攻。通常，它们是诱导形成的，而且差不多总是被其他的，即更能直接被利用的碳水化合物所抑制。

但是，在植物中酶合成的诱导和抑制的程度和重要性仍未弄清。种子的储存蛋白质是植物中的一个例子，这些蛋白质可以大大超量地产生（见后），但是其内部的机制还不知道。

（三）分 类

分类是一个人为的过程，它反映了分类者的意图（Davis和Heywood, 1963）。从现在的一些方法都不能得出绝对的类别，一个特定的蛋白质可以用几个不同的方法来分类。例如，组蛋白可以看成是调节蛋白质，也可以看成是结构蛋白质。透性酶可以作为膜蛋白也可以是运输蛋白质等等。当有充分的三向坐标的材料时，理想的分类有可能按蛋白质的作用机制来分。另一方面， ω 分类（Davis和Hay-

wood, 1963) 可能是按进化关系分的, 因为在这个基础上有可能只有少于500种不同的蛋白质类型, 例如Rossmann、moras和Olsen (1974) 指出与NAD-核苷酸结合的酶, 包括各种脱氢酶、激酶和与NAD结合的酶都是同源关系的, 因为它们都有一个共存的核苷酸结合部位。

目前的分类方法是联系于化学结构、作用机制、生物功能、位置和纯化蛋白质所用的分离方法。

1. 化学结构

蛋白质可分为酸性、碱性或中性。另外, 它们又分为结合的或未结合的。未结合蛋白质完全由氨基酸组成, 而结合蛋白质有另外的化学基团按化学当量的比例连接到多肽上。各种化学基团均可能参与, 包括糖、酯质、金属、卟啉、开链的四吡咯和黄素。强调化学当量是重要的, 因为许多例子, 一些曾被分为结合蛋白质的后来发现并非如此, 因为非氮部分不是以化学当量结合的, 例如刀豆的伴刀豆球蛋白A以前认为它是一种糖蛋白(Olson和Liener, 1967; Agrawal和Goldstein, 1968)。

2. 机制

按机制分类的一个例子是把哺乳动物的蛋白水解酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶、弹性蛋白酶和凝血酶纤溶酶, 根据它们的作用机制的相似性划为一组(Hartley, 1974), 它们都有相同的丝氨酸催化中心和电荷转移基团。有趣的是, 从枯草杆菌得到的枯草杆菌素和这些酶有相似的催化作用, 但是其氨基酸顺序完全不同。因此, 按机制来说它是属于同一组的, 但在进化上则很不同。当更多地了解了蛋白质的三向结构和当它们的作用机制弄清楚之后, 这种分类将被更广泛地

应用。

3. 功能

根据它们的功能可将蛋白酶分类为酶性的、酶抑制性的、识别的、调节的、运输的、储存的和结构的蛋白质。

(1) 酶

酶在任何蛋白质分类的方案中都是最大的一组，关于它们的规定命名的细节可参考Dixon和Webb (1964)文章或生物化学的IUPAC-IU的报告 (IUB, 1973)。在这些方案中，酶是根据它们对于特殊基质起反应的性质来分类的。这通常是在体外测定的，尽管并不一定能完全反映它们在体内的活性。

(2) 酶抑制剂

在植物中查出的蛋白质类的抑制剂包括有胰蛋白酶、糜蛋白酶、其他哺乳类动物蛋白酶、昆虫和细菌蛋白酶、淀粉酶、转化酶和脂肪酶的抑制剂 (Liener, 1969)。

蛋白酶抑制剂在体内的作用通常被看作是起保护作用的 (Ryan, 1973)。也有把它们归到储存作用中，因为，如在黄豆、大麦和土豆中，它们的浓度是相当高的 (Ryan, 1973)。大多数研究过的蛋白酶抑制剂都不抑制同一起来源的内源蛋白质水解活动 (Ryan, 1973)，然后莴苣和大麦种子中的蛋白水解活性在发芽时是增加了。而这种增加与内源性抑制剂的消失相关联 (Ryan, 1973)，说明后者在发芽时可能调节蛋白质水解的活性。Gennis和Canter (1976)指出豇豆中的蛋白抑制剂与内在蛋白酶复合一起，这说明其功用可能是起稳定它的作用。

(3) 识别

识别性的蛋白质可以笼统地认为是那些蛋白质，它们通过特殊的相互作用去判定进来的物质的适合性或不适合性。经典的识别蛋白质的例子是那些参与动物免疫反应的蛋白质。关于植物中的识别蛋白质的情况了解得很少，但是随着我们对它的知识增加，其重要性很快地被承认下来。它们包括了膜受体蛋白质（在植物中还没有清楚地辨识）、藻类和真菌类中的“性别的”识别蛋白质（Weise, 1969; Crandall, Lawrence和Saunders, 1974）、花粉蛋白质，它们分别决定接受或不接受柱头的适合性或不适合性的反应（Heston-Harrison, 1975）以及那些可能控制根对根瘤细菌品系的专一性的蛋白质（Bohlool和Schmidt, 1974）。

许多植物的蛋白质可以凝集红血球，因此被称为植物血红凝集素（phytohaemagglutinins），因为它们之中有不少表现出选择性的凝集作用，它们也被称为外源凝集素，这个名词有时就当作植物凝集素的同义语。这些蛋白质特别见于豆科和大戟科的种子中，但也不只限于在这个器官中或这些科中（Tom和Western, 1971）。以后可能发现许多识别蛋白质也是植物血红凝集素，因为识别蛋白质和植物血红凝集素通常都是糖蛋白，但是这也不是永远如此，例如刀豆球蛋白A是了解得最清楚的植物血红凝集素，而它就不是糖蛋白。除凝集作用外，植物血红凝集素的制品对动物细胞也常常表现出其他的作用，例如毒性或引起分裂（Liener, 1969）。但在多数情况下，这些制品不是足够纯的能去确定是一种还是多种蛋白质担负这种不同的功能。

