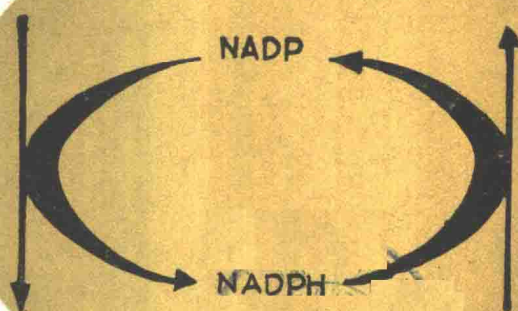


豆类的化学和生物化学

[印度] S. K. 阿罗拉 主编



科学出版社

豆类的化学和生物化学

〔印度〕 S. K. 阿罗拉 主编

高 健 译

科 学 出 版 社

1 9 8 7

内 容 简 介

本书综述了大豆、花生和豌豆等各种豆类的化学和生物化学的最新研究进展。内容包括豆类的碳水化合物、脂质、蛋白质、非蛋白含氮化合物、有毒成分、豆类的矿物质营养、食用豆类的营养价值和豆类作物的遗传改良等。全书共分八章，附参考文献1,480篇。

本书可供生物化学、植物生理、遗传育种、作物栽培、食品加工和营养卫生等科技工作者以及大专院校的生物、农业、轻工、食品和营养卫生等专业的师生参考。

Edited by S.K.Arora

CHEMISTRY AND BIOCHEMISTRY OF LEGUMES

Edward Arnold 1983

豆类的化学和生物化学

〔印度〕 S. K.阿罗拉 主编

高 健 译

责任编辑 吴铁双

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年2月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1987年2月第一次印刷 印张：20

印数：0001—1,850 字数：462,000

统一书号：13031·3405

本社书号：4973·13—10

定价：4.70 元

前 言

作为高蛋白质作物的豆类，在满足发展中各国对蛋白质的需要方面，具有远大的发展前途。豆类在人类食品、动物饲料和工业制备等方面已有极为广泛的应用。不久以前，设在华盛顿的美国国家科学院出版了一本关于热带豆类的书，就把豆类视为人类未来的资源，并且着重论述了目前尚未开发利用的豆类。这个事实反映了豆类的明显重要性。联合国也建立了“蛋白质咨询小组”的独立机构，从事蛋白质科学技术工作的协调和有关专业知识的推广。

本书的主要对象是从事豆类化学和生物化学有关专业的研究生和专业工作者。在研究和解决象植物生物学、植物病理学、遗传学、毒理学、食品科学和营养学等专门学科的课题中，生物化学能够并且确实已经作出了很大的贡献。

本书对从事上述各种专业的学生和研究工作者会有较大的帮助。他们可以方便地从中找到他们专业能够直接利用的化学研究资料。书中还介绍了关于瓜尔豆胶的最新化学文献，这对从事瓜尔豆胶的科技工作者和工业生产人员都是十分宝贵的资料。豆类化学的研究，包括对蛋白质、脂质、糖类、有毒成分和气味问题等的深入了解，将为豆类在食品工业中更为广泛的应用开辟新的途径。要从实用角度解决豆类的各种营养问题，需要由植物育种学家在多学科研究人员的协作下，最后通过田间研究试验才能完成。

本书对每一个专题都作了全面系统的论述。为便于研究工作者查阅，每一个专题都附有详尽的原始参考文献。

现代生物化学和分子生物学的进展非常迅速，而当今又处在专业化的时代，在这种情况下，要由一个人来完成所有专题的收集整理是不可能的。为此，我约请我的同事撰写了他们各自专长的章节。

我要向各位撰稿人表示衷心的感谢。不仅要感谢他们在接受撰写任务时所表示的热情，而且要感谢他们在完成任务时所表现的速度和干劲。我还要感谢联邦德国慕尼黑技术大学教授格斯博士的指导和鼓励；感谢联邦德国波恩的亚历山大·冯·洪博尔特基金会授予我的“高级研究员职位奖”，这使我在从事这项工作中得到更大的干劲和更高的效率。最后，我还要对印度哈里亚纳农业大学给予的鼓励表示同样的感谢。

S. K. 阿罗拉

编 著 人 员

- S. K. 阿罗拉——印度哈里亚纳农业大学。印度，希萨尔，125,004。
- M. L. 迪西特——印度哈里亚纳农业大学。印度，希萨尔，125,004。
- Y. P. 格普塔——印度农业研究院生物化学系。印度，德里，110,012。
- E. 乔利维特——法国国立农艺研究所矿质营养与中间代谢研究实验室。法国，凡尔赛，圣西尔路，78,000。
- I. E. 利内——美国明尼苏达大学生物化学系。美国，明尼苏达州，55,108，圣保罗。
- J. 莫塞——法国国立农艺研究所蛋白质研究实验室。法国，凡尔赛，78,000，圣西尔路。
- J. C. 佩诺勒特——法国国立农艺研究所蛋白质研究实验室。法国，凡尔赛，圣西尔路，78,000。
- N. R. 雷迪——美国犹他州立大学。美国，洛根。
- D. K. 索伦赫——印度马哈特马·富勒农业大学副校长。印度，马哈拉施特拉邦，艾哈迈德纳加尔区，拉胡里，413,722。
- S. K. 萨瑟——美国犹他州立大学。美国，洛根。
- U. C. 舒克勒——尼日利亚迈杜古里大学农学院。尼日利亚，迈杜古里。
- J. 斯马特——英国南安普敦大学生物学系。英国南安普敦，S09,5NH，南安普敦大学44号楼。

目 录

前 言

编著人员

第一章 豆类的碳水化合物 (S.K.阿罗拉) (1)

1.1 引言 (1)

1.2 单糖类 (1)

1.3 低聚糖 (2)

1.4 环多醇 (7)

1.5 肌醇半乳糖苷 (7)

1.6 右旋肌醇甲醚半乳糖苷 (8)

1.7 多糖类 (9)

1.8 糖类的生物合成 (19)

1.9 水解酶类 (20)

1.10 瓜尔豆胶的工业应用 (22)

1.11 结语 (29)

参考文献

第二章 豆类脂质 (D.K.索伦赫, S.K.萨瑟, N.R.雷迪) (44)

2.1 引言 (44)

2.2 豆类脂质的化学 (48)

2.3 豆类脂质的加工技术问题 (60)

2.4 豆类脂质的营养保健重要性 (80)

2.5 豆类脂质的毒理学 (82)

2.6 结语 (84)

参考文献

第三章 豆类种子的贮藏蛋白质 (J.莫塞, J.C.佩诺勒特) (96)

3.1 引言 (96)

3.2 主要豆类种子的蛋白质含量和氨基酸组成 (97)

3.3 贮藏蛋白质的性质、组成和亚基结构 (108)

3.4 蛋白质的积累、定位和生物合成 (126)

3.5 发芽过程中贮藏蛋白质和蛋白质体的变化 (142)

3.6 结语 (144)

参考文献

第四章 豆类的非蛋白含氮化合物 (E.乔利维特, J.莫塞) (168)

4.1非蛋白含氮化合物	(168)
4.2豆类的酰胺化合物	(170)
4.3结语	(179)

参考文献

第五章 豆类的有毒成分 (I.E. 利内)	(186)
5.1导言	(186)
5.2蛋白 酶抑制剂	(186)
5.3外源凝集素	(193)
5.4致甲状腺肿素	(200)
5.5生氰糖苷	(201)
5.6抗维生素因子	(202)
5.7金属结合物	(202)
5.8产雌激素因子	(203)
5.9有毒氨基酸	(203)
5.10山黧豆毒素	(205)
5.11蚕豆病	(206)
5.12结语	(208)

参考文献

第六章 豆类的矿质营养 (U.C. 舒克勒, M.L. 迪西特)	(217)
6.1导言	(217)
6.2矿质营养及其对生长的影响	(218)
6.3矿质营养的植物生化问题	(224)
6.4结语	(230)

参考文献

第七章 食用豆类的营养价值 (Y.P. 格普塔)	(241)
7.1导言	(241)
7.2化学组成	(242)
7.3胃肠气胀问题	(260)
7.4蒸煮品质	(262)
7.5豆腥味问题	(262)
7.6加工利用问题	(263)

参考文献

第八章 豆类作物的遗传改良 (J. 斯马特)	(278)
8.1生理效率	(278)
8.2抗病虫害能力	(280)
8.3品质改良	(282)
8.4种质资源	(286)
8.5结语	(289)

参考文献

常见豆类拉汉英名称对照	(295)
常见豆类英拉汉名词对照	(310)