(4) 调节

DNA的转录和复制可能部分是由组蛋白来调节的，它可以通过对依赖于DNA的核糖核酸聚合酶的抑制作用或者经过与脱氧核糖核酸模板的相互作用来调节。组蛋白可以分离成五个部分，至少是其中之一，组蛋白IV，很可能在各种之间都是相似的 (Delange和Smith, 1971)；组蛋白的不均一性可能是由于在合成最初的顺序之后，其侧链上氨基酸的变化所造成的。然而，由于组蛋白缺乏特异性，从而排除了它们承担在分化和发育中专一的遗传的调节作用，并且现在一般认为它们是非特异性的抑制者，能与DNA的许多部位起反应，从而降低了后者的模板性能。

与非特异性的组蛋白相反，已知有高度特异性的调节蛋白质控制着微生物某些蛋白质的合成 (Jacob和Monod, 1961a和1961b)，这种类型的特异性调节蛋白质在高等植物中没有被分离出来过，但是可以推设它们的存在。

其他植物的调节蛋白，包括光合作用的受体，叶绿素a和附加色素如叶绿素b、藻类脂蛋白和形态建成的蛋白质。叶绿体和光合作用的其他色素都是光受体，从而调节光合作用并且间接地调节了依赖于它的产物的那些生物化学过程。另一方面，光叶绿素脂全色素和光敏色素都是形态建成的光受体。在白色体的结构上的变化、叶绿体的合成和某些特异蛋白质的合成都跟随着原叶绿素脂全色素的光还原成为叶绿素脂全色素而发生，而且是在能进行光合作用之前 (Zucker, 1972)。光敏素包括着一个蓝色的色原与蛋白质共价结合；它以两种形式存在， P_R 和 P_{FR} ，它们可以相互转变，而且 P_R 与 P_{FR} 之比是由光质和强度或由黑暗持续的长度来控制的。光敏素中的一种或其它种形式启动或改变发育的过程，

例如发芽、黄化和开花等，其机理现在还不清楚。例如，很少有直接的证据支持Mahr (1966) 的意见，认为光敏素的调节作用涉及到基因的活化。

其他形态建成的蛋白质是与微细管道相结合的，它们参与植物细胞壁形成时微丝的定向和在有丝分裂时染色体的移动，还有一些别的与微细丝结合参与了运动现象，如原生质的流动 (Hepler和Palevitz, 1970)。

植物微细管道的管蛋白与肌动蛋白不同，它们曾经从许多植物中提取出来，而且指出在所有的例子中都是相似的 (Hepler和Palevitz, 1974)。从高等植物的韧皮部中分离出的P蛋白质推测也有形态建成功能。它们在形式上是不一致的，但是几乎全部是由大约为6000分子量的亚单位所组成，这些亚单位在0.1克分子的氯化钾中聚合成为细丝 (Weber和Kleinig, 1971; Kleinig、Dörr和Kollmann, 1971; Kleinig等, 1971)。

在动物中所发现的一大类调节蛋白质和多肽是激素，在高等植物中没有查出类似的蛋白质，虽然已经从有团藻 (*Volvox carteri*) 生长的培养基中分离出一种引起性别形态建成的蛋白质。

(5) 运输蛋白质

位于动物和细菌细胞膜上的蛋白质转介多种分子的运输，包括氨基酸和糖。从高等植物中没有分离出或鉴定出来同样的蛋白质，但有推测它们存在的证据。例如，植物、动物和细菌的膜的组成和结构非常相似，而这些不同有机体摄取氨基酸的动力学也非常相似。在豆类根瘤菌中，氧的运输是由宿主遗传密码所决定的豆血红蛋白来控制的 (Dilworth, 1969)，从黄豆根瘤中分离出两种豆血红蛋白，其中一个的

分子量约为15600，另一个分子量为15900。

(6) 储存蛋白质

这些蛋白质是指那些在发育中的某一阶段所形成，但其功能是为后来的代谢阶段提供生物合成所需要的中间的含氮化合物，称为储存蛋白质。其中最重要的是种子的储存蛋白质，它将在以后作较为详细的论述。除了在植物的储存器官，如种子和块茎外，储存蛋白质也出现于生命循环中某些阶段生长着的分生组织中。

(7) 结构蛋白质

结构蛋白质没有酶的活性，只有纯粹的结构功能，虽然有些和膜及核糖体相结合的酶也可起重要的结构作用。在结构蛋白质的分离性质刻划方面需要克服一些重要的技术问题，而且变了性的蛋白质与之混淆。但是，近几年来，在了解细胞膜的结构蛋白质 (Guidotti, 1972) 和细菌70S核糖体的蛋白质方面有了显著的进展。植物的一个重要的结构蛋白质是细胞壁的糖蛋白、伸展蛋白，它以和细胞壁的 α -纤维素部分紧密结合的形式出现，对它的功能 Lamport (1970) 已作了讨论。

(8) 定位

亚细胞的细胞器有多酶复合体与之相联系，其中组成蛋白质是以固定的空间排列存在，这种排列决定这个系统的特有功能。这些蛋白质中的一部分仅见于一个特定的细胞器中，例如细胞色素氧化酶在线粒体中，部分I蛋白质在叶绿体中，因此，有的时候蛋白质是根据它们的亚细胞定位而分类，如叶绿体的、线粒体的、核的等。