第一章 豆类的碳水化合物

S. K. 阿罗拉

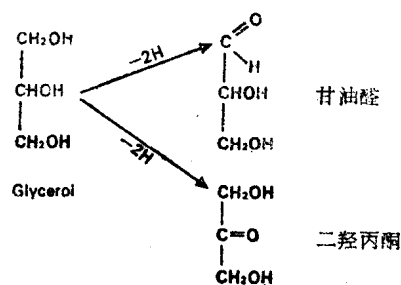
1.1 导 言

碳水化合物在人类文明发展的过程中起着十分重要的作用。农业对人类的进化尤为重要，富含碳水化合物的农作物的栽培，加速了人类生活水平的提高。此外，植物碳水化合物作为食物、造纸和树胶的来源也有极其重要的经济价值。在有机化学、酶学、生物物理和生理学等方面取得的新进展加深了人们对碳水化合物的认识。很久以来，人们就已种植各种豆类，以获取碳水化合物和蛋白质。豆类所含的碳水化合物，特别是象葡萄糖和果糖等单糖都是能量的来源；豆类也是蔗糖、半乳糖苷和半乳甘露糖的丰富来源。这些糖类物质存在于种子的内胚乳。

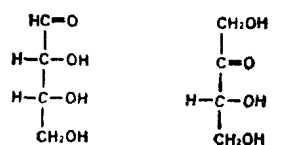
1.2 单 糖 类

游离状态的单糖在植物体内含量很少，绝大多数单糖均作为糖苷的组分或作为低聚糖和高聚糖的基本单位而存在于植物体内。在各种单糖中，以D-葡萄糖、D-甘露糖、D-乳糖和D-果糖的分布较广。特别是葡萄糖，分布最为广泛，它或以游离态或以结合态存在于多种重要植物物质中，其中包括蔗糖和棉子糖等低聚糖，也包括淀粉和纤维素等多糖以及许多重要的糖苷物质。果糖是唯一的数量比较丰富的酮糖，它的游离态以吡喃糖的结构形式存在，它的结合态则以呋喃糖的结构形式存在于蔗糖和菊粉等分子中。D-甘露糖和D-半乳糖主要是作为高聚物即半乳甘露糖的成分存在于豆科植物中。只有L-半乳糖是作为琼脂的一种成分而存在。各种戊糖，包括D-木糖、D-核糖和L-阿拉伯糖都是以结合形态存在的。D-木糖存在于木聚糖等木质材料中，阿拉伯糖存在于阿拉伯树胶和一般树胶中，核糖则是构成核苷酸的一种成分。

在正常的糖类分子中，如果羟基被氢原子所取代即变成脱氧糖类。最重要的脱氧糖是2-脱氧-D-核糖，它是脱氧核糖核酸 (DNA) 的糖类组分。在末端位置上带有甲基而不是伯醇基的糖类有糖苷类和树胶类。最简单的单糖是三碳糖，即甘油醛和二羟丙酮，它们在生物细胞代谢中都起着重要的作用，是从更简单的分子即甘油经过氧化产生的。



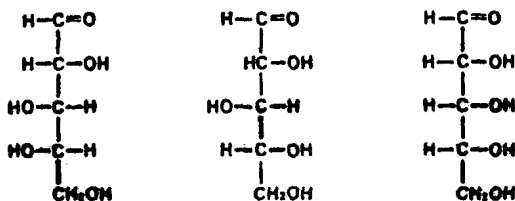
植物体内最重要的四碳糖是D-赤藓糖和D-赤藓酮糖，其分子结构如下：



D-赤藓糖

D-赤藓酮糖

下面是三种戊糖，即阿拉伯糖、木糖和核糖的结构式：



L-阿拉伯糖

D-木糖

D-核糖

1.3 低聚糖

由十个以下的单糖分子聚合形成的糖类称为低聚糖。低聚糖中的单糖分子是通过除去 $n-1$ 个水分子并形成糖苷键而连接起来的。植物体内最重要的二糖是蔗糖，其次是麦芽糖、纤维二糖、龙胆二糖、乳糖和蜜二糖。常见的三糖有棉子糖和车前子糖（Plantose）等。有的低聚糖具有还原性，有的则没有。

1.3.1 还原糖类

(1) 麦芽糖

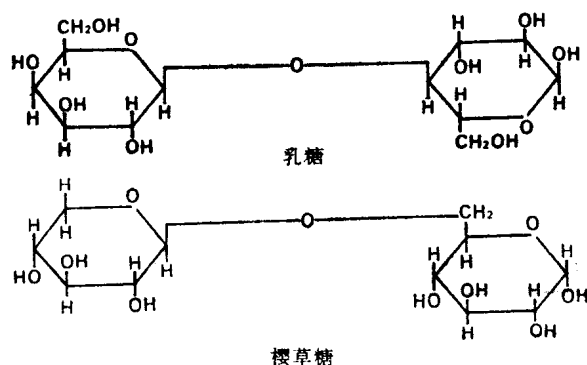
麦芽糖的结构是4-O- α -D-吡喃葡萄糖-葡萄糖苷，许多植物都含有少量的麦芽糖。有人认为，麦芽糖可能是淀粉提取过程中淀粉的水解产物。奎勒（Quiller）和布尔顿（Bourdon）（1956）报道过大豆组织中含有数量很多的麦芽糖，其中叶柄、茎和根各含45%、38%和14%。此外，大豆还含有葡萄糖、果糖和蔗糖，但不含游离态或结合态的半乳糖。



(2) 乳糖

乳糖（4-O- β -D-吡喃半乳糖-D-吡喃葡萄糖），在高等植物中是人们意想不到的

一种比较少见的二糖。1871年人们首先发现它存在于一种糖胶植物 (*Achros sapota*) 中,以后在1958年又为温卡塔门 (Venkatarman) 和里思尔 (Reithel) 所证实。沃伦特尔 (Wallentels) 和莱曼 (Lehmann, 1957) 从长角豆 (*Ceratonia*) 的籽粒中分离并鉴定了乳糖,在柱层析的过程中他们还发现了另外两种二糖,即角豆糖 (Ceratose) 和樱草糖。前者是果糖基-葡萄糖,后者是 6-O- β -D-吡喃木糖基-D-葡萄糖。



1.3.2 非还原糖

在本节中我们将主要讨论豆科植物中的棉子糖及其同系列糖类。

(1) 棉子糖

棉子糖是一种没有任何食用价值的非还原糖,只有用强酸把它水解为各种相应的组分后才具有食用价值。在植物界中,棉子糖的分布与数量居第二位,仅次于蔗糖。约翰斯顿 (Johnston, 1843) 首次从一种桉树 (*Eucalyptus manna*) 的组织提取液中制得棉子糖的结晶。棉子糖经常和它的较高级的同系列糖类如水苏糖、毛蕊花糖和紫背金盘糖 (ajugose) 等一起存在。棉子糖是蔗糖的半乳糖苷。哈沃思等 (Haworth等, 1923) 用甲基化分析法,弗伦奇 (French, 1954) 用酶学与化学分析法都证实了棉子糖的这种分子结构。

在豆科植物的叶子中棉子糖的含量很低,但随着植物不断生长发育,棉子糖便在贮藏器官、种子和根部逐渐积聚,并在种子成熟过程中,随着种子水分的减少,棉子糖的含量逐渐增加。大多数豆科作物都有较强的抗旱能力,同时含有数量较多的这类低聚糖。索特里乌斯和迈尔德 (Sautarius和Milde, 1977) 认为,糖分子上羟基的亲水性可能会影响与膜结合而且容易变性的蛋白质的微观环境,从而使这些蛋白质具有较高的稳定性以对抗各种不良的条件。莱维特 (Levitt, 1972) 认为,糖类也可能直接与蛋白质分子结合,从而防止蛋白质发生变性。棉子糖及其同系列的糖类是使人体产生胃肠胀气的主要因素。哈丁等 (Hardinge等, 1965) 和克利斯托法罗等 (Cristofaro等, 1974) 的报告指出,各种主要食用豆类都含有数量相当可观的低聚糖 (见表1.1)。

棉子糖这一类低聚糖存在于成熟的豆类中,其半乳糖都是以 α 键结合的 (Shallenberger和Moyer, 1961)。研究表明,这些低聚糖是食用这些豆类后产生胃肠胀气的主要因素 (Steggerda, 1968)。墨菲 (Murphy, 1973) 详细研究了大豆的低聚糖含量和引起

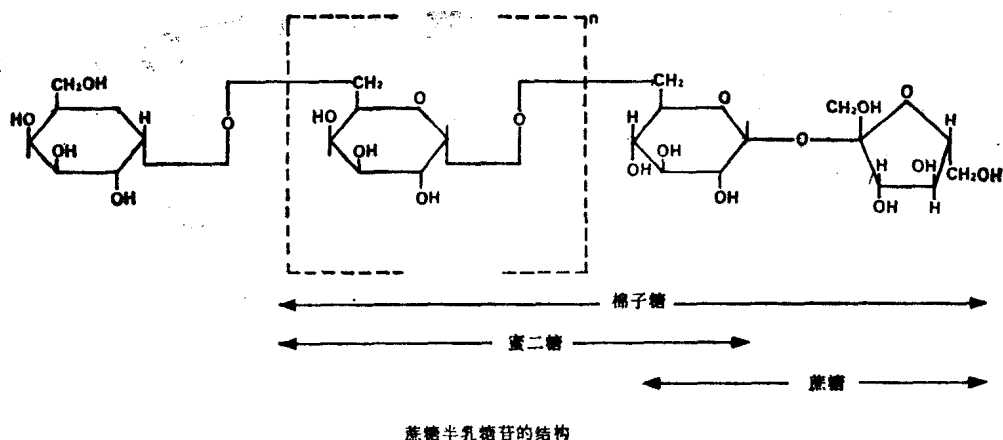


表1.1 食用豆类的低聚糖百分含量

豆类种子名称	棉子糖		水苏糖		毛蕊花糖	
	A	B	A	B	A	B
鹰嘴豆 (<i>Cicer arietinum</i>)	1.0	1.1	2.5	2.5	4.2	—
豇豆 (<i>Vigna unguiculata</i>)	0.4	0.4	2.0	4.8	3.1	0.5
菜豆 (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	0.5	0.2	2.1	1.2	3.4	4.0
扁豆 (<i>Dolichos uniflorus</i>)	0.7	—	2.0	—	3.1	—
兵豆 (<i>Lens esculenta</i>)	0.6	0.9	2.2	2.7	3.0	1.4
利马豆 (<i>Phaseolus lunatus</i>)	—	—	0.2	—	—	—
黑豆 (<i>Phaseolus mungo</i>)	0.5	—	1.8	—	3.7	—
豌豆 (<i>Pisum sativum</i>)	—	0.6	—	1.9	—	2.2
木豆 (<i>Cajanus cajan</i>)	1.1	—	2.7	—	4.1	—
大豆 (<i>Glycin max</i>)	1.9	0.8	5.2	5.4	—	—

注: A, 相对于食用蛋白质的百分含量。

B, 相对于干物质的百分含量。

资料来源: Hardinge等 (1965) 和 Cristofaro等 (1974)。

胃肠胀气的能力。拉乌和贝拉瓦底 (Rao和Belavady, 1978) 的报告表明, 木豆 (*Cajanus cajan*)、鹰嘴豆 (*Cicer arietinum*)、黑豆 (*Phaseolus mungo*) 和绿豆 (*Phaseolus aureus*) 的毛蕊花糖和水苏糖的含量显著地高于鹰嘴豆和黑豆。鹰嘴豆的棉子糖含量较高。他们还发现, 所有的豆类在蒸煮时其低聚糖含量均显著增加, 而在发芽时则减少。各种豆类在蒸煮时和发芽时低聚糖含量的变化如表1.2和表1.3所示。

豆类在人体内引起胃肠胀气的程度随低聚糖的含量而变化。由于豆类富含蛋白质, 而且世界人口中有很大的比例以豆类作为膳食蛋白质的来源, 所以植物育种学家、营养学家和食品加工专家都十分注意减少食用豆类引起胃肠胀气的因素。他们采用的方法可能包括:

- ①利用遗传育种法培育低聚糖含量低的品种,

表1.2 蒸煮对几种豆类低聚糖含量的影响
(单位: 克/100克豆)

豆子名称	试样数目	毛蕊花糖与水苏糖		棉子糖		蔗糖	
		蒸煮前	蒸煮后	蒸煮前	蒸煮后	蒸煮前	蒸煮后
木豆	4	2.0±0.15 ^a	3.3±0.56	1.3±0.22	2.4±0.44	1.0±0.16	4.4±0.37
鹰嘴豆	4	1.3±0.19	2.7±0.27	2.4±0.30	4.4±0.48	1.6±0.14	3.1±0.92
黑豆	4	1.6±0.07	2.7±0.25	0.5±0.07	0.7±0.03	0.7±0.26	2.6±0.63
绿豆	4	2.4±0.10	3.1±0.26	0.5±0.09	0.8±0.05	1.3±0.05	2.7±0.59

注: a, 表示数值为平均值±标准误差。

资料来源: Rao和Belavady (1978)。

表1.3 发芽对豆类低聚糖含量的影响
(单位: 克/100克豆)

豆类名称与低聚糖名称	发 芽 时 间			
	0 小时	第24小时	第48小时	第72小时
木豆 (样品数: 4)	2.0 ^a	1.0	0.5	0.2
毛蕊花糖 + 水苏糖	(1.6—2.3)	(0.6—1.6)	(0.3—0.7)	—
棉子糖	1.3	0.8	0.4	0.2
	(0.7—1.7)	(0.6—0.9)	(0.3—0.7)	(0—0.4)
鹰嘴豆 (样品数: 4)	1.1	0.6	0.3	0.1
毛蕊花糖 + 水苏糖	(0.8—1.4)	(0.4—0.7)	(0.1—0.5)	(0—0.2)
棉子糖	2.4	1.1	0.6	0.3
	(1.9—3.0)	(0.8—1.3)	(0.2—0.9)	(0.1—0.5)
黑豆 (样品数: 8)	1.7	0.9	0.3	0.1
毛蕊花糖 + 水苏糖	(1.6—1.8)	(0.7—1.0)	(0.1—0.5)	(0—0.3)
棉子糖	0.5	0.3	0.1	0.1
	(0.4—0.5)	(0.2—0.3)	(0.1—0.2)	(0—0.2)
绿豆 (样品数: 8)	2.4	0.6	0.3	0.3
毛蕊花糖 + 水苏糖	(2.1—2.6)	(0.4—0.7)	(0.2—0.4)	(0.2—0.4)
棉子糖	0.6	0.4	0.3	0.2
	(0.5—0.7)	(0.2—0.5)	(0.1—0.4)	(0.1—0.3)

注: a, 括弧内的数值是数值范围, 上方为其平均值。

资料来源: Rao和Belavady (1978)。

- ②利用酶类使这些低聚糖发生水解 (Reynolds, 1974) ;
- ③在烹调之前对豆类进行浸泡和发芽处理: (Calloway等, 1971; Kim等, 1973);
- ④在加工之前利用溶剂除去低聚糖。研究还表明, 豆类所含的棉子糖对维持种子的生活力有一定的关系 (Oveharov和Koshelev, 1974) 。

(2) 水苏糖

在蔗糖半乳糖苷的同系列化合物中, 水苏糖是仅次于棉子糖的另一种糖。水苏糖存在于绝大多数豆类种子中, 在经济上有较大的重要性。水苏糖及其同系列糖类存在于植物叶片中, 并在冬季逐渐积累, 其浓度的增加是和蔗糖浓度的递增相平行的, 浓度增加至一定数值后就可以使植物具有抗寒性。水苏糖的化学结构已用酶学和化学方法予以测定 (Onuki 1932, 1933; Herissey等, 1951; Laidlaw和Wylam, 1953)。弗伦奇(French, 1954) 对水苏糖的化学进行了综述。他研究分析了水苏糖的水解产物, 以确定其分子中D-半乳糖和D-葡萄糖的结合方式。他发现, 用杏仁乳胶制剂使水苏糖部分水解会产生D-半乳糖和棉子糖。水解试验和高碘酸盐氧化试验证实了水苏糖分子中的D-半乳糖和D-葡萄糖基是以(1→6)键结合的。根据大量的研究, 他们提出了水苏糖的结构是: O- α -D-吡喃半乳糖基-(1→6)-O- α -D-吡喃半乳糖基(1→6)-O- α -D-吡喃葡萄糖基- β -D-呋喃果糖苷。

克赛(Kasai)和卡瓦穆拉(Kawamura) (1966) 利用葡聚糖凝胶过滤法研究了大豆的糖类, 他们所用的大豆既有脱脂大豆, 也有经过高压蒸煮的豆粉, 他们还测定了这些糖类的物理常数, 包括熔点和旋光率等(见表1.4)。

卡瓦穆拉(Kawamura)对45种整粒大豆测定的结果是(以干基计算): 蔗糖4.5%, 棉子糖1.1%, 水苏糖3.7%。此外, 还有微量的阿拉伯糖和葡萄糖, 糖的总含量为9.3%。对日本菜豆的测定结果是: 蔗糖5.7%, 棉子糖1.1%, 水苏糖4.1%, 此外, 还有微量的阿拉伯糖和葡萄糖, 糖的总含量为10.9%。

表1.4 生大豆片和高压消毒大豆片中的糖的熔点、旋光率和乙酸酯类

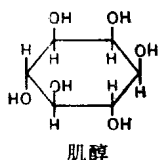
化合物名称	熔 点 (°C)		旋 光 率 (α_D)	
	测 定 值	文 献 值	测 定 值	文 献 值
蔗 糖	176—180	184—185	+66.7/24° (水)	+66.5 (水)
棉子糖	118—120	118—120	+123.4/20° (水)	+123.1° (水)
水苏糖	170—172	170	+146.2/20° (水)	+146.3° (水)
八磷酸蔗糖酯	87	87	+59.0/20° (氯仿)	+59.6° (氯仿)
六磷酸棉子糖酯	98—101	99—101	+97.4/16° (乙醇)	+92.0° (乙醇)
四磷酸水苏糖酯	94—95	95—96	+120.1/16° (乙醇)	+120.2° (乙醇)

资料来源: Kasai和Kawamura (1966)。

1.4 环多醇

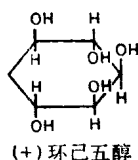
1.4.1 肌醇

环多醇是一种脂族醇化合物，它分子中的羟基是和碳环上的碳原子直接结合的。主要的脂族醇是环己烷的各种衍生物，其中肌醇是比较重要的环多醇，其他的衍生物在分类学上有一定的重要性。豆类所含各种环多醇的化学结构如下：



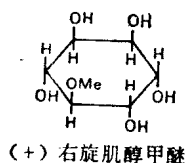
1.4.2 栲醇 (环己五醇)

普鲁维尔 (Plouvier) 于1955年首次从一种紫檀属植物 (*Pterocarpus luteus*) 中分离得到 (+) 栲醇，它是一种脱氧肌醇，其分子结构是：



1.4.3 右旋肌醇甲醚 (藻立醇)

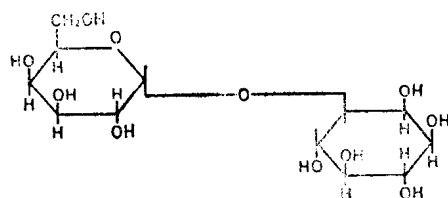
右旋肌醇甲醚是 (+) 肌醇的甲基化衍生物，其分子结构如下：



查鲁斯 (Charaux, 1922) 首先报道了这种化合物存在于长角豆 (*Ceratonia siliqua*) 中。施韦泽等人 (Schweizer等, 1978) 发现，在大豆、鹰嘴豆、兵豆和其他豆类中，右旋肌醇甲醚是和半乳糖藻立醇一起存在的，其中右旋肌醇甲醚的含量为0.2—0.9%，半乳糖藻立醇为0.03—0.8% (均为干基)。研究还发现，大豆含有数量较多的右旋肌醇甲醚。

1.5 肌醇半乳糖苷

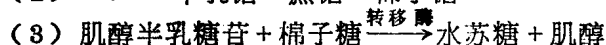
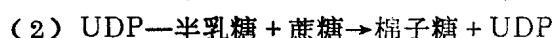
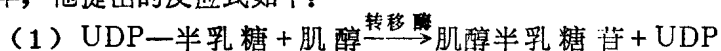
肌醇半乳糖苷和蔗糖半乳糖苷一样，也存在于豆科植物中。布朗和谢罗 (Brown和Serro, 1953) 首次报告了肌醇半乳糖苷-O- α -D-吡喃-半乳糖基-肌醇的存在。



肌醇半乳糖苷

肌醇半乳糖苷通常和二半乳糖肌醇同时存在。卡德勒 (Kandler) 及其同事的研究表明, 在许多植物科属中, 肌醇半乳糖苷常常和其他低聚糖、半乳糖苷或蔗糖一起存在。

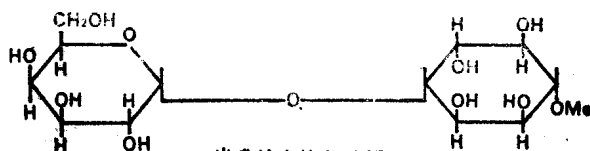
肌醇半乳糖苷在叶子中的含量与棉子糖和水苏糖的含量大体相等。在根部和茎部, 肌醇半乳糖苷的含量低于其他的低聚糖。在含有棉子糖和水苏糖的所有植物中, 也都含有肌醇半乳糖苷 (Senser和Kandler, 1967)。西奥费等人 (Sioufi等, 1970) 证实, 在胡卢巴 (*Trigonella foenum graecum*) 的幼苗中含有UDP-葡萄糖 (UDP表示尿苷二磷酸)、UDP-半乳糖和GDP-甘露糖 (GDP表示鸟苷二磷酸)。有人对种子发芽过程中半乳甘露聚糖、毛蕊花糖、水苏糖、肌醇半乳糖苷、 α -半乳糖苷酶和 β -甘露聚糖酶的变化进行了研究。研究发现, 在细胞壁多糖物质的合成代谢途径中, 糖核苷酸是非常重要的物质。哈斯德 (Hassid, 1967) 的研究表明。肌醇半乳糖苷的生成比水苏糖和棉子糖早, 他提出的反应式如下:



以上反应式中的低聚糖都是在菜豆成熟后期合成的, 所需要的转移酶在有二价锰离子 (Mn^{2+}) 存在时才有活性, 而且不能由二价镁离子 (Mg^{2+}) 来代替。

1.6 右旋肌醇甲醚半乳糖苷

施韦泽等人 (Schweizer等, 1978) 在豆科种子特别是在大豆中发现了一种新的二糖, 他们称之为右旋肌醇甲醚半乳糖苷。随后人们又在鹰嘴豆、兵豆和菜豆中也发现了右旋肌醇甲醚和右旋肌醇甲醚半乳糖苷。半乳糖右旋肌醇甲醚的结构如下:



半乳糖右旋肌醇甲醚

施韦泽等人的研究证明, 右旋肌醇甲醚半乳糖苷是 α -D-吡喃型半乳糖右旋肌醇甲醚的同分异构体。右旋肌醇甲醚半乳糖苷中单糖的鉴定是采用酸性水解法和酶促水解法 (使用 α -半乳糖苷酶) 进行的, 水解结果产生了等量的半乳糖和右旋肌醇甲醚, 这些结果都为后来采用的气相色谱法和质谱分析法 (使用其四甲基硅烷的衍生物) 所进一步证实。对二糖进行全部甲基化分析的结果也提供了进一步的证据, 因为经过甲基化、水

解、还原和乙酰化以后,会产生2,8,4,6,四-O-甲基-右旋肌醇甲醚半乳糖苷-1,5-二乙酸酯和五甲基乙酰基-环多醇,这两种产物都可以用它们的甲基硅烷衍生物的图谱予以鉴定。

1.6.1 右旋肌醇甲醚半乳糖苷可能起的作用

有的研究者认为,肌醇半乳糖苷存在于所有含有棉子糖及其同系列糖类的较高等植物中(Senser和Kandler,1967)。它在棉子糖、水苏糖和毛蕊花糖生物合成中的作用现在已经确定:它是作为半乳糖的转移中间体而起作用的(Senser和Kandley,1967;Lehle和Tanner,1973)。施韦泽等人(Schweizer等,1978)在大豆中没有发现肌醇半乳糖苷,但在鹰嘴豆中,肌醇半乳糖苷是和右旋肌醇甲醚半乳糖苷一起存在的。在其他豆类种子中,只含有肌醇半乳糖苷。他们从这些实验结果所得出的结论是,右旋肌醇甲醚半乳糖苷也可能是作为一种转移中间体而起作用的。此外,由于右旋肌醇甲醚半乳糖苷是一种 α -半乳糖苷,因而也可能是引起胃肠胀气的一个因素。

1.7 多糖类

多糖是由数目很多(通常是由20个以上)的单糖通过糖苷键相联而成的多聚物。每个糖苷键都是由一个单糖的 α 或 β 型半缩醛(还原型)碳原子(通常为C-1)上的羟基与另一个单糖任何一个碳原子上的羟基缩合并脱去一个水分子而形成的。各个单糖基可以联结成直链结构,也可联成支链结构。

豆类多糖通常按以下几项进行分类:①分子结构;②在植物中的功能;③在植物中的分布;④从植物组织中分离的方法。尽管这种分类有时有交叉重叠,在本章中,我们将按下述标题分别对各种多糖进行讨论。

1.7.1 结构性多糖

这类多糖包括纤维素成分和非纤维素高聚物两大类,前者包括组成细胞壁的纤维素,后者包括半纤维素和果胶质等物质。人们认为,果胶或者是环绕着这些纤维素而形成一种无定形的间质,或者在细胞之间起着粘合剂的作用。

(1) 果胶类物质

豆类作物含有三种类型的果胶质:①果胶,它是一种以D-半乳糖醛酸链为基本结构的高聚物;②半乳聚糖,它是半乳糖的高聚物;③阿拉伯聚糖,为阿拉伯糖的高聚物。从植物组织中提取果胶质,可以用热的稀草酸溶液,也可以用乙二胺四乙酸(EDTA)等螯合剂溶液。

(a) 果胶

大多数果胶都含有其他的单糖,这些单糖存在于侧链或者就存在于糖醛酸链内。果胶是D-半乳糖醛酸以 α -1-4糖苷键线性连接成的简单均一的多聚物(Aspinall等,1968)。草本豆类作物的叶子和茎中常常含有大量的果胶。赫斯特等人(Hirst等,1959)的报告表明,在苜蓿(*Medicago sativa*)的叶子和茎部,果胶的含量分别为